

**ЭТ** передовые  
экотехнологии

  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ОПЕРАТОР  
РОСАТОМ



**СГТУ**  
имени Гагарина Ю.А.

**21**  
Год  
науки  
и технологий



# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРСАЙТ

Третий Всероссийский  
научно-общественный  
форум



Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения перспективы и обеспечение экологической безопасности населения  
**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**



Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Федеральный экологический оператор»

Федеральный научно-образовательный консорциум  
«Передовые ЭкоТехнологии»

**Экологический мониторинг опасных промышленных  
объектов: современные достижения, перспективы  
и обеспечение экологической безопасности населения**

**Сборник научных трудов**

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

**Саратов 2021**

УДК 504.05:504.06

Э40

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам 3-й Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2021. 358 с. ISBN 978-5-00140-911-3

Сборник научных статей составлен по материалам 3-й Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения», которая проводилась 25-26 ноября 2021 г. в СГТУ имени Гагарина Ю.А. в рамках всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт» при поддержке федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор» и федерального научно-образовательного консорциума «Передовые ЭкоТехнологии».

В сборнике представлены статьи по разделам: методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния антропогенно нарушенных территорий; экологические, экономические и социальные проблемы загрязнения территорий опасными отходами; правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности; современные информационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов. А также работы, посвященные современным методам выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценке их воздействия на экосистемы и здоровье человека; обоснованию рациональной системы мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности; разработке инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий и математическому моделированию оценки токсичности ксенобиотиков, рисков здоровью населения и эффективности технологических систем на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.

Предназначается для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области экологии.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, профессор Е.И. Тихомирова (отв. редактор);  
кандидат биологических наук, доцент О.В. Абросимова  
(зам. отв. редактора)

ISBN 978-5-00140-911-3

© СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2021

# **Методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния антропогенно нарушенных территорий**

**Т.Н. Ажогина, М.А. Сазыкина**

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону

## **ИНТЕГРАЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В данной статье рассмотрена токсичность почв Ростовской области различных категорий целевого назначения. Для определения интегральной токсичности был использован природный цельноклеточный бактериальный lux-биосенсор *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245. В работе было исследовано 64 образца почв, отнесенных к 7 категориям. Биотестирование интегральной токсичности показало, что 39% проб почвы токсичны, 6,3% высокотоксичны. Все высокотоксичные образцы относятся к категории промышленных почв.

Ростовская область – развитый аграрный и промышленный центр Ростовской области. Развитие аграрного сектора и промышленности, высокая плотность населения обуславливают значительные экологические проблемы: загрязнение атмосферного воздуха, воды и почвы, нерешенные проблемы утилизации отходов производства и потребления, загрязнение водных объектов неочищенными и недостаточно очищенными сточными водами, проблемы реструктуризации угольной промышленности Восточного Донбасса, нехватка зеленого фонда в крупных городах и другие [1].

Для оценки степени негативных изменений в окружающей среде осуществляют экологический мониторинг – систему наблюдений и контроля за изменениями в составе и функциях различных экологических систем. Изучение и контроль состояния окружающей среды включают исследования таких природных ресурсов, как атмосферный воздух, воды, почвы, с целью определения в них поллютантов, нарушающих экологическое равновесие в почве [2].

Применение методов химического анализа дает результаты, которые становятся источником информации о состоянии конкретных компонентов окружающей среды и процессах в этих областях. Однако исследования, в которых используются эти методы, обычно трудоемки и требуют много времени, что существенно влияет на стоимость проведения химических анализов. Более того, многие из этих методов можно использовать только в лабораторных условиях, и это ограничение приводит к дополнительным задержкам между этапами отбора и анализа образцов [3].



Методы оценки загрязнения окружающей среды, применяемые в настоящий момент, весьма разнообразны. Среди них выделяются методы биотестирования с применением цельноклеточных бактериальных люминесцентных биосенсоров. Данные методы отличаются высокой чувствительностью, производительностью, экспрессностью и биологической адекватностью в сочетании с экономической эффективностью. В качестве биологической части таких биосенсоров используются как природные штаммы люминесцентных микроорганизмов, так и генно-инженерные штаммы, в которых гены-репортеры поставлены под контроль различных, как правило, индуцируемых токсикантами, промоторов.

Методы, основанные на использовании люминесценции, более предпочтительны для экологического мониторинга. Это объясняется тем, что билюминесценция предполагает быстрое время отклика (от нескольких секунд до нескольких минут) и высокую чувствительность.

В связи с вышесказанным, целью данной работы явилась оценка общей (интегральной) токсичности почвы разных категорий целевого назначения.

Для исследования были отобраны пробы почвы на территории Ростовской области и г. Ростова-на-Дону, которые в разной степени были подвержены антропогенной нагрузке. Классификация почв по их назначению производилась с использованием публичной кадастровой карты Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). Всего было исследовано 64 пробы, которые были отнесены к 7 категориям: почвы особо охраняемых природных территорий (ООПТ), рекреационного, промышленного, сельскохозяйственного назначения, транспортной инфраструктуры, больниц и отдельно стоящих амбулаторных зданий, полигонов ТКО.

Для определения общей токсичности почв Ростовской области был использован природный светящийся штамм *V. aquamarinus* ВКПМ В-11245, выделенный из воды Черного моря. Критерием токсического действия служило изменение интенсивности биолюминесценции тест-объекта в исследуемой пробе по сравнению с таковой для пробы с раствором, не содержащим токсичных веществ. Острое токсическое действие исследуемого токсиканта на бактерии определяли по ингибированию их биолюминесценции за 30-минутный период экспозиции. Количественная оценка параметра тест-реакции выражалась в виде безразмерной величины – индекса токсичности «Т», рассчитываемого по формуле

$$T = 100 (I_k - I_0) / I_k,$$

где  $I_o$  и  $I_k$ , соответственно, интенсивность свечения бактерий в опытной и контрольной пробах при фиксированном времени экспозиции исследуемого раствора с тест-объектом.

Методика допускает три пороговых уровня индекса токсичности:

- допустимая степень токсичности: индекс токсичности меньше 20;
- образец токсичен: индекс токсичности равен или больше 20 и меньше 50;
- образец сильно токсичен: индекс токсичности равен или более 50 [4].

В результате проведенного исследования выявлено, что половина проб почв ООПТ обладала допустимой интегральной токсичностью, определенной с помощью штамма *V. aquamarinus* ВКПМ В-11245.

Среди проб почв рекреационного назначения только 3 пробы были отнесены к категории токсичных, остальные проявили допустимую степень токсичности.

В пробах почв промышленного назначения были зарегистрированы пробы всех категорий токсичности. 4 пробы почв были отнесены к категории сильно токсичных (максимальный индекс токсичности составил  $97,12 \pm 0,00$ ).

В пробах почв транспортной инфраструктуры токсичность была отмечена только в одной пробе, индекс токсичности составил  $35,97 \pm 0,01$ .

Среди проб почв сельскохозяйственного назначения максимальный индекс токсичности был зарегистрирован в одной пробе ( $27,75 \pm 0,00$ ), только 2 пробы были отнесены к категории токсичных, остальные показали допустимую степень токсичности. 100% проб почв больниц и отдельно стоящих амбулаторных зданий, а также проб почв ТКО были отнесены к категории токсичных.

В целом биотестирование интегральной токсичности с помощью биосенсора *V. aquamarinus* ВКПМ-11245 показало, что 39% проб почвы токсичны, 6,3% высокотоксичны, 54,7% имеют приемлемую степень токсичности. Все высокотоксичные образцы были обнаружены в группе промышленных почв. Максимальный индекс токсичности (I) составил 97,12.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о различной степени токсичности почв разных категорий использования и необходимости дальнейшего мониторинга за их состоянием.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания № 0852-2020-0029, и РФФИ (проект №. 19-34-90107).*

#### Литература

1. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2008 году» : Ростов-на-Дону, 2008. 355 с.

2. Аналитические методы экологического мониторинга: учебное пособие / Сотникова Е.В., Калпина Н.Ю., Ряховская Е.В., Смирин Б.В., М.: МГТУ "МАМИ", 2011. 120 с.

3. Wiczerzak M., Kudlak B., Namieśnik J. Environmentally oriented models and methods for the evaluation of drug× drug interaction effects //Critical reviews in analytical chemistry. 2015. V. 45. №. 2. P. 131-155. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.899467>

4. Сазыкина М.А., Сазыкин И.С., Хмелевцова Л.Е., Селиверстова Е.Ю., Карчава Ш.К., Журавлева М.В., Кудеевская Е.М. Оценка загрязнения донных отложений Нижнего Дона методами биотестирования и химического анализа // Валеология. 2016. №4. С. 5-12. <https://doi.org/10.18522/2218-2268-2016-4-5-12>

**О.М. Антонова, А.О. Шамин**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА ЗАРАЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ МЕТИЛИЗОЦИАНАТОМ ПРИ АВАРИИ В БХОПАЛЕ**

Проведено прогнозирование масштаба заражения метилизоцианата при аварии в городе Бхопал (определение глубины и площади зоны заражения АХОВ). Расчетным путем установлена: продолжительность поражающего действия метилизоцианата – 0,08 часов (5 мин); эквивалентное количество метилизоцианата ( $Q_{э1}$ ) в первичном облаке – 1,75 т; эквивалентное количество метилизоцианата ( $Q_{э2}$ ) во вторичном облаке – 385,36 т. Определена глубина зоны заражения ( $\Gamma$ ) в первичном облаке – 2,84 км, и во вторичном облаке – 87,79 км. Установлено, что полная глубина зоны заражения равна 124,66 км, площадь зоны фактического заражения равна 1365,07 км<sup>2</sup>. Расчетные значения числа погибших составило 4415,75 человек в первые сутки, по сравнению с реальной – 7000 человек. Ошибка предсказания составила 30%.

Ключевые слова: моделирование, прогноз заражения территории, антропогенное загрязнение воздуха, условия неблагоприятного воздействия факторов.

Крупные аварии на химических объектах активизировали научно-методологическую и организационную деятельность по созданию системы химической безопасности. Особую роль сыграли аварии в Севезо (Италия) и Бхопале (Индия). Отечественные нормативно-методические документы по анализу аварийного риска химически опасных объектов, удовлетворяющие современным требованиям, создаются на основе мирового опыта и глубокой научной проработки проблемы химической безопасности в целом. Поэтому изучение последствий и описание моделей прогноза крупных аварий, включая катастрофу Бхопала, является актуальным для разработки и адаптации существующих методик, осуществления планов действий на современных (ПТК, экотехнопарков) по утилизации отходов I-Классов опасности и минимизации риска для персонала и населения, смягчения последствий химических аварий.

**Цель исследования:** моделирование прогноза заражения территории метилизоцианатом при аварии в Бхопале, для разработки и адаптации существующих методик, которые могут быть использованы на современных экотехнопарковпо утилизации отходов I-Шклассов опасности и минимизации риска для персонала и населения.

В таблице 1 представлены параметры для определения степени вертикальной устойчивости атмосферы по прогнозу погоды в Бхопале в ночь катастрофы [2].

**Продолжительность поражающего действия метилизоцианата** (время, в течение которого образовалось первичное облако с токсичным веществом в районе аварии) рассчитали по формуле(1) [3]:

$$T_{\text{исп.}} = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}, (1)$$

где:  $T_{\text{исп.}}$  – продолжительность поражающего действия метилизоцианата, ч;  
 $h$  – толщина слоя АХОВ, м;  
 $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>;  
 $K_2$  – коэффициент физико-химических свойств АХОВ;  
 $K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра;  
 $K_7$  – коэффициент, учитывающий температуру воздуха;  
 $d$ ,  $K_2$  и  $K_7$   $K_4$  определяли по данным [3].

Таблица 1

Продолжительность поражающего действия метилизоцианата и параметры для его определения

| Параметры   | Значения                  |
|---|---------------------------|
| Толщина слоя АХОВ, $h$ , м  | 2                         |
| Плотность АХОВ, $d$ , т/м <sup>3</sup>  | 0,0035                    |
| Коэффициент физико-химических свойств АХОВ, $K_2$ , усл.ед  | 0,061                     |
| Коэффициент, учитывающий скорость ветра, $K_4$ , усл.ед   | 1,33                      |
| Коэффициент, учитывающий температуру воздуха, $K_7$   | 1                         |
| <b>Расчетное значение продолжительности поражающего действия метилизоцианата, <math>T_{\text{исп.}}</math>, ч</b> | <b>0,08 часов (5 мин)</b> |

Расчетное значение продолжительности поражающего действия метилизоцианата составило 5 минут.

**Эквивалентное количество метилизоцианата  $Q_{\text{э1}}$  (т) в первичном облаке** рассчитали по формуле (2) [3]:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0, (2)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ;  $K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсической дозы метилизоцианата к пороговой токсодозе другого АХОВ;  $K_5$  – коэффициент, учитывающий степень

вертикальной устойчивости атмосферы; для инверсии принимается равным 1; для изотермии 0,23; для конвенции – 0,08;  $K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха;  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т [1].  $K_1, K_3$  определяли по данным [3].

Таблица 2

Эквивалентное количество метилизоцианата  $Q_{э1}$  (т) в первичном облаке

| Параметры  | Значения      |
|--|---------------|
| Коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ, $K_1$   | 0,05          |
| Коэффициент, равный отношению пороговой токсической дозы метилизоцианата к пороговой токсодозе другого АХОВ, $K_3$ | 1,0           |
| Коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы, $K_5$  | 1             |
| Коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, $K_7$  | 1             |
| Количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, $Q_0$  | 35 т          |
| <b>Расчетное значение эквивалентного количества метилизоцианата, <math>Q_{э1}</math></b>                           | <b>1,75 т</b> |

Расчетное значение эквивалентного количества метилизоцианата  $Q_{э1}$  (т) в первичном облаке составило 1,75 т.

**Эквивалентное количество метилизоцианата  $Q_{э2}$  (т) во вторичном облаке** рассчитали по формуле (3) [3]:

$$Q_{э2} = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times Q_0 / h \times d, \quad (3)$$

где  $K_6$  - коэффициент, зависящий от времени  $N$ , прошедшего после начала аварии.

Таблица 3

Эквивалентное количество метилизоцианата  $Q_{э2}$  (т) во вторичном облаке

| Параметры   | Значения      |
|---|---------------|
| Коэффициент, зависящий от времени $N$ , прошедшего после начала аварии, $K_6$               | 1             |
| <b>Расчетное значение эквивалентного количества метилизоцианата, <math>Q_{э2}</math>, т</b> | <b>385,36</b> |

Расчетное значение эквивалентного количества метилизоцианата  $Q_{э2}$  (т) во вторичном облаке составило 385,36 т. Зная эквивалентное количество метилизоцианата  $Q_{э1}$  (т) и  $Q_{э2}$  (т) в первичном и во вторичном облаках, а также скорость ветра, можно определить глубину (км) зоны заражения, используя табличные данные [3].

Глубина (км) зоны заражения в первичном облаке равна 2,84 км, а во вторичном облаке равна 87,79 км.

Полная глубина зоны заражения  $\Gamma$  (км) рассчитывали по формуле (4) [3]:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \quad (4)$$

где  $\Gamma'$  – наибольший,  $\Gamma''$  – наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  (глубины зоны заражения первичным ( $\Gamma_1$ ) и вторичным ( $\Gamma_2$ ) облаком АХОВ).

Таблица 4

Полной глубины зоны заражения

| Параметры, км  | Значения      |
|--|---------------|
| <b>Полная глубина зоны заражения, <math>\Gamma</math> (км)</b> | <b>124,66</b> |

Полная глубина зоны заражения равна 124,66 км.

Площадь зоны фактического заражения  $S_{\phi}$  ( $\text{км}^2$ ) рассчитали по формуле (5) [3]:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (5)$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 при инверсии; 0,135 при изотермии; 0,235 при конвенции;  $N$  – время, прошедшее после начала аварии (ч).

Таблица 5

Площадь зоны фактического заражения  $S_{\phi}$  ( $\text{км}^2$ )

| Параметры  | Значения       |
|--|----------------|
| Коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, $K_8$                 | 0,081          |
| Время, прошедшее после начала аварии, $N$ , ч  | 1,5            |
| <b>Площадь зоны фактического заражения <math>S_{\phi}</math>, <math>\text{км}^2</math></b> | <b>1365,07</b> |

Расчетное значение площади зоны фактического заражения  $S_{\phi}$  равна 1365,07  $\text{км}^2$ .

Число погибших людей при выбросе вещества (метилизоцианата) при отсутствии средств защиты рассчитали по формуле (6) [3]:

$$N_{\text{пог}} = N_{\text{см}} \times Q_0, \quad (6)$$

где  $N_{\text{см}}$  – средняя удельная смертность людей при воздействии метилизоцианата, чел/т (по данным Л.П. Майорова, 2017;  $N_{\text{смметилизоцианата}} = 12,5$  чел/т);  $Q_0$  – масса выброса метилизоцианата, т (35 т).

С учетом значения эквивалентного количества метилизоцианата  $Q_{\text{э}2}$  (т) во вторичном облаке, составляющего 385,36т, расчетное количество смертей соответствует 4815,75 человек (ошибка предсказания 31%). По МУ № 2000/218, 2001 г. Предсказательная ошибка от 20 до 30% считается приемлемой величиной.

**Вывод:** Проведено прогнозирование масштаба заражения метилизоцианата при аварии в городе Бхопал (определение глубины и площади зоны заражения АХОВ). Расчетным путем установлена: продолжительность поражающего действия метилизоцианата – 0,08 часов

(5 мин); эквивалентное количество метилизоцианата( $Q_{э1}$ ) в первичном облаке – 1,75 т; эквивалентное количество метилизоцианата( $Q_{э2}$ ) во вторичном облаке – 385,36 т. Определена глубина зоны заражения( $\Gamma$ ) в первичном облаке – 2,84 км, и во вторичном облаке – 87,79 км. Установлено, что полная глубина зоны заражения равна 124,66 км, площадь зоны фактического заражения равна 1365,07 км<sup>2</sup>. Расчетные значения числа погибших составило 4415,75 человек в первые сутки, по сравнению с реальной – 7000 человек. Ошибка предсказания составила 30%.

#### Литература

1. Владимиров В.В. Катастрофы конца XX века.– М.: Геополитика: Флайст, 2001, 285 с.
2. Погода в городе Бхопал. – Электронный источник <https://weatherarchive.ru/Pogoda/Bhopal> Дата обращения 03.10.2021
3. Майорова, Л. П. Прогноз заражения АХОВ: методические указания к практическому занятию по дисциплине «Оценка воздействия на среду и экологическая экспертиза / Л. П. Майорова, Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. 36 с.

**О.М. Антонова, Н.М. Шманова**

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЩЕГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВБЛИЗИ РАБОТЫ ЭКОТЕХНОПАРКОВ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ I-II КЛАССОВ ОПАСНОСТИ**

Одной из проблем урбанизированных территорий является утилизации отходов I, II классов опасности. Продемонстрирована возможность использования методов лишеноиндикации для оценки общего загрязнения атмосферы, вблизи работы экотехнопарков по утилизации отходов I-II классов опасности.

Ключевые слова: антропогенное загрязнение воздуха, экотехнопарки, лишеноиндикация, условия неблагоприятного воздействия факторов.

В настоящее время остро возникает проблема утилизации отходов I, II классов опасности. Появляется необходимость в создании современной инфраструктуры, обеспечивающей безопасное обращение с отходами I и II классов опасности, и ликвидации наиболее опасных объектов накопленного экологического вреда. Обязательный мониторинг состояния атмосферного воздуха вблизи работы производственных предприятий по утилизации отходов I и II классов опасности предписывает оптимизацию экспресс-способов оценки и контроля за общим загрязнением воздуха, чем

обусловлена актуальность исследования. Предлагаем использовать метод лишеноиндикации в качестве экспресс-способа для оценки общего загрязнения воздуха вблизи работы экотехнопарков по утилизации отходов I-II классов опасности.

Целью исследования является экспериментальное обоснование методов лишеноиндикации для оценки общего загрязнения атмосферы, вблизи работы экотехнопарков по утилизации отходов I-II классов опасности.

### Метод исследования

В исследованиях использовали способы оценки общего загрязнения атмосферы с использованием различных методик лишеноиндикации. В основе метода лишеноиндикации лежит изучение роста лишайников в природных условиях. Преимущество этого метода – малая стоимость исследований, краткосрочность получения результатов, кроме того, лишайники способны накапливать в своих слоевищах, по сравнению, с высшими растениями в 5 раз больше железа, в 2-3 раза больше свинца, кадмия, ртути и других веществ [1].

В качестве модели территории использовали двор дома, удаленный от автомагистрали улицы Политехнической. В качестве метода оценки общего загрязнения атмосферы – метод лишеноиндикации с использованием различных методик: оценка относительной чистоты атмосферы (ОЧА); индекса полеотолерантности (IP); индекса чистоты атмосферы IAQ (Index of Atmosphere Quality, IAQ) [2]. Эксперимент проводился на площадке, которую делили на квадраты, в каждом из которых подсчитали общее число исследуемых деревьев и деревьев, покрытых лишайником (Таблица 1). Общая сумма деревьев на контрольной площадке – двадцать четыре.

Таблица 1

#### Информация об исследуемых площадках

| Адрес площадки      | Фото площадки  | Расположение на карте   |
|---------------------|--|---|
| Поселок Клинический |  |  |

### Экспериментальная часть

Проведен анализ экспериментальных данных об обилии и разнообразии основных видов лишайников, произрастающих в районе исследования по критериям: встречаемости, степени покрытия и класса полеотолерантности. Оценка встречаемости и покрытия изучена по



пятибалльной шкале [2]. Определение классов полеотолерантности основано на зависимости видов лишайников от типов местообитания по степени влияния антропогенных факторов [2]. Основной метод пассивной лишайноиндикации – наблюдение за изменениями относительной численности лишайников.

Таблица 2

**Видовой состав деревьев и лишайников на исследуемой площадке**

| Вид дерева  | Количество деревьев данного вида на площадке | Вид лишайника                 |
|---|--|-------------------------------|
| Тополь пирамидальный<br>( <i>Populus pyramidalis</i> )              | 5  | <i>Xanthoria parietina</i>    |
| Рябина обыкновенная<br>( <i>Sorbus aucuparia</i> )                  | 1  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Грецкий орех<br>( <i>Juglans regia</i> )                            | 1  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Клен американский<br>( <i>Acer negundo</i> )                        | 4  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Клен остролистный<br>( <i>Acer platanoides</i> )                    | 4  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Липа крупнолистная<br>( <i>Tilia platyphyllos</i> )                 | 1  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Осина<br>( <i>Populus tremula L.</i> )                              | 1  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Конский каштан обыкновенный<br>( <i>Aesculus hippocastanum L.</i> ) | 2  | <i>Parmeliopsis aleurites</i> |
| Вишня<br>( <i>Prunus subg. Cerasus</i> )                            | 1  | Отсутствие                    |
| Береза<br>( <i>Betula L.</i> )                                      | 1  | Отсутствие                    |
| Робиния ложноакациевая<br>( <i>Robinia pseudoacacia</i> )           | 1  | Отсутствие                    |
| Катальпа бигнониевидная<br>( <i>Catalpa bignonioides</i> )          | 1  | Отсутствие                    |

На модельной территории описывали виды лишайников, оценивая каждый вид по баллам встречаемости, покрытия и распределения лишайников – по классам полеотолерантности [2]. Экспериментальные данные представлены в таблице 3.

В таблице 4 представлена информация о параметрах, используемых для расчета полеотолерантности. Результаты таблицы 4 свидетельствуют о том, что присутствие лишайника вида *Parmeliopsis aleurites* (*Пармелионсис бледнеющий*), указывает об антропогенно слабоизмененном состоянии окружающей среды, произрастание *Xanthoria parietina* (*Ксантория настенная*) – о среде с сильно антропогенными изменениями. Оценку проективного покрытия определяли в бальной системе [2].

По данным литературы известно о прямой связи между ОЧА и средней концентрацией диоксида серы в атмосфере (Таблица 5) [2].

Определили содержание диоксида серы в воздухе по расчетным данным IP (2,1). По результатам исследований определили малое загрязнение атмосферного воздуха исследуемой площадки, которое соответствует содержанию концентрации SO<sub>2</sub> от 0,01 до 0,03 [2].

Таблица 3

**Эпифитные лишайники, обнаруженные на деревьях**





| Вид лишайника, краткая характеристика [1,3]  | Характеристика загрязнения по встречаемости, балл; степень покрытия, балл; класс полеотолерантности, балл  |
|--|--|
|  <p>Листоватые лишайники <i>Parmelia Parmeliopsis aleurites</i> (Пармелионсис бледнеющий).</p>  | <p>Исчезновение вида во вторую очередь<br/>                     - редко - 2;<br/>                     - низкая - 2;<br/>                     - естественные (часто) и антропогенно слабоизмененные местообитания (редко) – 2</p>  |
|  <p>Листоватые лишайники <i>Xanthoria parietina</i> (Ксантория настенная).<br/>                     к листовым лишайникам также относятся роды <i>Hypogymnia</i>, <i>Parmelia</i>.</p> | <p>Исчезновение вида во вторую очередь<br/>                     - очень редко -1;<br/>                     - очень низкая -1;<br/>                     - сильно антропогенно измененные местообитания (часто) – 9</p>            |

Таблица 4

**Среднее значение проективного покрытия деревьев**

| Параметр, используемый для расчета полеотолерантности | Вид лишайника                 |                            |
|---|-------------------------------|----------------------------|
|   | <i>Parmeliopsis aleurites</i> | <i>Xanthoria parietina</i> |
| класс полеотолерантности вида, (A <sub>i</sub> ) [2]  | 2                             | 9                          |
| покрытие вида, баллы [2]                              | 2                             | 1                          |
| суммарное покрытие видов, C <sub>n</sub>              | 3                             |                            |

Индекс чистоты атмосферы IAQ (Index of Atmosphere Quality, IAQ) определяется, если неизвестны виды лишайников [2]:

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot F_i}{10}, \text{ усл. ед.},$$

где Q<sub>i</sub> – экологический индекс определенного вида (количество видов, на всей пробной площадке).

На опытной и контрольной площадках было зарегистрировано только два вида; F<sub>i</sub> – показатель обилия i-того вида (Таблица 4); n – количество видов.

$$IAQ = \frac{2*2}{10} * 12 + \frac{2*1}{10} * 8 = 6,4 \text{ усл. ед.}$$

Индекс чистоты атмосферы (IAQ) и соответствующее значение концентрации оксида серы определено по Трассу, 1985 [2]. Значение IAQ=6,4 усл. ед. на исследуемой площадке соответствует концентрации оксида серы более 0,086 мг/м<sup>3</sup>. Зарегистрировано превышающее значение среднесуточного ПДК=0,05 мг/м<sup>3</sup> [2].

Таблица 5

**Расчетные методы [2]**

|  |   |
|--|---|
| <p>Расчет показателя относительной чистоты атмосферы (ОЧА) по формуле.<br/> <math>OCHA = \frac{H+2L+3K}{30}</math>, усл. ед., где <i>H</i> – накипные; <i>L</i> – листоватые; <i>K</i> – кустистые. Для расчета используют баллы средней встречаемости.<br/>         Чем ближе показатель ОЧА к единице, тем чище воздух местообитания</p> | <p>Расчет индекса полеотолерантности (IP). Учитывает видовой состав лишайников [5]:<br/> <math>IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n}</math> где <i>n</i> – количество видов на площадке описания, <i>A<sub>i</sub></i> – класс полеотолерантности вида (Таблица 4), <i>C<sub>i</sub></i> – покрытие вида (Таблица 4), <i>C<sub>n</sub></i> – суммарное покрытие видов (Таблица 4).<br/>         Оценка проективного покрытия дается по 10-балльной шкале [2].</p> |
| <p><math>OCHA = \frac{0+2*(2+1)+3*0}{30} = 0,2</math> усл. ед.</p>   | <p><math>IP = \frac{(\frac{2*2}{3} * 12 + \frac{9*1}{3} * 8)}{19} = 2,1</math> усл. ед.</p>   |

**Вывод:** Продемонстрирована возможность оценки общего загрязнения методами лишайноиндикации. Показано, что наиболее эффективный способ – расчетный по критерию индекса чистоты атмосферы (IAQ). При расчете индекса чистоты атмосферы (IAQ) и определении соответствующего значения концентрации диоксид серы в воздухе (по Трассу, 1985) были получены более точные данные о концентрации сернистого ангидрида в воздухе на исследуемых территориях методом лишайноиндикации, установлена концентрация оксида серы равная 0,086 мг/м<sup>3</sup>.

Литература

1. Ерофеева И.А., Сергеева И.В., Тихомирова Е.И. Особенности распространения лишайников на территории города Саратова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.; URL: <http://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=23858>
2. Пестов С.В. Методы биологического мониторинга: учебно-методическое пособие / С.В. Пестов. — Киров: ФГБОУ ВО «ВятГУ», 2019. 46 с.
3. Голубкова Н.С. Определитель лишайников средней полосы европейской части СССР. — М.—Л.: Наука, 1966. С. 182—183.

**Г.М. Ахмадиев**

Набережночелнинский институт (филиал) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Модель мониторинга безопасности окружающей среды может обеспечивать сбор данных от аналитических модулей и газосигнализаторов, обработку и хранение данных мониторинга, индикацию результатов измерений, передачу информации в информационно-аналитические системы промышленных предприятий и структуры органов ликвидации последствий техногенных аварий и катастроф.

Ключевые слова: модель, мониторинг, безопасность, окружающая среда

Современное техническое и технологическое состояние промышленных объектов, зданий и сооружений, связанных с опасными производственными процессами и неожиданными ситуациями, резким изменением экологической обстановки, появлением опасности и проявлением не предвиденных террористических актов, что и требуют создания современных средств мониторинга безопасности и более значимых приоритетных параметров окружающей среды. Средства индикации и мониторинга предназначены для обеспечения безопасности производств, промышленных предприятий, объектов социальной и транспортной инфраструктуры. Такие устройства используются для мониторинга промышленных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, оперативного и эффективного обнаружения и идентификации опасных токсичных химикатов в воде, предотвращения загрязнения почвы промышленными и бытовыми отходами.

Одним из известных устройств является передвижная комплексная лаборатория (патент RU №50175). Передвижная комплексная лаборатория снабжена микропроцессорным газоанализатором, обеспечивающим необходимый контроль фоновых концентраций атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны, промышленных выбросов и технологических процессов, – пробоотборными устройствами. Передвижная комплексная лаборатория обеспечивает отбор проб воздуха на содержание пыли и аэрозолей, и автоматический отбор газов, паров и аэрозолей через поглотитель, снабжен газоанализатором окиси углерода. Газоанализатор обеспечивает измерение концентрации окиси углерода в атмосфере. Передвижная комплексная лаборатория снабжена пробоотборным устройством для почв с насадкой, прибором газового контроля для измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. В передвижной комплексной лаборатории можно определить промышленных выбросов и провести контроль зараженности почвы, грунта и воды. Рентгено-

флуоресцентный спектрометр предназначен для определения содержания токсичных элементов. Лаборатория снабжена измерителем массовой концентрации, аэрозольных частиц различного происхождения и химического состава и компьютером для обеспечения оперативного оформления результатов анализов. Недостатком комплексной лаборатории является отсутствие у приборов цифрового выхода для автоматической передачи полученных данных на компьютер.

Разработана «Лаборатория экологического мониторинга ЛЭМ-2», предназначенная для проведения работ по оперативному контролю состояния атмосферного воздуха, почвы и воды в полевых условиях (URL: [laboratoriya\\_ekologicheskogo\\_monito](#)). Лаборатория оснащена оборудованием, в том числе для проведения экспресс-анализа воздуха, воды, почвы, отбора проб воздуха для транспортировки их в стационарную лабораторию, выявления источника загрязнения. В состав оборудования лаборатории входят газоанализатор для измерения концентраций без проведения пробоподготовки до 206 вредных и токсичных веществ (в том числе CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>) в атмосферном воздухе. Укомплектован устройством пробоотбора, спектрофотометром для экологического контроля (вода, воздух, почва), предусмотрен анализатор нефтепродуктов, жиров и неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) в водах и почвах, программируемый цифровой терморектор, предназначенный для нагрева растворов с целью разложения проб при проведении анализа водных растворов, – рабочая станция на базе компьютера «Notebook». Недостатком системы является отсутствие непрерывного режима работы, невозможность определения отравляющих веществ.

Известен комплекс химической индикации и мониторинга атмосферного воздуха, воды и почвы, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Комплекс состоит из газоаналитического модуля, приставки-испарителя, комплекта портативных (носимых) газосигнализаторов, модуля сбора и обработки информации с установленным на нем специальным программным обеспечением, модуля внешнего питания и зарядки аккумуляторных батарей, комплекта для отбора проб [1]. Для подготовки для анализа проб воды и почвы газоаналитический модуль соединяется с приставкой-испарителем газовыми трубками и каналом управления, приставка-испаритель вместе с комплектом для отбора проб образуют аналитический модуль контроля химического заражения воды и почвы. Газоаналитический модуль соединен каналом связи с модулем сбора и обработки информации для обмена информацией и передачи на модуль сбора и обработки информации на основании полученных данных об обнаруженных и идентифицированных веществах. В состав комплекса могут быть введены несколько газоаналитических модулей, соединенных каналами связи с модулем сбора и обработки информации, а также несколько газоаналитических модулей,

соединенных с приставками-испарителями газовыми трубками и каналами управления, и соединенных каналами связи с модулем сбора и обработки информации. Техническим результатом, достигаемым комплексом химической индикации и мониторинга атмосферного воздуха, воды и почвы, является возможность непрерывного автоматизированного контроля параметров окружающей среды, своевременного обнаружения и идентификации отравляющих веществ, упрощение технологии подготовки и анализа проб воздуха, воды, почвы, позволяющее уменьшить время пробоподготовки, исключить загрязнение пробы. Недостатком комплекса химической индикации и мониторинга атмосферного воздуха, воды и почвы является то, что могут применяться только для контроля эффективности специальной обработки, управления средствами коллективной защиты, решения задач, имеющих отношение для химической защиты населения и объектов в условиях химического заражения.

Исходя, из известных технических решений нами была поставлена цель, повышение эффективности, достоверности настоящего предполагаемого проекта с научно-обоснованной информационной базой и предлагаемой прикладной разработкой. Для разработки модели безопасности с последующей оценкой, прогнозированием состояния окружающей среды, в частности промышленной среды, необходимо знать характеризующее, фактическое объективное состояние конкретной промышленной зоны, площадки, которая будет определять модель мониторинга безопасности окружающей среды [2, 3,4].

**Материалы и методы исследований.** Известный цифровой портативный модель мониторинга безопасности окружающей среды [1] состоит из газоаналитического модуля (узла) МГА, подключаемого к модулю (узлу) МГА приставки-испарителя. Для подготовки и анализа проб воды и почвы ПВП, комплекта портативных (носимых) газосигнализаторов КП-ГСА, модуля сбора и обработки информации МСОИ, модуля внешнего питания и зарядки аккумуляторных батарей МВП-ЗАБ. Приставка-испаритель ПВП, подключаемая к модулю МГА, и комплект для отбора проб образуют аналитический модуль контроля химического заражения воды и почвы МАК-ВП. Модуль МГА соединен каналом связи с модулем МСОИ для обмена информацией и передачи полученных данных об обнаруженных и идентифицированных веществах на модуль МСОИ. Комплект портативных (носимых) газосигнализаторов КП-ГСА включает набор газосигнализаторов, носимых ГСАН и соединенных с газосигнализаторами узлов протоколирования и связи УПС, обеспечивающих передачу данных по каналу связи от газосигнализаторов на модуль сбора и обработки информации МСОИ.

**Ожидаемые результаты и их интерпретация.** Газоаналитический узел модуля МГА обнаруживает и идентифицирует химический состав воздуха. Модуль предназначен для проведения специфической индикации и

определения концентрации газов и паров химических веществ. Кроме всего обращает на себе внимание и тот факт, что обнаруживает фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ). Модуль может определить содержание иприта, люизита, азота диоксида ( $\text{NO}_2$ ), аммиака ( $\text{NH}_3$ ), бензола ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), водорода хлорида ( $\text{HCl}$ ), серы диоксида ( $\text{SO}_2$ ), сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ), углерода оксид ( $\text{CO}$ ). Модуль предназначена для выявления фенолов сланцевых, формальдегида ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), ацетона, бутилацетата, винулацетата, винилхлорида, метил-третичнобутилового эфира, хлора, хлористого водорода, этилацетата и др. Подготовленные с помощью комплекта для отбора проб образцы воды и почвы переводятся с помощью приставки-испарителя ПВП в газообразное состояние для последующего анализа по паровой фазе в МГА. Модуль МГА с подключенным к нему модулем МАК-ВП обеспечивает обнаружение и идентификацию химического состава почвы и воды с определением наличия органических соединений: S-, P-, As-, N-, а также пороговое обнаружение ФОВ, иприта, люизита, гептила.

Комплект КП-ГСА обеспечивает групповое обнаружение и индикацию по пороговым значениям газов и паров химически опасных веществ. Положительной и эффективной стороной модуля является то, что выявляет фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ). Модель определяет содержание иприта, люизита, азота диоксид ( $\text{NO}_2$ ), аммиака ( $\text{NH}_3$ ), бензола ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), водорода хлорида ( $\text{HCl}$ ), серы диоксида ( $\text{SO}_2$ ), сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ), углерода оксид ( $\text{CO}$ ). Из органических веществ модуль определяет фенолы сланцевые, формальдегид ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), ацетон, бутилацетат, винулацетат, винилхлорид, метил-третичнобутиловый эфир, хлор, хлористый водород, этилацетат и др.

**Заключение.** Известный разработанный модель мониторинга безопасности окружающей среды может обеспечивать сбор данных от аналитических модулей и газосигнализаторов, обработку и хранение данных мониторинга, индикацию результатов измерений, передачу информации в информационно-аналитические системы промышленных предприятий и структуры органов ликвидации последствий техногенных аварий и катастроф.

#### Литература

1. Варкалов А.Г., Кобцев Б.Н., Круглова Л.В., Литвиненко Е. М., Печатников П.А, Рожнов А.В. Комплекс химической индикации и мониторинга атмосферного воздуха, воды и почвы. Патент на полезную модель, Номер патента: RU 129656 U1 Патентное ведомство: Россия Год публикации: 2013 Номер заявки: 2012153911/28 Дата регистрации: 13.12.2012. Дата публикации: 27.06.2013
2. Бражников В.В. Дифференциальные детекторы для газовой хроматографии / В.В. Бражников. - М.: Наука, 1974. - С. 223
3. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств / М.В. Кулаков. - М.: Машиностроение, 1983. - С. 464
4. Соколов Э.М. Система экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона / Э.М. Соколов, В.М. Панарин, Ю.Н. Пушилина, О.Ю. Лапина,

**Х.О. Барххуев, А.И. Кушнеров**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЛУБИННЫХ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД**

Прогрессирующее загрязнение поверхностных вод, наблюдающееся в мире, угрожает здоровью населения и пагубно влияет на жизнь в водной среде.

Многогранность, комплексность факторов и малая изученность процессов превращения загрязнений, вносимых со сточными водами, являются причиной того, что до настоящего времени эта проблема не решена еще полностью. Поэтому при рассмотрении динамики загрязнений в поверхностных водоемах в первую очередь обращается внимание на процесс разбавления как на основной фактор, определяющий снижение концентраций загрязнений в водной среде [1].

Одной из важнейших задач при расчете разбавления сточных вод в зоне глубинного водовыпуска является определение формы и размеров факела сброса сточных вод из выпускных патрубков. Определение данных факторов является непростой задачей, требующей проведения комплексных исследовательских работ с применением современных измерительных средств и аппаратных комплексов.

Ключевые слова: Сточные воды, глубинный водовыпуск, разбавление

В период с 2019 по 2021 год был произведен комплекс гидрэкологических исследований в зоне рассеивающего водовыпуска Питкярантского целлюлозно-бумажного завода в Ладожском озере (рис. 1). Целью исследования являлось изучение характеристик рассеивания сточных вод из рассеивающего водовыпуска целлюлозного завода.

Анализ результатов при полевых исследованиях с плавсредств на открытой воде представлен в изданных ранее публикациях [2-4].

В марте и апреле 2021 года была разработана и проведена программа исследований с поверхности установившегося ледяного покрова толщиной порядка 35 см. Весь процесс исследования происходил с соблюдением комплекса мер обеспечения безопасности с применением спасательных жилетов, аэролодок с воздушным винтом и регулярным измерением толщины льда, из-за возможного подмыва льда на месте исследования нагретыми сточными водами. Анализы проводились в зоне расположения патрубков водовыпуска (Рис. 1).



Результаты исследования. В результате исследований струйной зоны глубинного водовыпуска были получены результаты, на основании которых можно сделать вывод о характере распространения сточных вод.

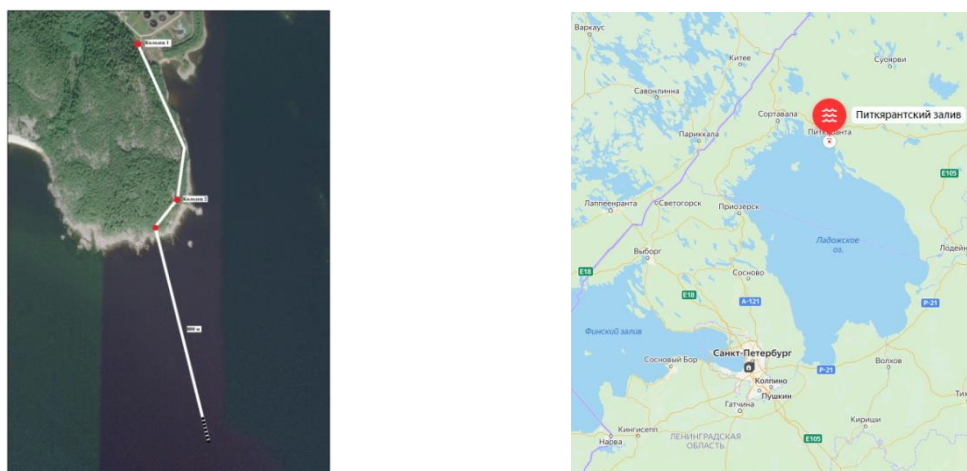


Рис. 1. Карта-схема расположения водовыпуска Питкярантского ЦБЗ у южной части острова Пусунусаари.

Учитывая повышенную температуру сточных вод, на момент анализов, которая составляла  $16^{\circ}\text{C}$ , наиболее подходящим методом исследования характера истечения сточных вод было выбрано измерение температуры по толще воды от поверхности до дна с интервалом 1 м. Измерения производились портативным многопараметровым анализатором HACH HQ30D. Повышение температуры в нижних слоях воды показывает влияние сточных вод, и соответственно чем выше температура в точке измерения, тем выше влияние сточной воды.

Данные измерения проводились над патрубком и в 1 метре со всех сторон от патрубка. Створ с наибольшей температурой указывает на направление распространения факела сточных вод.

Так, многочисленные измерения показали преимущественное направление течений в сторону запада от местоположения патрубка.

После установления направления распространения сточных вод было произведено измерение температур в нескольких створах от патрубка по направлению распространения сточных вод с шагом в 1 метр (Рис. 2.).

Полученные результаты свидетельствуют о постепенном опускании факела сточных вод в нижние слои воды после выпуска. Данное обстоятельство объясняется высокой плотностью и минерализованностью сточных вод по отношению к природной воде в зоне распространения.

С учетом данного фактора была построена уточненная схема распространения сточных вод в толще воды (Рис. 3).

Представленная схема распространения факела сточных вод соответствует описанному Лапшевым [1] типу сброса сточных вод с

плотностью воды выше плотности воды в озере. Так, в начальный момент под действием давления и высокой температуры струя сточной воды поднимается на определенную высоту, в данном случае на 7-8 метров, и при уменьшении температуры и напора воды до более низких значений под действием силы тяжести и высокой плотности струя факела понижается на более низкий уровень с учетом сноса от установившихся течений в озере.

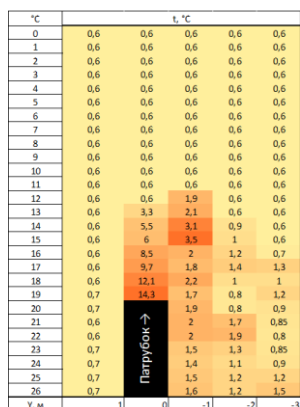


Рис. 2. Профили изменения температуры по глубине в зоне выпуска сточных вод

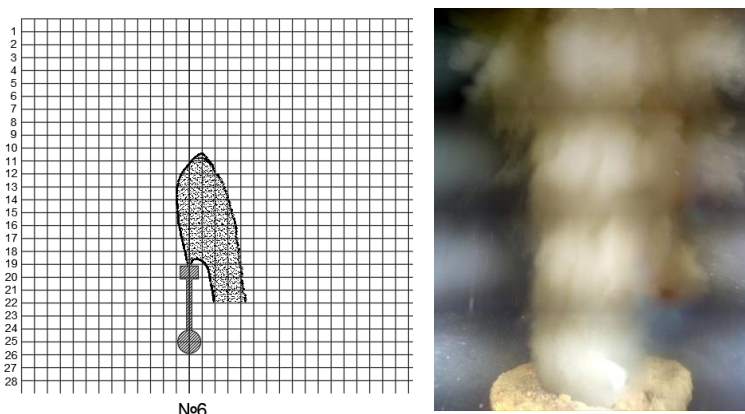


Рис. 3. Схема и фотография распространения сточных вод с учетом температурных профилей

На основании полученных результатов можно сделать вывод о преобладающем направлении течений в приблизительно 210 градусов, что соответствует направлению запада. Скорость течения возрастает с увеличением глубины и составляет в поверхностных слоях примерно 0,1 м/с, а на глубине возрастает до 0,5 м/с вследствие влияния потока сточной воды.

Данные с измерителя течений Alec, установленного на расстоянии 10 метров от патрубка предназначаются для измерения фоновых значений скорости и направления течений, без влияния струйной зоны подводного водовыпуска. Полученные результаты свидетельствуют о направлении течений в сторону северо-запада в верхних слоях и в сторону запада в нижних слоях со скоростью в 0,03-0,035 м/с.

Для оценки характера распространения струи сточных вод был использован многопараметрический зонд STD90M. По данным температуры воды в водоеме, полученным с зонда, построено поле рассеивания сточной воды (рис. 4).

Промежуточные значения температуры между исследованными створами смоделированы методом интерпретации по близлежащим точкам. В результате получено достоверное представление о характере распространения сточных вод из глубинного водовыпуска.

Выводы. Исследование глубинного рассеивающего водовыпуска Питкярантского ЦБЗ показала сложный характер формирования факела выброса и сноса сточных вод. Определено преимущественное направление течений в озере на месте водовыпуска. Вопреки данным из открытых источников, которые свидетельствуют о преимущественном направлении течений на юг, установлено западное направление течений. Исследованы параметры распространения факела сточной воды и графически выведена схема распространения потока воды в программной среде AutoCAD 2019 Lite.

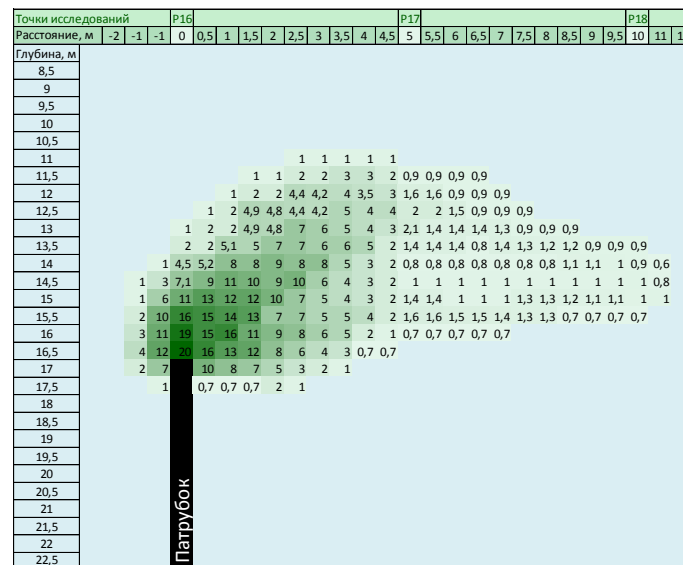


Рис. 4 Тепловое поле распространения сточной воды из водовыпуска

### Литература

1. Лапшев Н. Н. Расчеты выпусков сточных вод. М., Стройиздат, 1977. 87 с. (Защита окружающей среды).
2. Кушнеров, А.И. Рекогносцировочные исследования в зоне глубинных выпусков ладожского озера / А.И. Кушнеров, Х.О. Барххуев, А.И. Шишкин // XXV Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2020 : Сборник материалов . СПб : Типография Любавич, 2020, Книга 2. С. 241-244
3. А.И. Кушнеров, Х.О. Барххуев, Р.А. Елеулова, А.И. Шишкин Метод определения кратности разбавления сточных вод глубинных водовыпусков на основе математического моделирования / А.И. Кушнеров, Х.О. Барххуев, Р.А. Елеулова, А.И. Шишкин // XXV Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2020 : Сборник материалов . СПб : Типография Любавич, 2020, Книга 2. С. 308-312
4. Шишкин, А.И. Экспериментальное определение констант скорости биологической очистки щелочесодержащих сточных вод в летне-осенний период 2019-2020 / А.И. Шишкин, М.С. Строганова, А.Ж. Адылова, Х.О. Барххуев // Материалы II Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – Том I. – С. 82-88

Л.А. Большеротов<sup>1</sup>, А.Л. Большеротов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Барк-91, Москва

<sup>2</sup>Тверской государственной технический университет

## **КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА**

В Российской Федерации, в рамках подписанного в 2016г. Парижского соглашения, с 2020г. реализуется программа создания в регионах РФ так называемых «карбоновых полигонов» с привлечением ведущих научных и образовательных учреждений региона. Гранты на создание полигонов получили на сегодня 10 регионов, планируется в будущем создание полигонов во всех регионах страны. Но уже сейчас видна несогласованность методологических подходов в реализации программы. В статье предлагаются оптимальные методологические основы реализации проекта. Целью работы – создание оптимального алгоритма научных исследований, обеспечивающих достоверную оценку выбросов парниковых газов различными природными и техногенными источниками, а также определение направлений научных исследований и эффективных практических действий, обеспечивающих снижение выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: парниковый эффект, карбоновые полигоны, карбоновые квоты, карбоновые фермы, оценка качества окружающей среды.

### **Введение**

Озабоченность мировой научной общественностью потеплением климата имеет основание [1]. Многолетние наблюдения за климатом Земли показали, что явно имеет место активное таяние ледников на всех континентах и повышение уровня мирового океана. Потепление климата по Парижскому соглашению напрямую увязывают с активным техногенным воздействием деятельности человека на окружающую среду и с постоянно увеличивающимся потреблением углеводородов для нужд промышленности и бытовых нужд человека [2-5]. Борьбу с загрязнением окружающей среды, приводящему к потеплению климата, согласно Парижскому соглашению, решено сосредоточить на углеродных выбросах в атмосферу. В Российской Федерации, под патронажем Минобрнауки, с февраля 2021г. начала работать программа по созданию карбоновых полигонов. Это новый подход к решению проблемы парниковых газов и важное значение на начальном этапе работ имеет разработка обоснованной методики оценки парниковых газов с помощью карбоновых полигонов.

**Карбоновые полигоны** – это территории с уникальной экосистемой, созданные для реализации мер контроля климатических активных газов с участием университетов и научных организаций.

Целью данной работы является создание оптимального алгоритма научных исследований на базе карбоновых полигонов, обеспечивающих достоверную оценку выбросов парниковых газов различными природными

и техногенными источниками, а также определение научных исследований и эффективных практических действий, обеспечивающих снижение выбросов парниковых газов.

### **Материалы и методики исследования**

Конечная цель программы карбоновых полигонов предусматривает:

1. *разработку методов оценки карбоновых выбросов из различных источников;*

2. *технологий по снижению и респирации парниковых газов (карбоновых выбросов).*

Однако, сверхзадача всей этой работы – **введение квот предприятиям на карбоновые выбросы.**

При реализации программы карбоновых полигонов предполагается, что каждый участник программы самостоятельно на своей территории проведёт все необходимые исследования и получит нужные результаты.

Обмен информацией с действующими участниками программы карбоновых полигонов выявил ряд схожих у всех проблем.

Во-первых, нет чёткого представления что же в итоге надо делать. Что такое «карбоновый полигон», его задачи, функции, цель? Что такое карбоновые фермы?

Во-вторых, пока никто уверенно не представляет кто и как будет оценивать выбросы парниковых газов, что будет включать методика оценки и квотирования выбросов.

В связи с этим, разумная целесообразность подсказывает не распылять выделенные средства по регионам, где каждый регион, в силу своих возможностей и понимания проблемы будет выполнять одинаковую работу, а подойти дифференцированно разумно к поставленной задаче.

Рассмотрим возможный, более эффективный и продуктивный алгоритм работы по программе «Карбоновый полигон».

На начальном этапе реализации программы «Карбоновый полигон» необходимо выполнить *два базовых исследования.*

*Первое исследование*, это поиск чистых от загрязнения и негативных воздействий, территорий региона. Таких территорий может быть несколько, например, лесной биотоп, степной биотоп, высокогорный биотоп, болотный биотоп и т.д. В любом случае, это территории естественной экосистемы, где не должно быть никакой инфраструктуры, не должны проживать люди, не должно быть регулярных дорог. То есть, это должна быть экологически чистая **эталонная** территория. Показатели естественного фона эталонной экосистемы или биотопа (те же парниковые газы – озон, метан, диоксид углерода и др.) должны стать базовыми для сравнения с ними показателей, территорий искусственной экосистемы или показателей промышленных предприятий [6-10]. Разница экологических показателей (в том числе показателей парниковых газов) между эталонными территориями и показателями искусственной экосистемы

(показателей промышленных предприятий) и будет основой для начисления карбоновых квот.

Методика определения эталонных территорий должна учитывать наличие занесения (рассеивания) вредных веществ с близлежащих территорий, где есть действующие источники тех же карбонов.

Работы по оценке качества окружающей среды проводятся по разработанной для каждой территории методике. Методика включает прямую оценку негативно воздействующих и загрязняющих факторов, оценку опосредованного воздействия, математическую модель рассеивания загрязняющих веществ с соседних территорий с техногенной инфраструктурой [11].

*Второе базовое исследование*, это оценка выбросов загрязняющих веществ, в том числе парниковых газов, урбанизированных территорий, промышленных предприятий. Методика такой оценки включает наземные измерения, измерения на разных высотах с помощью летающей техники (авиация, беспилотники, зонды и др.), измерения из космоса, математические модели рассеивания газов [7, 12].

Измерения эталонных и техногенных территорий должны проводиться в разное время дня, в разные дни недели, в разное время года. Фактически, это постоянно действующая служба экологического мониторинга региона.

Результатом измерений должна стать постоянно действующая база экологических данных региона, с динамической математической моделью рассеивания загрязняющих веществ.

Фактически каждый регион, в той или иной форме, должен создать службу экологического мониторинга.

Вторая часть программы «Карбоновый полигон» включает в себя мероприятия по снижению карбоновых выбросов.

К этим мероприятиям относятся, в частности, работы по созданию, так называемых, карбоновых ферм - это питомники тех растений, кустарников, деревьев, которые снижают содержание карбона в воздухе, и которые в данном регионе могут расти.

Снижение карбоновых выбросов, это и применение НТД (наилучших доступных технологий), это и замена применяемого топлива, дающего меньшие выбросы карбона, это и замена устаревшего оборудования на современное, это и создание очистных сооружений, нейтрализующих карбоновые выбросы, создание соответствующих технологий и прочее. Для каждого предприятия, имеющего избыточные выбросы парниковых газов, должна разрабатываться своя программа модернизации производства.

Особое внимание в этой программе следует уделить автотранспорту, так как именно транспорт даёт подавляющее большинство парниковых выбросов. В г. Москве это более 93% [13].

Третья часть программы «Карбоновый полигон» – актуальные научные исследования в области загрязнения окружающей среды, в том числе парниковыми газами. Эти работы в основном общероссийского уровня. К ним относятся: исследования почв, влияние облаков на величину солнечной радиации и альбедо Земли и др.

### **Выводы и заключение**

1. Предложенный методологический подход позволяет эффективно и согласованно реализовать программу карбоновых полигонов в различных регионах страны, создать общероссийскую базу данных по выбросам парниковых газов, модели рассеивания.

2. Работы по карбоновым полигонам следует разделить на региональные и общероссийские. Региональные: поиск эталонных территорий, оценка уровня карбоновых выбросов, карбоновые фермы. Общероссийские: математические модели рассеивания парниковых газов, базы данных карбоновых выбросов, исследования атмосферы.

### **Литература**

1. Щербань А.В. Парниковый эффект и его воздействие на окружающую среду // Экономика и экология территориальных образований. 2021. Т. 5. № 2 (17). С. 59-65.

2. Марьин Е.В. Парижское соглашение как механизм снижения выбросов на международном уровне // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 5-4 (56). С. 98-100.

3. Гессен С.М., Воротников А.М. Карбоновые полигоны – новый научно-образовательный проект для арктики // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2021. № 2 (6). С. 98-104.

4. Мигашева М.Г. Парижское соглашение в Российской Федерации В сборнике: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Новокузнецк, 2021. С. 326-329.

5. Жилина И.Ю. Как избежать глобального потепления и его последствий // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 2: Экономика. Реферативный журнал. 2019. № 2. С. 42-47.

6. Булаткин Г.А. Оценка влияния управляемых лесов на балансе углекислого газа в атмосфере Земли // Жизнь Земли. 2021. Т. 43. № 1. С. 54-66.

7. Трунов А.А. Оценка выбросов парниковых газов при обезлесении в лесном фонде Центрального федерального округа // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2021. № 1 (165). С. 49-52.

8. Китаев С.В., Смородова О.В. Концепция технического регулирования выбросов парниковых газов и борьбы с утечками метана в нефтегазовой отрасли // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2021. № 1. С. 41-45.

9. Б. Джон, Э. Дербишир, Г. Янг, Р. Фейрбридж, Дж. Эндрюс Зимы нашей планеты: Земля подо льдом / Под ред. Б. Джона; Пер. с англ. Д-ра геогр. Наук Л. Р. Серебрянного. — М.: Мир, 1982. 336 с.

10. Трофименко Ю.В., Якубович А.Н. Обоснование мероприятий по снижению выбросов парниковых газов транспортом и адаптация объектов транспортной инфраструктуры к климатическим изменениям в зонах вечной мерзлоты // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 2. С. 55-61.

11. Большеротов А.Л., Колчигин М.А., Харькова И.Е., Большеротова Л.В., Большеротов Л.А. Разработка проекта «Инструкции по созданию системы оценки экологической безопасности строительства в городе Москве». Часть 1/ Отчет о НИР № ДГП 11-149 ЭД от 02.12.2011 (Департамент градостроительной политики г. Москвы) 256С.

12. Щеголев В.Е., Никитина М.В. Обзор мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов от крупных промышленных предприятий Архангельской области //Проблемы современной науки и образования. 2021. № 3 (160). С. 111-114.

13. Минин А.А. (ред.). 2001. Экология крупного города (на примере Москвы) / - М.: Изд-во «Пасва». 192 с.

**Л.А. Большеротов<sup>1</sup>, А.Л. Большеротов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ООО «Барк-91, Москва

<sup>2</sup>Тверской государственной технический университет

## **НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ КАРБОНОВЫХ ПОЛИГОНОВ**

Программа карбоновых полигонов, реализуемая регионами по грантам Минобрнауки, требует ряда глубоких научных исследований. Эти исследования должны выполняться на общероссийском уровне, и результаты этих исследований нужны каждому региону для реализации программы карбоновых полигонов. В частности, при оценке загрязнения территорий выбросами парниковых газов (они же карбоновые выбросы) с помощью космической техники, необходимо учитывать рассеивание парниковых газов с помощью математической модели. Кроме этого, существует ряд других исследований межрегионального характера, необходимых для оценки воздействия парниковых газов на климат Земли. Целью работы - определение структуры научных исследований, необходимых для реализации программы карбоновых полигонов.

Ключевые слова: парниковый эффект, карбоновые полигоны, карбоновые квоты, карбоновые фермы, оценка качества окружающей среды.

### **Введение**

Программа карбоновых полигонов, реализуемая в различных регионах страны, требует проведения ряда научных исследований.

Целью данной работы является определение структуры научных исследований, необходимых для реализации программы карбоновых полигонов.

### **Материалы и методики исследования**

При реализации программы карбоновых полигонов предполагается, что каждый участник программы самостоятельно на своей территории проведёт все необходимые исследования и получит нужные результаты. Однако есть большая часть исследований, выходящая за рамки одного региона. Это в-первую очередь исследования рассеивания газов во



времени и пространстве при различных климатических условиях, в разное время дня, недели, времени года.

Предполагаемая космическая оценка карбоновых выбросов региона оценивает только количество карбона в данном месте и в данное время. А вот происхождение карбоновых выбросов определить ни из космоса, ни с помощью другой техники по простой констатирующей схеме нельзя.

При определённых условиях погоды карбоновые выбросы из некоего источника могут в своем движении под действием ветра и температуры появиться в любом месте планеты. А могут остаться в месте источника выбросов. Движение карбоновых газов оценивает математическая модель, которая должна быть общероссийской и не под силу её создание в одном регионе.

Третья часть программы «Карбоновый полигон», описанная в предыдущей статье – это актуальные научные исследования в области загрязнения окружающей среды, в том числе парниковыми газами.

Такие исследования проводятся, но в очень ограниченном масштабе. Проблемы парникового эффекта одинаковы во всех регионах страны и решать их надо централизованно силами специалистов, собранных в одном и, лучше всего, в самом неблагоприятном месте.

Узко специализированные проблемы, например, влияние ризосферы на окружающую среду правильнее решать не в регионах, а опытными специалистами Почвенного института им. В.В. Докучаева, совместно со специалистами сельскохозяйственных институтов разных регионов, где есть разные почвы и разная их структура со своими протистами, нематодами, бактериями, амёбами, грибными гифами [1, 2, 3].

К особым исследованиям по программе «Карбоновые полигоны» следует отнести исследования по нейтрализации парниковых газов, разложению их на двухатомные диатермичные газы. Это также работа общероссийский специализированных институтов, но не каждого региона в отдельности. К примеру, если посмотреть на структуру парниковых газов и их долю в загрязнении (см. таблицу) можно увидеть, что основную долю загрязнения даёт водяной пар. Водяной пар, это не только испарение с водной поверхности природных объектов, но и продукт не полной нейтрализации тепла при каком-то технологическом процессе, а это уже вопросы совершенствования технологии охлаждения или разложения пара на атомарный водород и двухатомный кислород.

Таблица

Структура парниковых газов

| Номер п/п | Газ              | Формула | Доля в % |
|-----------|------------------|---------|----------|
| 1         | Водяной пар      | $H_2O$  | 36-72    |
| 2         | Метан            | $CH_4$  | 4-9      |
| 3         | Озон             | $O_3$   | 3-7      |
| 4         | Диоксид углерода | $CO_2$  | 9-26     |

И ещё один большой пласт исследований, это исследования влияния облаков на уровень солнечной радиации, на альбедо Земли, которые должны выполняться специализированной научной организацией, а не каждым регионом [4, 5, 6, 7]. Известно, что такие исследования в достаточной степени ранее не проводились, но они очень важны для оценки парникового эффекта и управления процессом декарбонизации планеты.

Парниковый эффект обусловлен различной прозрачностью атмосферы в видимом (400-1500нм) и дальнем инфракрасном диапазоне, что составляет 75% солнечного излучения. Двухатомные газы диатермичны (прозрачны) для теплового излучения, многоатомные газы (парниковые) типа  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $O_3$ ,  $CO_2$  крайне непрозрачны в инфракрасном диапазоне для излучения в космос[8]. Поэтому, при солнечной постоянной (мощность солнечного излучения) среднегодовые приповерхностные температуры и климат, определяются тепловым балансом Земли [9, 10]. Для теплового баланса должны выполняться условия равенства величины поглощения коротковолновой радиации и излучения длинноволновой. Полная объёмная плотность равновесного излучения ( $U$ ) пропорциональна четвёртой степени его температуры ( $T$ )

$$U = aT^4$$

где,  $a$  константа.

При  $T = 20^\circ C$ ,  $U$  (полная объёмная плотность равновесного излучения) равна  $a \cdot 160000$ . При повышении средней температуры планеты на один градус показатель  $U$  увеличивается на 21,55% и становится равным  $a \cdot 194481$ .

Суммарная энергия солнечного излучения, поглощаемого в единицу времени  $E$ , планетой радиусом  $R$  и сферическим альбедо (диффузная отражающая способность поверхности)  $A$  равна:

$$E = \pi R^2 \frac{E_0}{r^2} (1 - A),$$

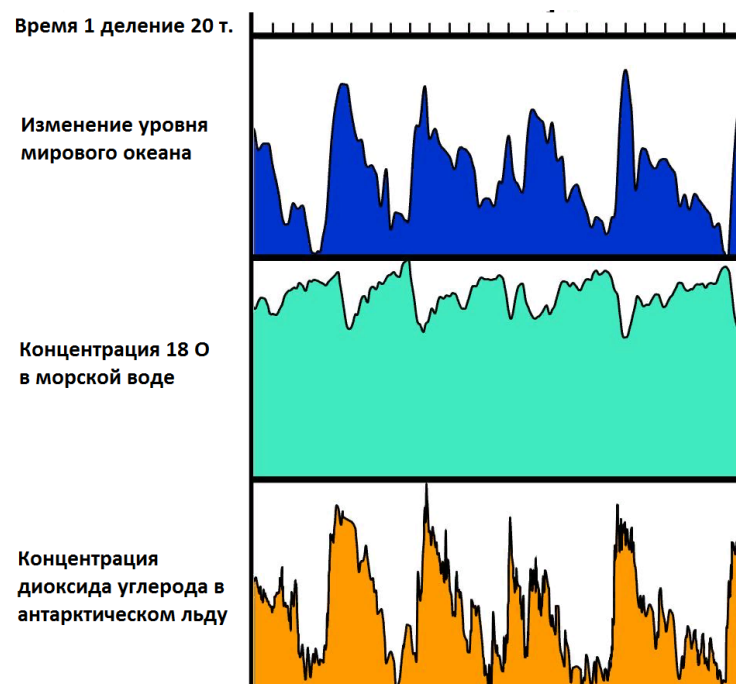
где  $E_0$  – солнечная постоянная;  
 $r$  – расстояние до Солнца.

В соответствии с законом Стефана-Больцмана (1879;1884) равновесное тепловое излучение планеты зависит от величины планеты, то есть площади излучающей поверхности и от эффективной температуры планеты. Эффективная температура ( $T_E$ ), это параметр, характеризующий светимость (полную мощность излучения) небесного тела в единицу времени [11].

Величина парникового эффекта  $\Delta T$  определяется как разница между средней приповерхностной температурой атмосферы планеты  $T_S$  и её эффективной температурой  $T_E$ .

$$\Delta T = T_S - T_E$$

Для Земли приповерхностная температура атмосферы составляет 288К (+15°C), а эффективная температура составляет 249 К (-24°C). Поэтому величина парникового эффекта  $\Delta T$  составит 39 К и она зависит от количества парниковых газов в атмосфере и, соответственно, зависит от химической эволюции и изменений состава планетарных атмосфер. Для Земли, при величине парникового эффекта 39К, концентрация  $\text{CO}_2$  составляет 0,038%. Этот параметр и следует контролировать при мониторинге карбона [12, 13].



Климатические индикаторы Земли за 500 тыс. лет

При всей важности контроля и регулирования климата Земли не следует сбрасывать со счетов и естественные процессы изменения климата. Анализ концентрации содержания  $\text{CO}_2$  в антарктическом льде позволило установить периоды потепления и похолодания на Земле, в результате которых происходили природные катастрофы [14]. Средний период изменения климата – похолодания, составляет 80-120 тысяч лет. На рисунке показаны изменения климатических индикаторов за последние 500 тысяч лет, это изменение уровня океана (синий цвет); концентрация  $^{18}\text{O}$  в морской воде (зелёный цвет); концентрация  $\text{CO}_2$  в антарктическом льде. Деление временной шкалы — 20 000 лет. Пики уровня моря,

концентрации CO<sub>2</sub> и минимумы <sup>18</sup>O совпадают с межледниковыми температурными максимумами [15].

Рассмотренные выше понятия, явления, статистические данные лежат в основе тактики, стратегии и методологии оценки парниковых газов карбоновых полигонов, урбанизированных территорий, промышленных предприятий.

### **Выводы (/Заключение)**

Программу исследований по карбоновым полигонам (КП) следует разделить на региональные и федеральные.

На первом этапе выполняются исследования на *региональном уровне* по выявлению эталонных территорий.

Одновременно, проводится оценка карбоновых выбросов (парниковых газов) урбанизированных территорий и отдельных промышленных объектов. Составляется карта карбонизации территорий.

На втором этапе, методами селекционных и генетических исследований выявляются растения (для конкретного региона) наиболее эффективные для секвестирования парниковых газов.

Исследования на *федеральном уровне* проводятся силами специализированных организаций с привлечением региональных институтов. Работы, связанные с исследованием почв и их карбоновой активности следует проводить силами специализированных институтов и организаций типа Почвенного института имени В.В. Докучаева с привлечением региональных организаций.

К исследованиям на федеральном уровне следует отнести работы по созданию математических моделей рассеивания, работы по созданию информационных баз данных карбоновых выбросов, работы по созданию методик оценки загрязнения окружающей среды парниковыми газами, работы по космическому мониторингу территорий. Работы по моделированию рассеивания парниковых газов проводится и с учётом метеорологических показателей погоды: атмосферного давления, осадков, температуры, направления ветра.

### Литература

1. Федоров Ю.А., Сухоруков В.В., Трубник Р.Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Т. 7. № 1. С. 6-34.

2. Зао Д.Д., Занг П.Б., Бочарникова Е.А., Матыченков В.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П. Оценка объёмов связывания углерода корнями риса под влиянием кремниевых удобрений // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2019. № 3. С. 17-22.

3. Залесов С.В. Роль болот в депонировании углерода // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7-2 (109). С. 6-9.

4. Неелова Л. О. Параметризация альbedo подстилающей поверхности в гидродинамических моделях атмосферной циркуляции // Математика. Компьютер. Образование. 2007. Т. 2. С. 249-253.
5. Stephens G. L., O'Brien D., Webster P. J. et al. The albedo of Earth (англ.) // Reviews of Geophysics (англ.) русск. : journal. 2015. Vol. 53, no. 1. P. 141—163.
6. Seager S. [3. Temperature, Albedos, and Flux Ratios](#) // Exoplanet Atmospheres: Physical Processes. — Princeton University Press, 2010. P. 35–38. 264 p.
7. Ridpath I. [Bond albedo](#) // A Dictionary of Astronomy (англ.). — 2<sup>nd</sup> ed. Revised. — Oxford University Press, 2012. P. 61. 534 p.
8. Тимофеев Ю.М., Неробелов Г.М., Поберовский А.В., Филиппов Н.Н. Определение содержания CO<sub>2</sub> в тропосфере и стратосфере наземным ИК методом // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2021. Т. 57. № 3. С. 322-333.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики: термодинамика и молекулярная физика. — М.: Физматлит, 2006. С. 345.
10. Кригель А. М. Вопросы термодинамики турбулентной конвекции. // Журнал Технической Физики. 2016. Вып. 11. С. 136—139.
11. Бычков К. В. Эффективная температура // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая российская энциклопедия, 1999. Т. 5: Стробоскопические приборы. Яркость. С. 645—646. 692с.
12. Verbiscer A., French R., Showalter M., Helfenstein P. Enceladus: Cosmic Graffiti Artist Caught in the Act (англ.) // Science : journal. 2007. Vol. 315, no. 5813. P. 815
13. Verbiscer A. J., Helfenstein P., Buratti B. J. [Photometric Properties of Solar System Ices](#) // The Science of Solar System Ices / M. S. Gudipati, J. Castillo-Rogez. — Springer Science & Business Media, 2012. P. 49. 658 p.
14. Большеротов А.Л., Большеротова Л.В. Международные системы оценки экологической безопасности строительства // Жилищное строительство. 2012. №10. С. 42-45.
15. Burrows A., Orton G. [Giant Planet Atmospheres](#) // Exoplanets / S. Seager. - University of Arizona Press, 2010. P. 425. 526 p.

**М.А. Володина, А.Т. Глухов**

Саратовский государственный технический университет  
имени Ю.А. Гагарина

## **РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦИАНИДА НАТРИЯ**

Проблемы химической технологии привлекают к себе широкое внимание общественности в связи с продолжающимся загрязнением окружающей среды. Поэтому экологическая безопасность на предприятиях по производству электролитов и химических растворов наиболее актуальна. За последние десятилетия в мире произошел ряд крупнейших химических катастроф, результаты которых сопоставимы с результатами применения ядерного оружия.

Технологический процесс производства твердого цианистого натрия основан на реакции нейтрализации. Цианистый натрий образуется в результате взаимодействия синильной кислоты (HCN) и едкого натра (NaOH) [1].



Причиной наиболее опасных аварий (разгерметизация трубопроводов и загазованность парами) является износ уплотняющих деталей фланцевых соединений или арматуры на трубопроводах и аппаратах. Предприятия организуют работы по системе управления надежностью оборудования на основе методологии инспектирования с учетом факторов риска [2].

1. Ведется подготовка исходных данных по параметрам эксплуатации. Информация по параметрам работы оборудования предоставляется главным инженером производства (руководителем/механиком технологических объектов) в электронных шаблонах (шаблоны Excel) [3].

2. Осуществляется подготовка исходных данных по химическому составу потоков и определение коррозионных контуров оборудования. Предоставляется информация по углеводородному составу технологических потоков (в % массовых) по каждой единице технологического оборудования, участвующей анализе, с учетом наличия в данных потоках коррозионно-активных веществ.

3. На основании полученных предполагаемых систем коррозионных контуров химсостав технологических сред должен быть уточнен путем обеспечения отбора и анализа проб на соответствующих позициях с дальнейшим внесением поправок в шаблон технологических сред. В местах отсутствия возможности отбора проб допускается определение химсостава технологических сред расчетным путем при помощи специализированного программного обеспечения [4].

4. Экономическая служба организации в течение 3-х рабочих дней предоставляет информацию по вероятной упущенной выгоде в сутки (в долларовом эквиваленте) технологического объекта в период его простоя.

5. По каждой технологической единице статического оборудования должны быть сформированы электронные коррозионные карты. Степень детализации определяется существующими коррозионными картами, приложенными к техническому паспорту оборудования, а также может уточняться во времени, исходя из исторического опыта эксплуатации, на основе иной информации (акты расследования, лучшие практики, рекомендации сетевых групп и т.д.) На

основании полученных факторов риска и ранжирования оборудования по степени критичности специалистами составляется план обследований для всех коррозионных контуров оборудования, который включает рекомендации по объемам и методам НК (неразрушающего контроля), ремонту/замене дефектных участков. Запланированные объемы и методы обследований для каждого коррозионного контура должны снижать уровень риска до приемлемого.

6. Отчетность по результатам расчета факторов риска. После формирования плана обследований коррозионных контуров формируются электронные отчеты по рискам для каждой единицы оборудования и рекомендации по обследованию.

7. На основании согласованных результатов перед началом остановочного капитального ремонта технологического объекта формируют сообщения на планируемые объемы работы по техническому диагностированию (ревизии) и/или замене элементов оборудования, имеющих значения с возможным браком [5]. Формируются также указания рекомендуемых сроков выполнения работ, на основании которых механики производств создают заказы.

Одним из важнейших этапов в производстве цианида натрия является утилизация, обезвреживание отходов.

На этап очистки цианосодержащих сточных вод поступают цианосодержащие сточные воды с массовой концентрацией цианид-ионане более  $3500 \text{ мг/дм}^3$ , рНне менее 8. Чтобы совершить удаление цианид ионов, целесообразно использовать гипохлорит натрия или калия.

Как вариант можно рассматривать применение щелочи, но только если  $\text{pH} < 8$ .

Сточные воды при очистке попадают в усреднитель (накопитель), откуда попадают в реактор с непрерывным перемешиванием, который оснащен приборами регулирования рН среды.

Цианосодержащие стоки по напорным трубопроводам поступают в емкости сточных вод, откуда с помощью насосов подаются на химическую обработку. На этапе химической обработки в емкость подается гипохлорит натрия величиной  $< 12,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , время дозирования зависит от расчетного объема для данного объема стока. Раствор гипохлорита предварительно нагревается в емкости при помощи трубчатых электронагревателей (тэнов) до температуры  $5-20^\circ\text{C}$ .

После того, как емкость заполнится до определенного уровня, выполняются следующие аналитические показатели:

- показатель активности водородных ионов (ПАВИ);
- массовая концентрация цианид-аниона;
- химическое потребление кислорода.

По окончании подачи раствора гипохлорита натрия в циркуляционный контур емкостей периодически (раз в 2 часа) отбираются

пробы стока на определение массовой концентрации цианид-аниона и активного хлора.

На переработку 300м<sup>3</sup> сточных вод с содержанием CN применяется 280т NaOCl. При обработке цианосодержащих стоков гипохлоритом натрия происходит разложение токсичных веществ до безвредных по реакции:



Основной принцип ионообменных процессов заключается в следующем: подлежащая очистке воды проходит через один или система фильтров, заполненных ионообменными смолами.

Ионообменные смолы подбираются в зависимости от требуемой задачи для разных процессов – умягчение, снижение щелочности, обессоливание, удаление нитратов и т.д., в результате чего удаляются из воды соответствующие ионы и обмениваются эквивалентными количествами других ионов того же разряда, выпущенных ионитом.

Использование данной установки дает возможность лучше очистить воду и вернуть ее обратно в производство.

Установки представляют собой законченные изделия, включающие в себя:

- вертикальные напорные прямоточные или противоточные фильтры с дренажно-распределительными системами в верхней и нижней частях корпуса;
- ионообменные смолы;
- устройства регенерации;
- гидравлическую и электрическую «обвязки»;
- устройства управления и контроля [6].

Приведено совершенствование технологического процесса очистки цианосодержащих стоков, обеспечивающее возврат сточной воды в производство. Достигается совершенствование процесса за счет использования для очистки воды ионообменной установки.

#### Литература

1. *Способы производства цианида натрия.* Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=6492&cat\\_id=&page\\_id=2](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6492&cat_id=&page_id=2)
2. РД 03-421-01 Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов. Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. - Серия 03. Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Выпуск 17. - 2-е изд., испр. - М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2017 г.
3. API RP 580 Risk-Based Inspection, Third Edition, Washington 2016.



4. API RP 581 Risk-Based Inspection Technology, Third Edition, Washington 2016.
5. API RP 571 Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry, Second Edition, Washington 2011.
6. Материалы о современных технологиях: комплекты умягчения  
Режим доступа: <http://e-energy.kz/tehnologii/komplekty-umyagcheniya>

**А.С. Дегтева, Е.И. Тихомирова, З.А. Симонова**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **МЕНДЕЛЕЕВСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ БАЙКАЛ-2021: ОПЫТ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В БАЙКАЛЬСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ**

Участники «Менделеевской экологической экспедиции. Байкал 2021» в сентябре посетили Байкальский заповедник, где провели сравнительные исследования в акватории Байкала, на природной территории и территории бывшего Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Познакомились с направлением работ в Байкальском заповеднике по сохранению уникальных и типичных природных комплексов в Республике Бурятия, с объектами научного и эколого-просветительского назначения. Опыт проведенных научных исследований и полученного экологического образования приведены в статье.

Ключевые слова: Менделеевская экологическая экспедиция, Байкальский заповедник, научные исследования, экологическое просвещение.

### **Введение**

В «Год науки и технологий» в Российской Федерации и «Год Байкала» в Иркутской области РФ состоялась «Менделеевская экологическая экспедиция. Байкал 2021» при поддержке Федерального экологического оператора (ФГУП «ФЭО»), сети Информационных центров по атомной энергии, Иркутского областного отделения Всероссийского общества охраны природы и научно-образовательного консорциума «Передовые ЭкоТехнологии» [1]. В экспедиции приняли участие школьники «менделеевских» классов из Саратовской, Кировской, Курганской, Нижегородской и Иркутской областей, Удмуртской Республики, чьи исследовательские проекты заняли призовые места в финале всероссийского конкурса. В составе делегации от каждого региона вместе со школьниками были их учителя и наставники – студенты из вузов, участвующих в программе «менделеевских» классов. С 9 по 17 сентября прошли мероприятия экспедиции, целью которой являлась популяризация экологического мышления у студентов и школьников через понимание ценности и взаимосвязи всех элементов экосистемы природы [2].

Программа Менделеевской экологической экспедиции предусматривала тематические дни: «Биоразнообразие», «Гидроэкология», «Антропогенное воздействие». В эти дни участники экспедиции проводили собственные исследования в акватории и на берегу озера Байкал, на территории Байкальского целлюлозно-бумажного комбината[3]. В Байкальском заповеднике сотрудники отделов науки и экологического просвещения провели для участников экспедиции экскурсии по экологическим тропам, организовали дискуссии на тему сохранения биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях РФ. О научных исследованиях и экологическом просвещении в Байкальском заповеднике далее.

### **О деятельности Байкальского заповедника**

Сотрудники Байкальского заповедника ведут активную работу по экопросвещению населения и развитию познавательного туризма. В рамках тематического дня «Биоразнообразие» Менделеевской экологической экспедиции участники посетили экологическую тропу «Кедровая аллея», станцию кольцевания птиц «Байкальская», музейные комплексы «Натуралист на Байкале», «Музей природы» и тематические выставки визит-центра «Байкал заповедный».

Экологическая тропа «Кедровая аллея» с деревянным настилом, построенная сотрудниками и волонтерами Байкальского заповедника, позволяет познакомиться с растительным миром прибайкальских террас предгорий Хамар-Дабана (рис. 1). Тропа следует по кедровому лесу и березовым рощам и выводит к открытому пространству верхового болота. Вдоль тропы растут более 200 видов высших сосудистых растений.



Рис. 1. Прохождение маршрута экологической тропы «Кедровая аллея» Байкальского заповедника участниками Менделеевской экологической экспедиции

Часть обитателей тропы является эндемиками, реликтами, а также редкими видами, занесенными в Красную книгу[4]. С 89 видами растений, наиболее распространенных в лесном и болотном сообществах прибайкальских террас, гостей тропы знакомит «Краткий полевой определитель растений Байкальского заповедника» (Гамова, 2017).

Станция кольцевания птиц «Байкальская» – это комплексный объект, на базе которого ведется как научная, так и просветительская работа. Орнитологи станции демонстрируют туристам весь процесс мечения птицы – от поимки и надевания кольца до момента выпуска птицы (рис. 2).



Рис. 2. Демонстрация процесса кольцевания птицы участникам Менделеевской экологической экспедиции в рамках экскурсии на станцию кольцевания птиц «Байкальская»

Специальные легкие кольца (алюминиевые, пластиковые) имеют неповторимый номер. Данный способ основан на сообщениях о повторных отловах птицы – возвратах. По данным возвратов ученые могут составить картину миграции вида, узнать места гнездования и продолжительность жизни птицы [5].

Гостей на объекте знакомят с двумя типами ловушек – рыбачинской ловушкой и ловушкой «Паутинные сети». Рыбачинская ловушка похожа на рыболовный трал, установленный на земле, с высотой входа 13 м и шириной около 40 м (рис. 3). Постепенно ловушка сужается и заканчивается небольшой клеткой – приемной камерой, куда и попадают птицы. Такие ловушки используются для отлова птиц в местах массовых миграций. «Паутинные сети» представляют собой стенку из мягкой сетки с карманами, растянутую на двух шестах. С 2012 по 2019 гг. на Байкальской станции кольцевания была окольцована 28021 особь 156 видов птиц [5]. Благодаря отловам отмечены виды птиц, являющиеся новыми для заповедника: буланый жулан (лат. *Lanius abellinus*), бледная береговушка (лат. *Ripara diluta*), индийская камышевка (лат. *Acrocephalus agricola*), камышовка-барсучок (лат. *Acrocephalus schoenobaenus*) [5]. Для работы на



станции кольцевания Байкальский заповедник активно привлекает волонтеров, как из России, так и из-за рубежа.



Рис. 3. Рыбачинская ловушка станции кольцевания птиц «Байкальская»

«Музей природы», напротив, предлагает посетителям выставку в традиционном для естественно-научных музеев формате. Обширная зоологическая коллекция и гербарии демонстрируют богатство природных комплексов заповедника.

Тематические музейные выставки визит-центра «Байкал заповедный» посвящены озеру Байкал, его истории и обитателям. Витрины музейного комплекса «степной пояс», «луга и болота», «горно-таежные леса (темнохвойные и светлохвойные)», «альпийские луга и горные тундры» посвящены изучению природных зон. Внимание посетителей визит-центра особенно привлекает интерактивная карта озера Байкал, являющаяся центром композиции (рис. 4).

### **Выводы**

Байкальский заповедник обладает современной научной и туристической инфраструктурой, оказывает содействие в подготовке научных кадров, специалистов и волонтеров в области охраны окружающей среды. Большое внимание в заповеднике уделяется экопросвещению населения и туристов. Опыт посещения Байкальского заповедника позволяет сделать выводы о высоком значении сохранения природы Байкала и необходимости укрепления позиций экологического образования на базе особо охраняемых природных территорий.



Рис. 4. Интерактивная карта озера Байкал, визит-центр «Байкал заповедный»

#### Литература

1. Представители СГТУ и ученики «Менделеевских классов» – участники экспедиции на Байкал [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.sstu.ru/news/predstaviteli-sgtu-i-ucheniki-mendeleevskikh-klassov-posetili-tsellyulozno-bumazhnyy-kombinat-na-bay.html?sphrase\\_id=760064](https://www.sstu.ru/news/predstaviteli-sgtu-i-ucheniki-mendeleevskikh-klassov-posetili-tsellyulozno-bumazhnyy-kombinat-na-bay.html?sphrase_id=760064) (дата обращения: 22.10.2021).

2. Менделеевская экологическая экспедиция состоится в сентябре [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/mendeleevskaya\\_ekologicheskaya\\_ekspeditsiya\\_sostoitsya\\_v\\_sentyabre/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/press/news/mendeleevskaya_ekologicheskaya_ekspeditsiya_sostoitsya_v_sentyabre/?special_version=Y) (дата обращения: 28.09.2021).

3. Аспирантка СГТУ Александра Глубокая рассказала об экологической экспедиции на Байкал [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.sstu.ru/news/aspirantka-sgtu-aleksandra-glubokaya-rasskazala-ob-ekologicheskoy-ekspeditsii-na-baykal.html?sphrase\\_id=760064](https://www.sstu.ru/news/aspirantka-sgtu-aleksandra-glubokaya-rasskazala-ob-ekologicheskoy-ekspeditsii-na-baykal.html?sphrase_id=760064) (дата обращения: 27.09.2021).

4. Гамова Н. С. Растения Байкальского заповедника: краткий полевой определитель. ООО «ПринтЛайн», 2017. 104 с.

5. Станция кольцевания птиц «Байкальская» [Электронный ресурс]. – URL: <https://baikalzapovednik.ru/bird> (дата обращения: 29.09.2021).

Д.И. Ефимова, О.Н. Торгашкова

ФГБОУ ВО Саратовский государственный национальный  
исследовательский университет имени Н.Г. Чернышевского

## СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ЗАПАСА СЕМЯН ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОСЕЛКА ШИХАНЫ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматриваются вопросы о почвенном запасе жизнеспособных семян в лесных сообществах района исследования, видовой и количественный состав семенных банков в почвах изученных лесных сообществ, структура запаса жизнеспособных семян.

Ключевые слова: Банк семян, покой семян, жизнеспособность, коэффициент Жаккара, прорастание.

Семенной банк является важным и обязательным компонентом популяций у большинства видов растений [1], служит своеобразным резервом ответных реакций сообществ на различные изменения условий внешней среды и антропогенные нарушения [2]. В связи с этим исследование почвенного банка семян является одним из перспективных подходов к оценке состояния растительного покрова, без изучения которого невозможно получить подробные данные о функционировании растительных сообществ [3].

Исследование качественного и количественного состава банка семян проводилось в лесных сообществах пгт. Шиханы Вольского района Саратовской области методом лабораторного проращивания [2]. Для определения видовой принадлежности использовали определители всходов растений. Геоботаническое изучение лесных фитоценозов проводилось на геоморфологических профилях, отражающих основное разнообразие фитоценозов каждого из изученных массивов по общепринятым методикам.

Лесные фитоценозы на карбонатных почвах приурочены к разному положению в рельефе и отличаются структурой.

В верхней части склона, на плакоре, расположен сосняк вейниковый. Формула насаждения 10 С., 3 Ос., ед. Кл. остр., Д. Средняя высота деревьев – 17-20 м, сомкнутость крон – 0,6. Кустарниковый ярус в сосняке вейниковом представлен *Chamaecytisus ruthenicus*, *Crataegus sanguinea*, единично встречается *Euonymus verrucosa*. Травяной покров богат видами. Общее проективное покрытие травяного яруса составляет 80 – 90 %. Данное лесное сообщество содержит небольшое число семян, часть из которых вегетирует в современном фитоценозе. Общая численность семян в почве исследованного сообщества составляет 3600 шт./м<sup>2</sup>, при богатом видовом составе – 34 вида. Максимальным числом семян в общем банке характеризуется *Stellaria holostea*, наименьшим – *Galium verum*.

Большинство из этих видов принадлежит к растениям, свойственным для открытых пространств (лугов, степей и др.). И фитоценоз, и почвенный банк семян содержат в своем составе различные виды растений, что отражается в коэффициенте Жаккара ( $K_j=0,10$ ).

Сосняк ландышевый расположен в средней части склона. Формула древостоя 10 С., ед. Д., Б. Средняя высота деревьев – 25-35 м, сомкнутость крон – 0,8. Основу кустарникового яруса сосняка ландышевого составляет *Euonymus verrucosa*. Травяной ярус богат видами. Общее проективное покрытие травяного яруса – 50-60 %. Данное лесное сообщество содержит в почве в покоем состоянии относительно большое число семян (5200 шт./м<sup>2</sup>) при видовом разнообразии 26 видов. Максимальным числом семян характеризуются *Stellaria holostea*, наименьшим – *Genista tinctoria*. Большинство семян относится к видам, свойственным открытым местообитаниям. И фитоценоз, и почвенный банк семян содержат в своем составе различные виды растений, что отражается в коэффициенте Жаккара ( $K_j=0,10$ ).

Сосняк мертвопокровный расположен на нижней части склона. Формула насаждения 10 С. Средняя высота деревьев – 10-15 м, сомкнутость крон – 0,4. Кустарниковый ярус отсутствует. Травяной ярус представлен немногочисленным количеством видов (9 видов). Жизнеспособные семена в этом сообществе не обнаружены.

Максимальным числом семян характеризуется сосняк ландышевый (5200 шт./м<sup>2</sup>), минимальным – сосняк вейниковый (3600 шт./м<sup>2</sup>). Сосняк ландышевый и сосняк вейниковый содержат небольшое число семян, часть из которых вегетирует в современном фитоценозе.

Особенности структуры семенного банка позволяют оценить способности сообществ к самоподдержанию и самовосстановлению. В травяном ярусе и почвенном банке семян изученных лесных фитоценозов зарегистрированы 54 вид растений, относящихся к 46 родам. В травяном ярусе сообществ преобладающими являются семейства *Labiatae* (6 видов), *Compositae* (5 видов), *Leguminosae (Fabaceae)* (5 видов). Остальные семейства представлены меньшим числом видов.

В почвенном банке зарегистрировано 7 видов растений, наиболее представлено семейство *Rubiaceae* (2 вида). Максимальным количеством видов характеризуются представители евро-азиатской географической группы. В спектре жизненных форм господствуют травянистые растения. Среди них преобладают длиннокорневищные, менее многочисленны стержнекорневищные. В семенном банке лесных ценозов возрастает доля ценопопуляций видов многолетников. Это служит одним из показателей слабой нарушенности фитоценозов, так как чем выше число ценопопуляций видов-эксплерентов, тем более антропогенно нарушен ценоз. Для изученных лесных фитоценозов можно отметить, что все растения являются многолетними.

В сообществах характерно высокое содержание семян силвантов, в незначительном количестве встречаются семена степантов и пратантов. По способу опыления все виды растений являются энтомофилами. В семенном банке наиболее представленными являются виды, имеющие плод - дробный, в равных количествах отмечены спора, боб, семянка, коробочка и орешек.

Функционирование банка семян, реализация его потенциальных возможностей, помимо факторов внешней среды, во многом определяется биологией семян и выражается в 3-х аспектах: в характере и длительности покоя семян, уровне и длительности сохранения жизнеспособности и особенностях прорастания.

В банке семян изученных фитоценозов семена с эндоспермом и без эндосперма распределены поровну.

Преобладающее большинство семян рассмотренных видов характеризуются наличием эндогенного неглубокого физиологического покоя (*Stellaria holostea*, *Thymus dubjanskyi*, *Centaurea marchalliana*, *Galium verum* и *Hyssopus cretaceum*), который может быть снят действием многих факторов, чаще всего – влиянием переменной температуры. Немногочисленны семена с экзогенным покоем (*Genista tinctoria*).

Биология семян во многом определяет состав банка семян и реализацию его потенциальных возможностей. Исследования банка семян в лесных фитоценозах позволили определить общие тенденции прорастания семян, наиболее многочисленных в почвенном запасе семян. Прорастание семян различных видов растений зависит в большей мере от их видовой специфичности относительно жизненной стратегии.

В исследованных фитоценозах в разные периоды проращивания был зарегистрирован различный качественный и количественный состав семян. Для каждого лесного фитоценоза содержание всхожих семян в почве лимитируется сочетанием ряда факторов (сухостью и карбонатностью) почвы, которые определяют их жизнеспособность и возможность прорастания.

Таким образом, специфика функционирования банка семян островных лесных сообществ, характеризующихся разным содержанием карбонатов в почве, определяется постоянным присутствием семян видов, характеризующихся неглубоким эндогенным покоем с разной локализацией запасных веществ при значительном преобладании семян с эндоспермом и сочетанием семян с быстрым (1-41 недели) и медленным (в течение всего сезона) прорастанием.

#### Литература

1. Марков, М. В. Популяционная биология растений / М. В. Марков. М. : КМК, 2012. 388 с.
2. Петров, В. В. Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР / В. В. Петров. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. 175 с.



3. Торгашкова, О. Н. Функциональная структура почвенных банков семян лесных фитоценозов Саратовского Правобережья / О. Н. Торгашкова // Биоразнообразие и охрана природы в Саратовской области: эколого-просветительская серия для населения. 2011. № 4. С. 214-228.

**А.С. Жутов<sup>1</sup>, М.И. Отраднава<sup>1</sup>, С.М. Рогачева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

<sup>2</sup>ЧУОООВО Саратовский Медицинский университет «РЕАВИЗ»

## **МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Проведен мониторинг загрязнения подземных вод на территории Саратовской области. Наибольший уровень минерального загрязнения отмечен в скважине, расположенной в Саратовский р-не, с. Клещевка. В период летне-осенней межени наблюдается снижение всех исследуемых показателей на 7-25 %. Определено, что наибольший уровень загрязнения наблюдается в подземных грунтовых водах Приволжско-Хоперского артезианского бассейна в источниках № 6 и №7 Саратовского района, которые можно отнести к категории грязных.

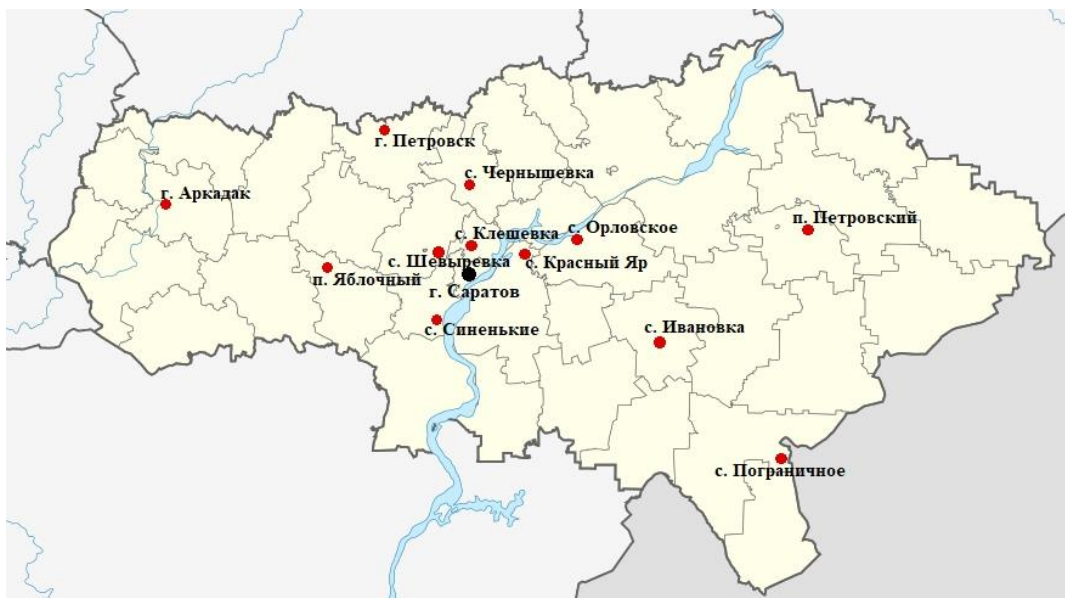
Ключевые слов: мониторинг, загрязнение, подземные воды, артезианский бассейн, физико-химические свойства.

Опасные промышленные объекты являются источником повышенного риска для техносферы и окружающей природной среды. Создание системы непрерывного мониторинга как за техническими показателями, так и за изменениями состояния природы, позволяет своевременно обнаружить и предотвратить неблагоприятные последствия. Вымывание осадками и осаждение загрязняющих веществ из атмосферного воздуха, размещение отходов на поверхности земли ведут к интенсивному загрязнению грунтовых вод, образующих водоносный горизонт на первом от поверхности водоупорном слое и имеющих неглубокое залегание. Мониторинг качества подземных вод должен осуществляться на обширных территориях, поскольку их загрязнение может проходить на достаточно удаленном расстоянии от места водопользования.

Целью данной работы явилось проведение мониторинга и оценка уровня загрязнения грунтовых вод на территории Саратовской области.

Саратовская область в гидрогеологическом аспекте относится к регионам со сложными условиями формирования подземных вод, поэтому наблюдения проводились за скважинами и колодцами, используемых в качестве источника питьевого водоснабжения в пределах трех разных артезианских бассейнов II порядка (рис.): Аркадакский р-н, г. Аркадак (объект 1), Петровский р-н, г. Петровск (объект 2), Новобурасский р-н,

с. Чернышевка (объект 3), Лысогорский р-н, п. Яблочный (объект 4), Татищевский р-н, д. Шевыревка (объект 5), Саратовский р-н, п. Синенькие (объект 6), Саратовский р-н, с. Клещевка (объект 7), Энгельсский р-н, с. Красный Яр (объект 8), Марксовский р-н, с. Орловское (объект 9), Федоровский р-н, с. Ивановка (объект 10), Краснопартизанский р-н, п. Петровский (объект 11), Новоузенский р-н, с. Пограничное (объект 12).



Места расположения анализируемых объектов

Исследования проводились апреле-мае 2020-2021 гг., когда наблюдался интенсивный поверхностный смыв, обусловленный таянием снега и обильными дождями и в сентябре-октябре 2019-2020 г. в период летне-осенней межени.

Оценивались следующие физико-химические показатели подземных вод: мутность, цветность, жёсткость, массовая концентрация сухого остатка, водородный показатель, содержание нитрат-, хлорид-, сульфат-ионов, перманганатная окисляемость. Все полученные значения сравнивались с допустимыми нормами для данной категории вод, указанными в санитарно-гигиенических стандартах.

На первом этапе нашей работы оценивались показатели, относящиеся к органолептической группе - мутность и цветность. В ходе определения мутности образцов воды было отмечено превышение допустимых значений на объекте №6 Приволжско-Хоперского артезианского бассейна (4,15 ПДК весной и 3,75 ПДК осенью) и образцах воды из скважин №8 (1,35 ПДК весной и осенью) и №9 (3 ПДК весной и осенью) Сыртовского бассейна. Во всех остальных пробах значения соответствуют нормативным. Отмечено, что значимые отличия между сезонами характерны только для объектов №4 и №6 Приволжско-Хоперского артезианского бассейна. Все остальные бассейны

характеризуются постоянным по времени значением мутности. В точках №№1-3, 5, 10 показатель мутности имеет значения 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. содержание неорганических и органических тонкодисперсных взвесей минимально.

По показателю цветности все исследуемые объекты удовлетворяют нормативным требованиям, согласно которым он не должен превышать 30 градусов по хром-кобальтовой шкале. Наибольшие значения цветности наблюдаются в скважинах № 4 Лысогорского района и № 8 Энгельсского района. Причем только в этих образцах наблюдаются изменения по сезонам. Так, в объекте №4 весной данный показатель составил 16,2 град., а осенью – 18,6 град. Аналогичные величины для скважины № 8 – 22 град. и 27 град. соответственно. Данный факт может косвенно свидетельствовать о том, что концентрации гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа в водоносных горизонтах не превышены.

Определение жесткости воды выявило превышения по данному показателю в точках 3, 5, 6, 7, 8 и 12. Скважина, расположенная в Петровском р-не, г. Петровск (объект 2) имеет пограничное значение, равное ПДК. Максимальные превышения наблюдаются в источниках, относящихся к Приволжско-Хоперскому бассейну: № 6 – 48 °Ж (4,8 ПДК) и № 7 – 50 °Ж (5,0 ПДК). Данный факт связан с наличием мощного слоя карбонатных осадочных пород (главным образом, известняка) в правобережных районах Саратовской области. По мере приближения к руслу р. Волга увеличивается мощность указанных пород. При прохождении через карбонаты в воде повышается содержание ионов кальция и, как следствие, повышается их жесткость. В период летне-осенней межени отмечается снижение жесткости воды в среднем на 10-20%, что связано с сокращением дебита.

Результаты определения сухого остатка показали, что наибольшее превышение (4,1 ПДК) наблюдается в скважине №7, расположенной в с. Клещевка Саратовского района. Несоблюдение нормативов ПДК наблюдается также в скважинах, расположенных на территории Петровского (объект №2) – 1,75 ПДК, Татищевского (объект №5) – 4,13 ПДК, Энгельсского (объект №8) – 1,67 ПДК, Новоузенского (объект №2) районов – 1,27 ПДК. В период летне-весенней межени также наблюдается уменьшение количества сухого остатка во всех скважинах (на 7-25 %).

Полученные результаты измерений водородного показателя показали, что значения рН для всех скважин, кроме объектов №6 и 10, находятся в рамках установленных нормативов для подземных вод в диапазоне от 6 до 9. В скважине № 6 рН в весенний период составил 5 ед., а в осенний – 4 ед. Для скважины №10 аналогичные показатели составили 5,5 ед. и 4,9 ед. соответственно. Данный факт может быть связан с протекающими микробиологическими процессами разложения веществ,

которые сопровождаются понижением рН. Данные воды могут быть охарактеризованы как умеренно кислые. Кроме того, период понижения притока вод наблюдается снижение уровня рН на 8-10 %. Данные значения являются самыми низкими для подземных вод. Присутствием гумусовых веществ и соединений алюминия в почве делает невозможным дальнейшее их закисление.

Так же нами проводились потенциометрическое определение содержания нитрат-ионов в исследуемых образцах. Их присутствие свидетельствует о значительном уровне органического загрязнения объекта в прошлом, поскольку протекание процессов биохимического окисления органического материала ведет к его минерализации с образованием нитритов, которые затем трансформируются в нитраты. Получено, что максимальный уровень их накопления наблюдается в образце №3, располагающийся в Новобураском р-не, с. Чернышевка и составляет 24,3 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальное значение NO<sup>3-</sup> зафиксировано в скважине №11 Краснопартизанского р-на, п. Петровский 0,71 мг/дм<sup>3</sup>. Согласно гигиеническим нормативам содержание нитрат-ионов в воде водных объектов хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования, а также подземных вод составляет 45 мг/л. Т.е. все скважины по данному показателю соответствуют требованиям.

На следующем этапе нашей работы проводилось измерение концентрации хлорид-анионов в исследуемых образцах. Происхождение хлоридов в воде чаще всего обусловлено природными источниками, однако может свидетельствовать и о неправильном ведении, например, мелиоративных мероприятий. Из полученных данных видно, что превышения наблюдаются в скважинах №5 (359 мг/дм<sup>3</sup>, 1,02 ПДК), №7 (960 мг/дм<sup>3</sup>, 2,74 ПДК) Приволжско-Хоперского и №12 (470 мг/дм<sup>3</sup>, 1,34 ПДК) Прикаспийского бассейнов. Все скважины Сыртовского водосбора соответствуют требованиям. В период осенней межени отмечается снижение содержания хлорид-ионов (на 7-35%).

Полученные результаты определения концентрации сульфат-ионов схожи с результатами определения жесткости (кроме скважины №3). Скважины с высоким содержанием SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> также приурочены к территориям с мощным слоем осадочных пород и связаны с процессом растворения известняка. Так, в 5 источниках из 12 наблюдаются превышения по содержанию сульфатов, а именно в точках 5, 6, 7, 8 и 12. Максимальные превышения наблюдаются в источниках, относящихся к Приволжско-Хоперскому бассейну: №6 – 2450 мг/дм<sup>3</sup> (4,9 ПДК) и №7 – 2500 мг/дм<sup>3</sup> (5,0 ПДК). В период летней осенней межени отмечается снижение содержания сульфат-ионов в подземных водах на 7-20%.

Далее нами проводилось определение показателя перманганатной окисляемости, позволяющем судить о загрязнении воды в целом. Согласно полученным результатам отмечается превышение допустимых норм в

скважинах №2 (2,25 ПДК) и №7 (1,8 ПДК) Приволжско-Хоперскому бассейну. В период весенне-осенней межени наблюдается уменьшение загрязнения на 7-24 %, что может быть связано со снижением притока минеральных и органических веществ в водоносный горизонт.

Таким образом, установлено, что для грунтовых вод Приволжско-Хоперского и Прикаспийского артезианских бассейнов характерны высокие концентрации ионов, обуславливающих жесткость воды, сухого остатка,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , а также высокие значения перманганатной окисляемости.

**Г.Т. Загитова**

Санкт-Петербургский государственный университет

## **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАЙКАЛЬСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

В статье приведен анализ содержания тяжёлых металлов в почвенном покрове на территории Байкальского государственного биосферного заповедника.

Ключевые слова: байкальский заповедник, тяжёлые металлы, байкальский регион, почвенный покров, экосистемы.

Озеро Байкал территориально расположено в южной части Восточной Сибири. Это одно из самых распространённых и посещаемых мест в России. Ежегодно на Байкал съезжаются тысячи туристов, из-за чего и возрастает антропогенная нагрузка на природные системы озера, которые, на данный момент, практически не поддаются контролю [1].

Экосистемы байкальского заповедника – это совокупность редких, эндемичных и уникальных видов растительности и животных. Однако серьёзное антропогенное влияние оказывает не только ежедневный, интенсивный туризм, а также промышленные предприятия, находящиеся недалеко от озера, автомагистраль.

Один из критериев оценки состояния природной территории – это эколого-химическая характеристика почв. Именно поэтому данная тема так актуальна на сегодняшний день, поскольку изучение подвижных форм тяжёлых металлов в почвенном покрове, их распределение и аккумуляция – одно из главных составляющих почвенного экологического мониторинга.

Целью работы является изучение эколого-геохимической характеристики почвенного покрова в Байкальском заповеднике.

Взятие проб почв и определение тяжёлых металлов (ТМ) проводили в августе 2020 года и в марте 2021 года соответственно.

Определение форм тяжёлых металлов в почвенных образцах проводилось в Ресурсном Образовательном Центре Института Химии на базе Санкт-Петербургского государственного университета эмиссионно-спектрометрическим методом на приборе ICPE-9000. Для работы было подготовлено и проанализировано 30 проб.

Эмиссионный спектральный анализ – физических метод определения химического состава вещества по атомным спектрам его излучения. Каждой спектральной линии соответствует вполне определённая энергия возбуждения, которая представляет собой потенциал возбуждения спектральной линии. Потенциал возбуждения характеризует чувствительность метода при обнаружении того или иного элемента по какой-либо линии его спектра. Энергия, необходимая для отрыва одного из внешних электронов нейтрального атома, называется первым ионизационным потенциалом атома элемента. Величина ионизационного потенциала для отрыва каждого последующего электрона [2].

Эмиссионный количественный спектральный анализ – метод относительный. Неизвестную концентрацию какого-либо элемента определяют, сравнивая интенсивность излучения этого элемента в анализируемой пробе с интенсивностью излучения его в эталоне при их возбуждении в источнике. Зависимость интенсивности излучения элемента не только от его концентрации, но и от его химического и минералогического состава пробы создает основные трудности при определении и требует сходства состава анализируемых проб и эталонов. Одним из приемов ослабления влияния состава пробы на результаты анализа является применение буферных смесей [2].

Для извлечения подвижных форм ТМ используются разнообразные химические соединения, обладающие неодинаковой экстрагирующей силой. Наиболее часто применяется ацетатно-аммонийный буфер (рН 4.8). Тем более что в настоящее время разработана система ПДК подвижных форм ТМ в почве, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером, поэтому для оценки экологического состояния ОС рекомендуется использовать именно этот экстрагент [2].

Таким образом, концентрации ТМ в проанализированных почвенных образцах содержатся в следующих диапазонах: Cd от 0,1 до 0,325 мг/кг, Co от 0,595 до 4,195 мг/кг, Cr от 0,835 до 12,95 мг/кг, Cu от 16 до 36,2 мг/кг, Fe от 245 до 5014 мг/кг, Mn от 8,18 до 384,4 мг/кг, Ni от 1,02 до 4,99 мг/кг, Pb от 1,72 до 28,7 мг/кг, V от 0,2 до 2,75 мг/кг, Zn от 1,23 до 108,5 мг/кг.

Значительное превышение ПДК Cu – в 12 раз (рис. 1.), Mn – в 3 раза (рис. 2.), Pb – в 1,2 раза (рис. 3.) говорит о близком расположении источников интенсивного антропогенного воздействия. В данном случае, источником является ЦБК, автомобильные дороги, ЛЭП.

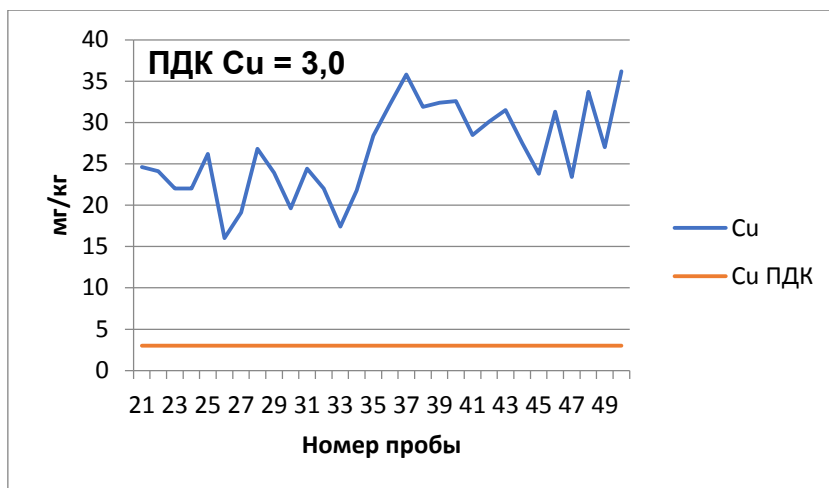


Рис. 1. Содержание Cu в пробах



Рис. 2. Содержание Mn в пробах

Также, повышенное содержание Cu (рис. 1.) свойственны основным и средним горным породам, а также почвам, богатым органикой. Превышение ПДК Zn (рис. 4.) говорит о близости источников интенсивного антропогенного воздействия. Превышение в отдельных пробах Cr свидетельствует об особенностях геологического строения данной территории.

Исходя из результатов физико-химического анализа подвижных форм ТМ в почвах Байкальского заповедника, можно сделать вывод о том, что значительное превышение ПДК Cu (в 12 раз), Mn (в 3 раза), Pb (в 1,2 раза) говорит о близком расположении источников интенсивного антропогенного воздействия. В данном случае, источником является ЦБК, автомобильные дороги, ЛЭП.

Превышение в отдельных пробах Cr свидетельствует об особенностях геологического строения данной территории.

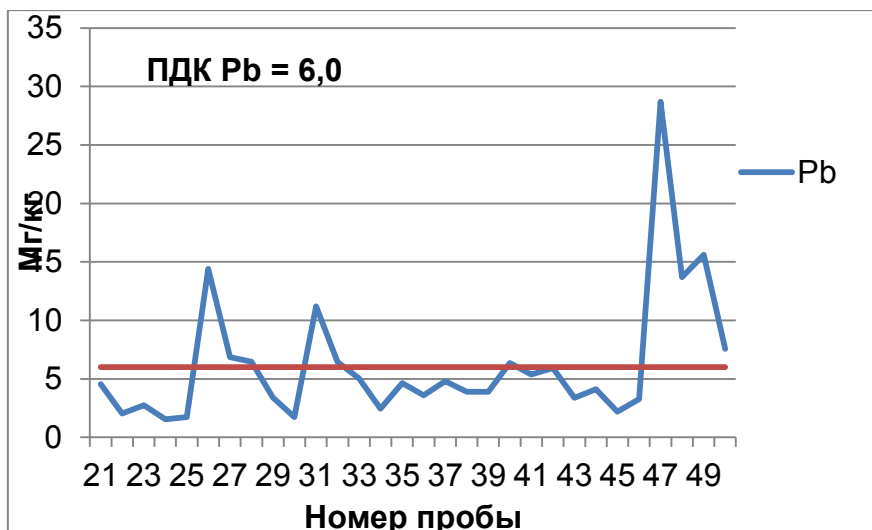


Рис. 3. Содержание Pb в пробах

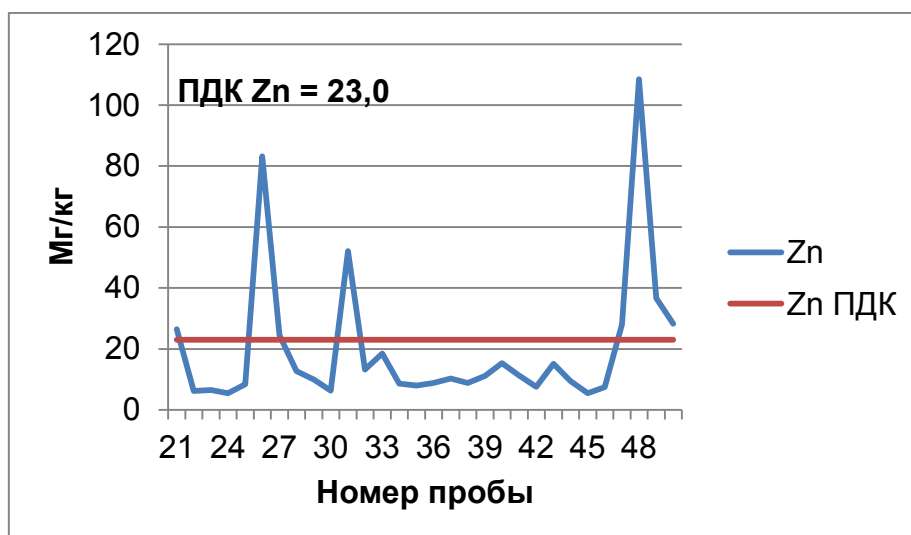


Рис. 4. Содержание Zn в пробах

На основе проведенных исследований можно порекомендовать осуществлять на территории Байкальского государственного биосферного заповедника мониторинг экологического состояния почв.

#### Литература

1. Вашукевич О.Ю. Оценка степени рекреационной дигрессии на территории экологической тропы байкальского биосферного заповедника // Антропогенная трансформация природной среды. 2012. №1. С. 96-100.
2. Методы физико-химического анализа почв и растения. Методические указания. / Авторы: Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю.-СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002.70 с.



Пермский государственный национальный исследовательский университет

**КАЧЕСТВО ВОДЫ МАЛЫХ РЕК г. ПЕРМИ  
(ПО МАТЕРИАЛАМ 2015-2018 ГГ.)**

Дана оценка качества воды рр. Мулянка, Данилиха, Егошиха и Ива, протекающих по территории г. Перми. Анализ дан по фоновому и устьевому створам. В основу положены материалы мониторинговых исследований химического состава воды, выполненных в 2015-2018 гг.

Ключевые слова: малая городская река, фоновый и устьевой створ, качество воды, индексы загрязнения.

Малые реки, протекающие по урбанизированной территории крупных городов, чаще всего представляют собой жалкое зрелище. Их воды, как правило, сильно загрязнены, замусорены и не являются важным элементом городской инфраструктуры. Изучение их ведется хаотично и без достаточной детализации.

Все малые реки г. Перми испытывают сильнейшее антропогенное воздействие. Это загрязнение их вод промышленными, хозяйственно-бытовыми и ливневыми стоками, строительство дамб, разработка карьеров, сооружение коллекторов, загрязнение берегов мусором и т.д. В результате экосистемы рек претерпели значительные изменения, особенно р. Данилиха, которая полностью утратила рыбное население. В связи с вышесказанным, целью работы явилась оценка качества воды малых рек г. Перми в современный период (2015-2018 гг.) Такая оценка необходима для характеристики эффекта проводимых природоохранных мероприятий, как в самих водных объектах, так и на их водосборах, расположенных на урбанизированных территориях.

Мониторинговые наблюдения за качеством воды малых рек города с 2009 г. Управлением по экологии и природопользованию администрации города Перми возложено на ОАО «МНИИЭКО ТЭК». Целью выполнения работ является комплексная оценка состояния загрязнения малых рек г. Перми, неохваченных государственной сетью наблюдений, и их вклада в загрязнение р. Кама. Створы наблюдений на реках, расположенных в зоне влияния предприятий г. Перми, установлены в соответствии с общепринятыми принципами: 1-ый – расположенный близко к истоку (условно фоновый створ); 2-ой – в устьевом участке малых рек. В пробах воды определялись 19 основных загрязняющих компонентов: растворенный кислород, азот аммония, азот нитратов, азот нитритов, хлориды, сульфаты, железо (общее), медь, цинк, нефтепродукты, ХПК, БПК<sub>5</sub>, СПАВ, сухой остаток, фосфаты, марганец, рН, алюминий и стронций. Оценка гидрохимического режима малых рек города,

выполненная в 2009-2010 гг., охватывает все фазы водного режима водотоков. Такое мониторинговое исследование на малых реках города было проведено впервые.

Устойчивое превышение ПДК во всех малых реках зарегистрировано по стронцию и в некоторых контрольных точках по алюминию. За весь период наблюдения за состоянием малых рек не выявлено превышения ПДК по водородному показателю (рН). Во всех контрольных точках на малых реках зарегистрировано превышение ПДК по следующим компонентам: медь, марганец, стронций.

Материалы обследования малых городских рек в период 2015-2018 гг. свидетельствуют о том, что экологическая ситуация на самих водотоках и их водосборах остается сложной. В фоновом створе р. **Ивы** в отмеченный период индекс УКИЗВ изменялся от 2,56 до 3,71. При этом наблюдалась тенденция его снижения к концу периода, что свидетельствует о некотором снижении техногенной нагрузки. Класс качества воды перешел из 4 «А» (грязная) в 3 «А» (загрязненная). Совершенно иная картина наблюдалась в устьевом створе реки. Здесь индекс УКИЗВ изменялся от 4,48 до 6,90. При этом наблюдалась тенденция ухудшения качества воды к концу рассматриваемого периода. Вода из категории грязной перешла в категорию экстремально грязной. Таким образом, при протекании по городской территории качество воды реки существенно ухудшилось. Сравнивая два исследуемых периода можно констатировать, что ситуация с качеством воды осталась прежней и весьма тревожной. На всем протяжении реки наблюдается устойчивое загрязнение по таким компонентам как марганец, медь, железо и особенно по нефтепродуктам (30-50 ПДК).

Обследование р. **Егошиха** показало, что ситуация с качеством воды является весьма сложной. Индекс УКИЗВ в этот период в устьевом створе изменялся от 5,05 до 6,13, то есть был достаточно стабильным. Вода в этот период оценивалась как грязная (4 «Б») и очень грязная (4 «Г»). Сравнивая качество воды в фоновом и устьевом створах, следует отметить, что протекая по урбанизированной территории города, река по-прежнему сильно загрязняется. В многолетнем аспекте можно считать, что ситуация не улучшается. По-прежнему наблюдаются существенные превышения предельно-допустимых концентраций по марганцу (30-50 ПДК), общему железу и др.

Анализ материалов 2015-2018 гг. свидетельствует, что ситуация с качеством воды в р. **Данилиха** не лучше, чем в выше рассмотренных водных объектах. Так, индексы загрязнения УКИЗВ изменялись в этот период от 5,55 до 5,84, то есть они были достаточно стабильными и весьма высокими. Воды характеризовались как грязные (4 «Б») и очень грязные (4 «В»). Река по-прежнему характеризуется самыми высокими фоновыми величинами индексов загрязнения (от 5,58 до 7,14). На всем протяжении

реки отмечается устойчивое ее загрязнение по марганцу (более 50 ПДК), меди, цинку, фосфатам, нефтепродуктам, общему железу. При протекании по городской территории воды реки не ухудшают свое состояние по сравнению с фоновым створом (там вода оценивается как экстремально грязная).

Вода р. **Мулянки** на устьевом участке имела в рассматриваемый период индексы загрязнения УКИЗВ в устьевом створе довольно значительные. Они изменялись от 3,92 до 4,58, что является самым низким показателем загрязненности вод малых рек города. При этом отмечается тенденция некоторого их снижения в многолетнем аспекте. Несмотря на то, что экологическая ситуация в реке наиболее благоприятная среди других исследуемых водотоков, в ее водах по-прежнему отмечаются превышение ПДК по содержанию марганца, нефтепродуктов, общего железа, азота нитратов.

#### **Выводы:**

1) По материалам 2015-2018 гг. ситуация с качеством воды малых рек г. Перми остается весьма сложной. Малые водные объекты города по-прежнему подвергаются сильнейшему техногенному воздействию. При этом прямого воздействия на них промышленных предприятий не происходит. Наблюдается постоянный смыв загрязнений с промышленных площадок во время снеготаяния и выпадения сильных дождей.

2) Сравнительный анализ качества воды в начальный период наблюдений (2008-2010 гг.) [1,2] и в настоящее время показывает, что принципиальных изменений с качеством воды (в лучшую сторону) пока не наблюдается. Объясняется это тем фактом, что на протяжении нескольких десятилетий происходило сильное загрязнение почвогрунтов в непосредственной близости от исследуемых водных объектов.

3) Ежегодно проводимые экологические мероприятия существенно изменили в лучшую сторону территорию вдоль городских рек.

4) Все малые водные объекты города находятся на постоянном контроле Управления по экологии и природопользованию г. Перми.

#### Литература

1. Китаев А.Б. Качество воды малых рек города Перми в современных условиях // Современные наукоемкие технологии. М.: Академия естествознания, 2010. № 10. С.215-217.

2. Китаев А.Б. Оценка степени загрязненности воды малых рек города Перми (по материалам 2008-2010 гг.) // Успехи современного естествознания. М.: Академия естествознания, 2011. № 6. С.57-59.

**А. С. Коробейникова<sup>1</sup>, Ю. И. Мурзина<sup>1</sup>, Е. В. Глинская<sup>1</sup>, О. В. Нечаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

### **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ ПОЧВЫ С ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНА (с. КОЛОНТАЕВО, МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

В работе представлены результаты исследований по обнаружению индикаторных, гетеротрофных и нефтеокисляющих микроорганизмов в почве на территории полигона (с. Колонтаево, Московская область). Показано, что в почве присутствуют гетеротрофные, аммонифицирующие, азотфиксирующие, нитрифицирующие, денитрифицирующие микроорганизмы, а также бактерии, способные к окислению углеводов нефти.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, индикаторные микроорганизмы, аммонификаторы, нитрификаторы, денитрификаторы, азотфиксаторы, гетеротрофные микроорганизмы.

Возрастающая антропогенная нагрузка на экосистемы приводит к качественным и количественным изменениям показателей плодородия почв. В связи с этим все большее внимание уделяется изучению динамических характеристик почвы: содержанию доступных элементов питания растений, ферментативной и микробной активностям. Многочисленными исследованиями доказано, что состав и численность почвенной биоты может служить информативным индикатором экологического состояния биоценозов [1].

Отражением антропогенного воздействия служат морфологические изменения микробных популяций, кинетика их роста и развития, структурные преобразования микробных сообществ, биохимическая активность. Микробные реакции на воздействие антропогенного фактора проявляются быстро, достаточно отчетливо, что позволяет в короткие сроки выявить наиболее ранимые экологические зоны, прогнозировать их состояние при сохранении или устранении антропогенного воздействия [2, 3].

Биоиндикация – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по некоторому индикаторному показателю биоты в природных условиях [4]. В качестве почвенных биоиндикаторов выступают различные группы микроорганизмов: аммонификаторы, азотфиксаторы, нитрификаторы, денитрификаторы, нефтедеструкторы.

Целью исследования было выделение различных физиологических групп почвенных микроорганизмов на территории полигона, расположенного в с. Колонтаево (Московская область).

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

Отбор проб почвы проводился на территории полигона (Московская область, с. Колонтаево). Образцы отбирали в стерильные контейнеры и доставляли в лабораторию в течение суток.

Для выделения почвенных гетеротрофных и индикаторных бактерий использовали метод последовательных разведений и поверхностного посева на плотные питательные среды [5]. По 0,1 мл почвенной суспензии высевали на питательные среды: ГРМ-агар (Россия, Оболенск), агаризованные пептонную среду и среду Виноградского, среду Эшби, ГРМ-агар с добавлением 0,1%  $KNO_3$ , а также среду М9, в которой единственным источником углерода являлись углеводороды нефти. Посевы инкубировали в термостате при температуре +28 °С в течение 1-3 суток, чашки Петри со средой ГРМ-агар + 0,1%  $KNO_3$  инкубировали в микроаэрофильных условиях в течение 3 суток. По истечению инкубационного периода осуществляли количественный учет микроорганизмов. Идентификацию микроорганизмов осуществляли на основании изучения фенотипических свойств по определителю бактерий Берджи.

Результаты показали, что в образце почвы присутствуют гетеротрофные бактерии, численность которых достигала  $10^9$  КОЕ/г почвы. Количество микроорганизмов, способных к аммонификации и выделенных на пептонной среде, превышало  $10^9$  КОЕ/г почвы. На среде Эшби были изолированы микроорганизмы-азотфиксаторы численностью более  $10^6$  КОЕ/г почвы. Количество бактерий-нитрификаторов, обнаруженных на агаризованной среде Виноградского, превышало  $10^4$  КОЕ/г почвы. После инкубации в эксикаторе на среде ГРМ-агар с добавлением 0,1%  $KNO_3$  были выделены бактерии-денитрификаторы в количестве  $10^6$  КОЕ/г почвы. Также из образцов почвы были изолированы бактерии, способные расти на минеральной среде М9 с добавлением нефти. Численность указанной группы достигала  $10^6$  КОЕ/г почвы (таблица).

Среди выделенных штаммов гетеротрофных бактерий доминировали грамположительные спорообразующие бактерии рода *Bacillus*: *B. pseudomycoides*, *B. simplex*, *B. niacini*, *B. circulans*, *B. fastidiosus*.

При оценке микробной обсемененности нефтезагрязненных почв на территории полигона, расположенного в с. Колонтаево были выделены различные группы индикаторных микроорганизмов, показывающих экологическое состояние почвы, такие как аммонификаторы, азотфиксаторы, нитрификаторы, денитрификаторы, нефтеструкторы.

Количественные показатели физиологических групп микроорганизмов  
( $M \pm m, p \leq 0,05$ )

| Питательная среда                | Группы микроорганизмов | Численность,<br>Lg КОЕ |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| ГРМ-агар                         | Гетеротрофы            | 9,9±2,1                |
| Пептонный агар                   | Аммонификаторы         | 9,0±1,9                |
| Эшби                             | Азотфиксаторы          | 6,3±1,2                |
| Виноградского-агар               | Нитрификаторы          | 5,4±1,5                |
| ГРМ-агар + 0,1% KNO <sub>3</sub> | Денитрификаторы        | 7,0±1,3                |
| М9                               | Нефтедеструкторы       | 6,7±1,1                |

Таким образом, можно сделать вывод, что видовой состав и численность микроорганизмов являются достаточно информативными показателями для оценки состояния почвенного покрова антропогенно нарушенных территорий. Присутствие индикаторных групп микроорганизмов свидетельствует о процессах самоочищения почв.

#### Литература

1. Гамзаева, Р. С. Применение биодеструктора Бак-Верад на дерново-подзолистой почве, загрязненной нефтепродуктами / Р. С. Гамзаева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 38 – 45.
2. Оказова, З.П. Биоиндикация как метод исследования экологических систем / З.П. Оказова, О.Э. Кадзаева, З.Б. Цуциева // Наука и образование в жизни современного общества. 2015. С. 29-30.
3. Плеханова, А. В. Эколого-экономическое обоснование рекультивации нефтезагрязненных почв биотехнологическим методом / А. В. Плеханова, Е. Г. Холкин // Актуальные вопросы энергетики. 2021. Т. 3. , № 1. С. 89 – 93.
4. Соколов, С. Н. Влияние биопрепаратов на снижение остаточной концентрации углеводов нефти в почве / С. Н. Соколов, И. Р. Хадаев // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 06. С. 130 – 136.
5. Мурзина, Ю. И. Бактерии-деструкторы нефти из почвы вблизи железнодорожных станций на территории г. Саратова / Ю. И. Мурзина, А. С. Коробейникова, Д. Л. Басалаева, Е. В. Глинская, О. В. Нечаева // Экологический мониторинг. Методы и подходы. Материалы Международной сателлитной конференции «Экологический мониторинг: методы и подходы» и XX Международного симпозиума «Сложные системы в экстремальных условиях». Красноярск, 20-24 сентября 2021 г. Красноярск: СФУ, 2021. С. 150-152.

**Ю.Г. Матвеева<sup>1</sup>, А.А. Беляченко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ И ПУТИ РЕШЕНИЯ РАЗЛИВА КИСЛОГУДРОННЫХ ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОПНМЗ ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

Данная работа посвящена оценке риска разлива и поиску технологий утилизации кислородных прудов-накопителей на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева. Проведен анализ возможных причин, факторов и сценариев развития аварий на ограждающей дамбе. В ходе расчета вероятных зон затопления были расчеты образования прорана в теле дамбы, параметров потока в сечении у подошвы дамбы и по трассе растекания. Вероятные зоны затопления были картографированы с учетом рельефа местности. В результате исследования был оценен приблизительный экономический ущерб от попадания кислородных отходов в реку Печегда и предложена современная энергоэффективная технология утилизации.

На территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева в г. Ярославле ориентировочный объем складироваемых кислых гудронов составляет около 200 тыс. тонн. Большинство сернокислых гудронов складированы в земляных котлованах, обнесенные грунтовыми плотинами, которые были спроектированы в 1930 годах и постепенно утрачивают свои конструктивные функции, вследствие чего возможны риски разливов прудов-накопителей [1].

Опасность кислых гудронов обусловлена химическим составом, который включает смолистые вещества, продукты полимеризации ненасыщенных углеводов, широкий спектр сульфосоединений, таких как серная и сульфоновые кислоты, кислые и средние эфиры серной кислоты.

В связи с этим, необходимо экологическое прогнозирование сложившейся ситуации на территории ОПНМЗ Д.И.Менделеева и выбор оптимальной схемы рециклинга серосодержащих отходов рафинирования нефтепродуктов.

Объекты накопления отходов расположены на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева в г. Ярославле в водоохраной зоне Волги на пойменной правобережной террасе ее притока – реки Печегды и отделены ограждающими земляными дамбами, высотой 8 метров. Суммарная площадь территории, выделенной под хранение жидких отходов составляет около 28 га.

В результате разлива, токсиканты, входящие в состав кислых гудронов, минуя земляную дамбу, попадут в экосистемы. Данный процесс

вызовет существенные изменения физико-химических условий, определяющих кислотно-основные и катионно-обменные свойства почв. Влияние нефтепродуктов выражается в изменении характеристик донных сообществ, происходит нарушение деятельности нервной, пищеварительной, дыхательной систем у животных, нарушается фотосинтез у растений.

Вероятность риска аварий при сочетании различных событий, способствующие данной аварии, определялась с помощью международного сборника «Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска» под редакцией д.т.н., профессор, академик РЭА А.И. Попова [2].

Риск аварий на хранилищах производственных отходов для каждого из рассмотренных сценариев определялся по формуле:

$$R = Q_{\text{эп}}(\Delta t)(1)$$

Результаты показали, что наиболее высокий риск развития аварий на гидротехническом сооружении наблюдается при сочетании экстремальных ливневых осадков, влекущие к дополнительному оползневому разрешению склонов пруда-накопителя и смыву кислородных отходов

Риск аварий на хранилищах производственных отходов

| Наименование сценария      | Рискаварий 1/год |
|----------------------------|------------------|
| Сценарий «А <sub>1</sub> » | 9,9351E-6        |
| Сценарий «А <sub>2</sub> » | 9,7141E-5        |

Расчет вероятных зон затопления жидкими производственными отходами вследствие разрушения ограждающей дамбы пруда-накопителя выполнен по методике Госгортехнадзора России РД 09-391-00 [3].

Расчетные параметры представлены техническими характеристиками грунтовой ограждающей дамбы из технического паспорта гидротехнического сооружения на ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева г. Ярославль.

Методом итераций в Microsoft Excel 2017 были проведены: расчеты образования прорана, расчеты параметров потока в сечении у подошвы откоса дамбы, расчеты максимальных параметров потока по трассе растекания.

По результатам итерационных расчетов построили зоны затопления при разрушении ограждающей дамбы пруда-накопителя вследствие реализации выделенных групп сценариев (Рисунок).





Зона затопления при аварийном разрушении дамбы пруда-накопителя

Основываясь на картографических данных, можно предположить, что разливающийся поток будет нисходить в северо-западном направлении. Расчетные данные свидетельствуют о равномерном потоке, который определяется пологим рельефом местности и небольшим расстоянием исследуемого участка трассы.

Последний створ № 11 характеризует поток, непосредственно впадающий в реку Печегда. Скорость потока уменьшилась в 16 раз сравнительно с начальным створом и составила 0,37 км/ч. Глубина потока спадет с 40 см в створе №1 до 10 см на рассматриваемом участке. Время добегания тока до анализируемого створа равно 15 минутам.

Расчет экологического ущерба проводился в соответствии с методикой утверждённой приказом Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства", с изменениями и дополнениями от 31 января 2014 г. и 26 августа 2015 г. [4].

В случаях загрязнения в результате аварий водных объектов органическими и неорганическими веществами, пестицидами и нефтепродуктами, исключая их поступление в составе сточных вод и (или) дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод, исчисление размера вреда производилось по формуле:

$$У = K_{вг} * K_{в} * K_{ин} * K_{дп} * \sum_{i=1}^n H_i(2)$$

На основании экологического ущерба от загрязнения нефтепродуктами и сульфатами, входящих в состав кислых гудронов был рассчитан общий экологический ущерб от разлива кислородных прудов-накопителей:

$$\begin{aligned}
 Y_{(\text{НП})} &= 1,05 * 1,41 * 1,08 * 5 * 670\,000 = 5\,356\,449 \text{ рублей /год.} \\
 Y_{(\text{сульфаты})} &= 1,05 * 1,41 * 1,08 * 5 * 5\,000 = 39\,973,5 \text{ рублей /год.} \\
 Y_{(\text{общий})} &= 5\,356\,449 + 39\,973,5 = 5\,396\,422,5 \text{ рублей /год.}
 \end{aligned}$$

По результатам расчета можно сделать вывод, что размер экологического ущерба от аварийного разлива кислородсодержащих отходов в р. Печегда составит 5 396 422,5 рублей /год.

В связи со сложившейся ситуацией, остро стоит вопрос утилизации накопленных и первично произведённых кислородсодержащих отходов.

Установка термической деструкции (УТД) производства IPES — это эффективный и экономически выгодный способ переработки отходов. Данная установка позволяет перерабатывать не только кислые гудроны первичной выработки, но и прудовые кислородсодержащие отходы. Универсальность технологического комплекса позволяет осуществлять непрерывный цикл переработки нефтесодержащих отходов независимо от их состава, степени неоднородности и многокомпонентности. Ключевым фактором использования данной технологии является отсутствие подготовительного этапа при загрузке сырья, что существенно повышает ее производительность и эффективность.

В результате переработки сырья получается котельное топливо, используемое либо по прямому назначению, либо для получения бензина и дизельного топлива. Выделившийся пиролизный газ используется для работы самой установки, а выработанное в процессе деструкции тепло направляется на обогрев производственных помещений. Основным отходом — сухой минеральный остаток используется для выпуска продукции «технический грунт», который при соблюдении всех требований может применяться для обустройства дорожных откосов, рекультивации. Все остальные отходы отнесены к IV–V классам опасности и не представляют угрозы для окружающей среды [5].

В результате работы отмечено, что риск переполнения кислородсодержащих прудов на территории ОНМПЗ им. Менделеева Д.И. действительно существует. С наибольшей вероятностью поток разольется в реку Печегда, которая находится в непосредственной близости от складированных отходов. Попадание рассматриваемого отхода в водоем, повлечет за собой экологическую катастрофу федерального масштаба.

Активное внедрение установки УТД-2-800 (3000) может обуславливаться полным, автоматизированным и непрерывным циклом переработки отходов вплоть до полной ликвидации объектов накопленного вреда, энергетической экономичностью, так как топливо, на котором они эксплуатируются, вырабатывается в процессе деструкции и оказывает минимальное воздействие на окружающую среду в силу изолированности от внешней среды.

Использование данной технологии при ликвидации кислородных прудов на территории ОПНМЗ им. Д.И. Менделеева позволит снизить риски и устранить угрозу разлива кислородных отходов.

#### Литература

1. Гудронные пруды под Ярославлем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2017/03/14/reg-cfo/gudronnye-prudy-pod-iaroslavlem-stalihronicheskoi-chs.html>–21.10.2021.
2. А.И. Попов, А.М. Козлитин., Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска // Нефтехимия. 2005 Т. 50. № 3. С. 247–251.
3. РД 09-391-00. Методика расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий. Серия 09. Вып. 4. М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. 68 с.
4. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: приказ от 13 апреля 2009 года N 87: [ред. от 26.08.2015 г.]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_88197/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88197/)– 10.09.2021.
5. Установка термической деструкции Установка термической деструкции УТД-2-800 (2000) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipec.ru/equipments/ustanovka-termicheskoi-destrukcii-utd-2-2000>– 10.10.2021

**А.М. Опарина<sup>1</sup>, О.С. Опарина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., <sup>2</sup>Саратовский филиал ИПЭЭ РАН

### **ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СКОРЛУПЫ ЯИЦ ДРОФЫ (*OTISTARDA*) И ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СООТНОШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАЗВИТИЕ ВЫЛУПИВШИХСЯ ИЗ НИХ ПТЕНЦОВ**

Получены результаты по полуколичественному (процентному) элементному составу 84 образцов скорлупы яиц дрофы, взятых на территории саратовского Заволжья, а также определено количественное содержание химических элементов в 24 образцах. Проанализировано влияние количественного соотношения некоторых химических элементов на развитие птенцов. Скорлупа яиц не является индикатором отклонения в развитии птенцов.

Ключевые слова: Большая дрофа, редкий вид, Заволжье, скорлупа яиц, биоиндикация.

За последние два десятилетия произошло существенное снижение численности дрофы в саратовском Заволжье, где находятся основные гнездовые местообитания этого редкого вида [1]. Одной из многих причин

этого явления могут быть химические загрязнения среды обитания птиц, происходящие в процессе сельскохозяйственного производства, в том числе применения пестицидов.

В 2018 году в рамках длительных мониторинговых исследований численности заволжской популяции дрофы были впервые получены результаты химического элементного состава скорлупы яиц, найденной на обследуемой территории. Актуальность работы обусловлена труднодоступностью получения материала для анализа, так как данный вид занесен в Красную книгу, по этой же причине недостаточно имеющихся данных о физиологических характеристиках особей этой популяции. Изучение химического состава скорлупы яиц, а также продуманная интерпретация результатов, необходима, в том числе для установления факторов, влияющих на снижение численности дрофы, так как это является основой для разработки методов сохранения и восстановления восточно-европейской популяции вида.

В 1998 г. Tian Xiuhua et al. [2] опубликовали результаты химического анализа состава скорлупы яиц и пера дрофы, а также данные об исследовании ультрамикроструктуры яичной скорлупы. Полученные ими результаты показали, что структура яичной скорлупы имеет видоспецифичные признаки помимо общей для птиц структуры. Такого рода наблюдения, по мнению авторов, позволят получить информацию для изучения физиологии инкубации вида, что, в свою очередь, является важным фактором для успешного размножения.

В нашей работе мы применили микро-рентгенофлюоресцентный анализ на спектрометре M4 Tornado (Bruker AXS, Германия), получив результаты по полуколичественному (процентному) элементному составу 84 образцов скорлупы яиц дрофы, а также определили количественное содержание химических элементов в 24 образцах, используя для этого спектрометр S2 PICOFOX (производитель Bruker AXS, Германия). Данное исследование проведено на базе Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН в лаборатории экологического мониторинга регионов АЭС и биоиндикации.

Полуколичественный анализ скорлупы яиц показал, что исследуемые образцы имеют различия в процентном соотношении химических элементов. Содержание Ca в среднем составило 95 %, Al – 1 %, Si – 1 %, P – 1 %, Mg – 1 %, S – 0,1 %, K – 0,1 %, Pb – 0,1 %, Fe – 0,1 %, Sr – 0,1%. Менее 0,1 % составляют Co, Ti, Zn, Ba, Ni, Mn, Cu, As, Cr, Hg и W. В свою очередь As, Pb, Hg, Ni могут оказывать токсическое действие; а Cr, Cu, Zn, Se, Sr имеют важное значение в малых концентрациях, но токсичны на более высоких уровнях [3].

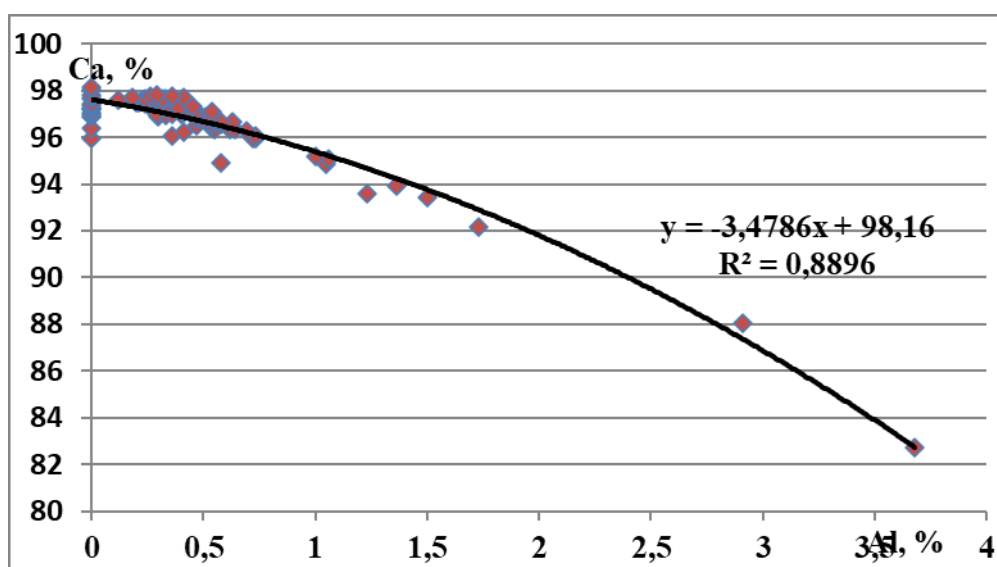
Максимальное значение доли ртути в скорлупе составило 0,6 %, свинца – 0,5 %, мышьяка – 0,3 %. Токсичные элементы найдены в 24 % всех проб. Минимальное количество элементов, содержащихся в одной

пробе, равно 7 (2,4 % всех проб), максимальное количество – 16 (3,6 % всех проб). Содержание Са в скорлупе варьировало – от 82 % до 98 %. Анализируя элементный состав скорлупы яиц дрофы, мы обнаружили высокое процентное содержание Al – до 7 % от общей массы в некоторых пробах. При этом среднее содержание Al в скорлупе яиц дрофы варьировало от 0,1 % до 3,7 % от общей массы. Также зафиксировано высокое процентное содержание Si – до 23,9 % от общей массы, при том, что среднее его значение составило – 1,03% от общей массы.

Количественное определение содержания химических элементов в скорлупе яиц дрофы позволило выявить высокие концентрации S (до 12,58 мг/г), Mg (до 4,17 мг/г), P (до 1,68 мг/г), Cl (до 1,55мг/г), K (0,93 мг/г). Концентрация Са в скорлупе составила в среднем 375,77 мг/г воздушно-сухой массы. Максимальная концентрация таких элементов, как As, Pb, Hg, Ni, которые могут оказаться потенциально опасными для развития эмбриона составила соответственно 0,07 мкг/г, 4,03 мкг/г, 0,82 мкг/г, 035 мкг/г.

По результатам исследования химического состава скорлупы яиц мы предприняли попытку выявить зависимость между содержанием токсичных элементов в скорлупе и развитием эмбрионов. На данный момент такую зависимость выявить не удалось. Таким образом, мы не можем однозначно сказать, какие элементы и в каких концентрациях могли оказать негативное влияние на эмбриональное развитие и появление птенцов с патологиями.

Однако между содержанием в скорлупе яиц Al и Са установлена тесная обратная корреляционная зависимость. Эта закономерность представлена на точечной диаграмме (рисунок), где линия тренда отражает эту зависимость. Она показывает, что с увеличением содержания Al в скорлупе содержание Са уменьшается. В свою очередь, низкое содержание Са в скорлупе может привести к снижению ее качества.



Корреляционная зависимость содержания Ca и Al в скорлупе яиц дрофы

Аналогичная зависимость выявлена между содержанием в скорлупе Si и Ca. Между содержанием в скорлупе яиц Si и Ca также установлена тесная обратная корреляционная зависимость ( $r = -0,96$ ). Она показывает, что с увеличением содержания Si в скорлупе содержание Ca уменьшается.

Часть птенцов, вылупившиеся из яиц, собранных из гибнущих кладок, скорлупа которых была отобрана для химического анализа, имели выраженные нарушения костной системы. В связи с этим мы проанализировали элементный состав скорлупы яиц здоровых птенцов и птенцов с патологиями.

При нормальном развитии птенцов содержание в скорлупе яиц ряда элементов составляло: Ca =  $95,27\% \pm 3,08$ ; Ni =  $0,016\% \pm 0,009$ ; S =  $0,22\% \pm 0,006$ ; Sr =  $0,27\% \pm 0,04$ ; Si =  $0,84\% \pm 0,21$ ;

При развитии птенцов с патологиями, содержание S =  $0,29\% \pm 0,09$  и Ni =  $0,022\% \pm 0,009$  было больше, а Sr =  $0,22\% \pm 0,02$  меньше, чем в скорлупе яиц нормально развивающихся птенцов. По содержанию Ca в скорлупе не выявлено различий между здоровыми птенцами и особями с патологией.

Поскольку на 5%-ном уровне диапазоны этих показателей частично перекрываются, говорить о существенном или значимом различии нельзя. Однако мы можем отметить некоторую тенденцию, которая может подтвердиться при увеличении количества наблюдений.

Исследование накопления тяжелых металлов в содержимом яйца позволяет, установив уровень концентраций, прогнозировать их воздействие на репродуктивный потенциал популяции. Однако более щадящим методом, используемым в биоиндикации, является изучение накопления металлов и металлоидов в скорлупе яиц [4], это особенно актуально для дрофы, так как она относится к видам, находящимся под угрозой исчезновения, классифицируемым как «уязвимый» по современному критерию ("vulnerable species") [5, 6] и изъятие ее яиц из природы строго регламентировано.

Проанализировав результаты нашего исследования, можно сделать вывод о том, что скорлупа яиц не является индикатором отклонения в развитии птенцов, поскольку наличие тяжелых металлов или других токсичных элементов было отмечено в скорлупе яиц, из которых вылупились как здоровые птенцы, так и с патологиями, например, ломкость костей.

#### Литература

1. Oparina O. S., Kondratenkov I. A., Oparin M. L., Mamaev A. B., Trofimova L. S. Abundance Dynamics of the Trans-Volga Great Bustard (Otididae, Aves) Population // Biology Bulletin. 2016. Vol. 43, N. 10. P. 1428-1433.

2. Xiuhua, T., Jinjun, W., Guangyin, Z. et al. Observation on ultra-micro structure of eggshell and analysis of composition of eggshell and feather in great bustard // Journal of Forestry Research. 1998. Vol.9. N.2. P. 87–90.

3. Ruuskanen S., Laaksonen T., Morales J., Moreno J., Mateo R., Belskii E., Bushuev A., Järvinen A., Kerimov A., Krams I., Morosinotto C., Mänd R., Orell M., Qvarnström A., Slater F., Tilgar V., Visser M.E., Winkel W., Zang H., Eeva T. Large-scale geographical variation in eggshell metal and calcium content in a passerine bird (*Ficedulahypoleuca*) // Environmental Science and Pollution Research. 2014. Vol. 21. N. 5. P. 3304–3317.

4. Лебедева Н.В. Экоотоксикология и биогеохимия географических популяций птиц М.: Наука, 1999. 199 с.

5. BirdLife International, 2000.

6. Collar N.J., Crosby M.J., Stattersfield A.J. Birds to Watch 2: the World List of Threatened birds. Conservation Series. Cambridge, U.K. 1994. N.4. P. 245–251.

### **Н.С. Полянская, А.С. Евдомашенко**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

#### **ПОЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ НА ПРИМЕРЕ АО «ЕЛАНЬ-КОЛЕНОВСКИЙ САХАРНЫЙ ЗАВОД»**

В статье рассмотрена проблема полей фильтрации и их потенциальной экологической опасности на примере АО «Елань-Коленовский» сахарный завод.

Ключевые слова: поля фильтрации, экологическая опасность, потенциальный экологический вред, гидротехнический комплекс.

Воронежская область является одним крупнейших производителей сахара в России ввиду благоприятных природных условий прежде всего. Однако сахарное производство остаётся экологически потенциально опасным для природных объектов и проживающего населения несмотря на проводимые модернизации на сахарных заводах. Анализ проводимых модернизаций как правило не затрагивает технологии очистки сбросных производственных вод, несмотря на то, что сахарные заводы являются масштабным водопользователем в местах их нахождения. Сахарные заводы в Воронежской области находятся на водотоках, а чаще всего на реках, на водосборах которых находятся так называемые поля фильтрации. Поля фильтрации часто находятся в долинах рек, иногда даже располагаясь на пойменных лугах.

Сахарное производство на воронежской земле начало появляться ещё в XIX веке. Самый «старый» сахарный завод был запущен ещё в 1834 г. (табл. 1).

Анализируя таблицу, легко заметить, что во время производства, а сахзаводы, как правило, работают 4 месяца (сентябрь-декабрь),

используют много для производства технической воды (до 2 млн. м<sup>3</sup>), поля фильтрации имеют крайне большой срок службы – понятно, что они не единожды перестраивались за многие десятки и даже сотни лет, но тем не менее, анализируя их фактическое состояние, можно прийти к выводу, что чрезвычайная экологическая ситуация на них реальна, о чём свидетельствуют зафиксированные аварийные ситуации за последние десять лет [1].

Таблица 1

Количественная характеристика сбрасываемых вод с сахарных заводов  
Воронежской области [1]

| № п/п | Название сахзавода                    | Место расположения Сахзавода                    | Объём сбрасываемых вод в год, тыс. м <sup>3</sup> | Год строительства |
|-------|---------------------------------------|---|---|-------------------|
| 1     | ОАО «Ольховатский сахарный комбинат»  | Ольховатский район<br>р.п. Ольховатка           | 1109  | 1834              |
| 2     | ООО «Садовый сахарный комбинат»       | Аннинский район<br>с. Садовое                   | 650   | 1835              |
| 3     | ОАО «Воронежсахар»                    | Грибановский район<br>п. Грибановский           | 385   | 1848              |
| 4     | АО «Елань-Коленовский сахарный завод» | Новохопёрский район<br>п.г.т. Елань-Коленовский | 455   | 1936              |
| 5     | ООО «Эртильский сахар»                | Эртильский район<br>г. Эртиль                   | 349   | 1946              |
| 6     | ООО «Перелёшенский сахарный комбинат» | Панинский район<br>п. Перелёшино                | 217   | 1953              |
| 7     | ОАО «Хохольский сахарный комбинат»    | Хохольский район<br>р.п. Хохольский             | 532   | 1963              |
| 8     | ОАО «Лискисахар»                      | Лискинский район<br>г. Лиски                    | 2065  | 1968              |
| 9     | ОАО «Кристалл»                        | Калачеевский район<br>п. Пригородный            | 605   | 1970              |

Для оценки потенциального экологического вреда, который может произойти в результате аварии на полях фильтрации сахзавода взяты результаты регулярного комиссионного обследования, которое было проведено в сентябре 2021 г. в рамках декларирования безопасности гидротехнических сооружений АО «Елань-Коленовский сахарный завод».

Елань-Коленовский сахарный завод построен в 1936 г. Основной вид деятельности предприятия – производство сахара-песка из сахарной свеклы, складирование и хранение побочных продуктов его производства и продуктов переработки. Предприятие работает сезонно – 90...120 дней в году. Комплекс гидротехнических сооружений АО «Елань-Коленовский сахарный завод» предназначен для забора воды из р. Елань на производственные нужды, приёма производственных сточных вод, испарения её и фильтрации воды через почву на полях фильтрации. Класс



опасности складированных отходов на полях фильтрации (свекловичные хвосты, жом свекловичный, очистки овощного сырья) – V [2]. Класс комплекса ГТС – IV. Комплекс ГТС расположен на территории р.п. Елань-Коленовский Новохоперского района Воронежской области.

Под поля фильтрации АО «Елань-Коленовский сахарный завод», состоящие из карт различной формы, отведена общая площадь 131,22 га (рис.). Часть карт выведена из эксплуатации. Полезная площадь действующих карт полей фильтрации – 74,76 га, в том числе площадь земляных отстойников – 3,3 га и 3,96 га, глубиной до 3,0 м.

Участок полей фильтрации расположен в 0,8 км от сахзавода. Поля фильтрации построены по системе горизонталей с наклонными площадками.

Вся площадь полей фильтрации разбита на карты разделительными валами, выполненными из местных грунтов, выбранных со дна карт. Площади карт полей фильтрации – от 0,77 га до 9,0 га, размеры карт различные по ширине и по длине. Заполнение карт происходит в среднем на глубину около 1,5 м.

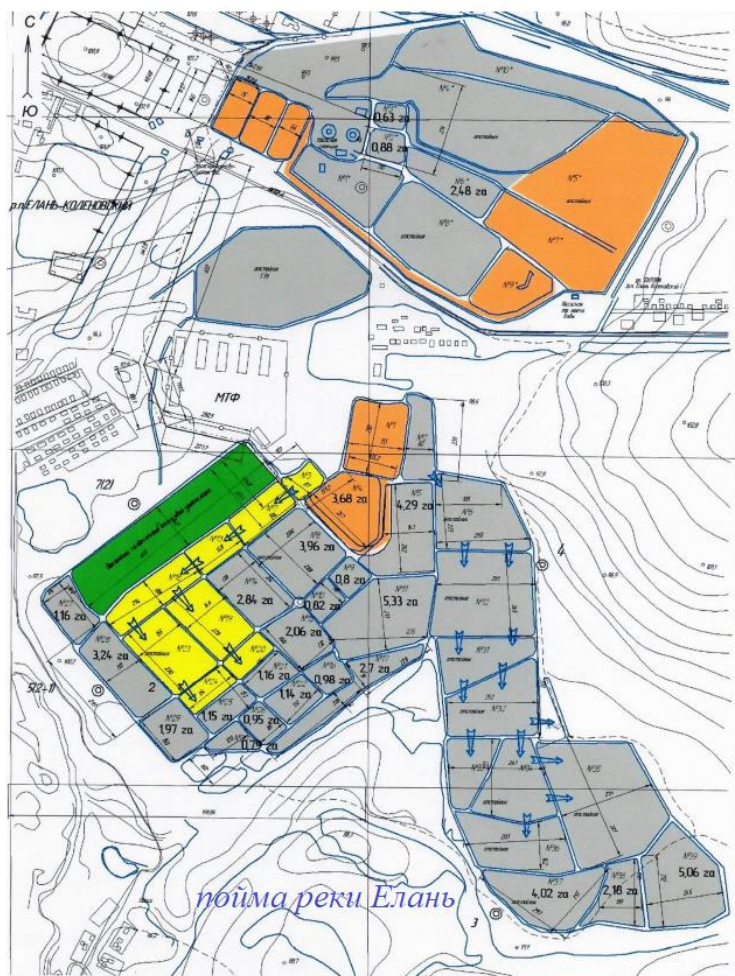
Производственные сточные воды подают в один из земляных отстойников полей фильтрации, где происходит осаждение взвешенных веществ и осветление воды, которая через переливные трубы, оборудованные в разделительных валах, распределяется по картам. В картах, где подстилающими грунтами являются пески мелкозернистые, происходит фильтрация воды.

С южной стороны полей фильтрации по периметру (в сторону их понижения) устроены не заполненные водой аварийные карты общей площадью 21,12 га, образованные охранными валами.

Охранный вал полей фильтрации насыпной, из местных песчаных и суглинистых грунтов. Высота охранного вала – 3,0 м, разделительных валов – 2,5 м, ширина по гребню – 3,0 м. Для перепуска воды из карты в карту, в теле разделительных валов уложены трубы на расстоянии 0,5 ÷ 1,0 м от гребня. В теле охранного вала полей фильтрации водопропускных сооружений проектом не предусмотрено.

Для наблюдений за влиянием полей фильтрации на подземные (грунтовые) воды установлено 5 наблюдательных скважин (4 – вокруг полей фильтрации, 1 – фоновая).

Аварии на рассматриваемом комплексе ГТС могут быть вызваны нарушением режима поддержания уровня воды на полях фильтрации или повреждением следующих основных элементов сооружений: разрушением трубопроводов, отказом насосного оборудования или разрушением охранных валов. Наиболее тяжёлым сценарием развития аварии на ГТС принимается: перелив воды через гребень охранного вала в период максимального паводка → образование прорана → сброс загрязненной воды в пойму р. Елань.



Технологическая схема полей фильтрации  
АО «Елань-Коленовский сахарный завод»

Наихудший сценарий: разрушение охранного вала нижних карт полей фильтрации №37,38,39 (на рис. – нижние карты с площадями соответственно: 4,02 га, 2,18 га, 5,06 га).

В случае образования прорана вследствие перелива через гребень вала в нижний бьеф выльется 337 800 м<sup>3</sup>.

Разрушив охранный вал, поток двинется на юго-запад по рельефу местности в сторону р. Елань.

Расчет размера вероятного вреда, наносимого окружающей природной среде, который может быть причинён в результате аварии ГТС по наихудшему сценарию, рассчитан в соответствии с ныне действующим нормативным документом Ростехнадзора [3]. Следует здесь подчеркнуть, что ущерб в данном случае будет наноситься только окружающей природной среде, так как аварийный сброс прогнозируется на пойму р. Елань с последующим попаданием загрязнённых вод в реку. На рассматриваемом участке поймы каких-либо строений, объектов инфраструктуры Елань-Коленовского поселения нет, используемых земельных участков в сельскохозяйственных целях также нет.

Таким образом, ущерб окружающей природной среде ( $I_{\text{опс}}$ ) в результате аварии на гидротехническом комплексе Елань-Коленовского сахарного завода будет наноситься только природным водам ( $I_{\text{вод}}$ ) и рассчитывается по формуле [3]:

$$I_{\text{опс}} = I_{\text{вод}} = \sum(M_i \times K_{\text{от}} \times K_{\text{ср}},$$

где  $i$  – вид загрязняющего вещества (ЗВ) ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$M_i$  – масса сброса  $i$ -го ЗВ в природные воды при аварийном сбросе, т;

$C_i$  – ставка платы за сброс 1 т  $i$ -го ЗВ, руб./т [4];

$K_{\text{от}}$  – повышающий коэффициент к ставкам платы для особо охраняемых природных территорий (ООПТ), для рассматриваемого случая  $K_{\text{от}} = 1$ , так участок местности не относится к ООПТ;

$K_{\text{ср}}$  – коэффициент к ставкам платы за сброс ЗВ, превышающих разрешения за сброс; для рассматриваемого случая  $K_{\text{ср}} = 25$  [5].

Расчет экологического ущерба в результате сброса  $i$ -х загрязняющих веществ в природные воды представлен в табл. 2.

Таблица 2

Расчётные данные (итоговые и промежуточные) ущербов ЗВ в результате аварии на полях фильтрации Елань-Коленовского сахарного завода (потенциальный наихудший сценарий)

| Наименование ЗВ       | Ставка платы, руб./т | Результат КХА*, мг/м <sup>3</sup> | Масса ЗВ в аварийно сбрасываемых водах | Сумма платы, руб. | Сумма платы за сверхлимитный сброс, руб. |
|-----------------------|----------------------|-----------------------------------|--|-------------------|--|
| Водородный показатель | 0                    | 7,62                              | 2,574036                               | 0                 | 0  |
| Взвешенные вещества   | 1055,376             | 366                               | 123,6348                               | 130481,20         | 3262030,02                               |
| Сухой остаток         | 0,54                 | 3252                              | 1098,5256                              | 593,20            | 14830,10                                 |
| Сульфат-ион           | 6,48                 | 181                               | 61,1418                                | 396,20            | 9904,97                                  |
| Хлорид-ион            | 2,592                | 136                               | 45,9408                                | 119,08            | 276,96                                   |
| ХПК                   | 0                    | 7255                              | 2450,739                               | 0                 | 0  |
| БПК <sub>полн</sub>   | 262,44               | 5280                              | 1783,584                               | 468083,78         | 11702094,62                              |
| Аммоний-ион           | 1285,416             | 15,1                              | 5,10078                                | 6556,62           | 163915,61                                |
| Нитрит-ион            | 8034,12              | 0                                 | 0                                      | 0                 | 0  |
| Нитрат-ион            | 16,092               | 0                                 | 0                                      | 0                 | 0  |
| Фосфат-ион            | 3973,644             | 0,92                              | 0,310776                               | 1234,91           | 30872,83                                 |
| Нефтепродукты         | 15888,636            | 2,9                               | 0,97962                                | 15564,83          | 389120,64                                |
| Железо                | 6426,864             | 0                                 | 0                                      | 0                 | 0  |
| Жиры                  | 0                    | 0                                 | 0                                      | 0                 | 0  |
| СПАВ                  | 1287,684             | 0                                 | 0                                      | 0                 | 0  |
| Сероводород/сульфиды  | 128527,992           | 0,23                              | 0,077694                               | 9985,85           | 249646,35                                |
| Формальдегид          | 7944,372             | 0,01                              | 0,003378                               | 26,84             | 670,90                                   |
| Итого                 |                      |                                   |  |                   | 15826063                                 |

Примечание: \* – результаты количественного химического анализа проб сточных вод (Лаборатория ООО «ЭКО центр», Протокол №570-Вс от 08.12.2020).

Как следует из итогового результата, потенциальный экологический ущерб окружающей природной среде может достигать свыше 15 млн. руб.

Это лишний раз доказывает, что технологическая схема утилизации сбросных вод сахарных заводов малоэффективна, потенциально опасна, существует угроза возникновения экологической чрезвычайной ситуации.

Поэтому следует обратиться к нормативным документам [6], которые обязывают модернизировать такие виды утилизации сбросных вод, содержащих загрязняющие вещества, осуществить организационные мероприятия. Это достигается путём:

1) декларирования безопасности гидротехнических сооружений, создающих угрозу возникновения чрезвычайной ситуации [7];

2) разработкой плана действий на сахарном заводе по соблюдению требований к составу и свойствам сточных вод [6]:

- должна осуществляться модернизация локальных очистных сооружений;

- создание системы оборотного водоснабжения. Следует заметить, что на ряде сахарных заводов Воронежской области это реализовано, но на АО «Елань-Коленовский сахарный завод» – нет;

- улучшение (модернизация) технологии производства, направленное на снижение объёма сбросных вод и уменьшение в них загрязняющих веществ, как по массе, так и по ингредиентному составу;

- передача сточных вод на централизованные станции очистки сбросных вод в п. Елань-Коленовский.

#### Литература

1. Разиньков Н.Д. Гидротехнические сооружения накопителей жидких отходов как источник экологических рисков / Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях: материалы IX Международной научно-практической конференции (18 декабря 2013 г.). Часть II. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2013. – С.168-173.

2. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 №242 (ред. от 02.11.2018) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов».

3. Приказ Ростехнадзора от 10.12.2020 №516 «Об утверждении Методики определения размера вреда, который может быть причинён жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений) (зарег. в Минюсте РФ 24.12.2020 №61785).

4. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 №913 (ред. от 24.01.2020) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

5. Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 №255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду».

6. Постановление Правительства РФ от 03.11.2016 №1134 (ред. от 22.05.2020) «О вопросах осуществления холодного водоснабжения и водоотведения».

7. Федеральный закон от 21.07.1997 №117-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О безопасности гидротехнических сооружений».

**А.И. Семеняченко, Н.Ю. Санникова**

Воронежский государственный университет инженерных технологий

## **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Исследована сорбция пищевых красителей тартразина E102, солнечного заката E110, понсо 4R E124, красного очаровательного E129 из индивидуальных растворов сорбентом на основе термообработанной рисовой шелухи. Выбран наиболее эффективный метод проведения сорбции. Оптимизированы условия сорбции: pH, время достижения химического равновесия, температура.

Ключевые слова: рисовая шелуха, сорбция, пищевые синтетические красители.

В настоящее время отходы сельского хозяйства являются возобновляемым источником разнообразных химических веществ, пригодных для производства многих полезных продуктов. Каждый год в странах-производителях риса производится огромное количество сельскохозяйственных отходов. Расчетное годовое количество рисовой шелухи в мире составляет около 130 млн тонн. Однако, из-за отсутствия или дороговизны технологий переработки, основная масса растительных отходов сжигается или захороняется, что негативно влияет на окружающую среду.

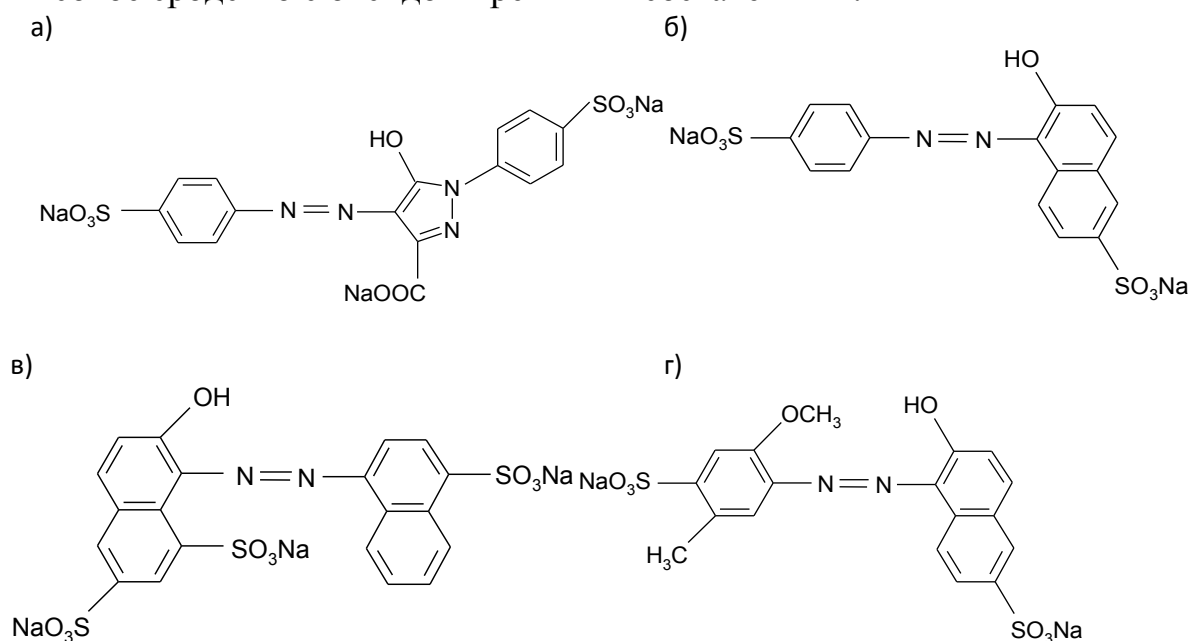
В тоже время рисовая шелуха может служить эффективным сорбентом для адсорбции ионов тяжёлых металлов и нефтепродуктов [1]. Обработанные отходы производства риса могут служить также сорбентами для отчистки различных жидких сред [2]. Существует различные способы обработки исходного растительного сырья: механические, физические, химические, термические. Их применяют для увеличения поглотительной способности таких сорбентов [3-5].

В данной работе предлагается в качестве сорбента применять термообработанную рисовую шелуху (ТШР). Это продукт многоступенчатой термической деструкции отходов рисового производства, представляющий собой тонкодисперсную бинарную твердую структуру углерод – диоксид кремния. ТШР нетоксичен и эффективно применяется при очистке природных вод [2].

ТШР представляет собой полидисперсный порошок черного или темно-серого цвета, состоящий из фрагментов чешуек размером 0,2-5,0 мм с преобладанием фракции 2,0-3,0 мм, диоксид кремния в материале находится в аморфном состоянии, образуя пространственный сотовый каркас с размером ячейки 40-50 мкм, при этом диоксид кремния капсулирован углеродом. Химический состав: двуокись кремния (47-54 %); углерод (52-45 %). Насыпная плотность – 140 кг/м<sup>3</sup>.

Цель исследования – изучить сорбционные свойства сорбентов на основе отходов рисового производства на примере синтетических красителей.

В качестве объектов анализа выбраны синтетические пищевые красители – окрашенные органические соединения, характеризующиеся высокой устойчивостью к действию кислот и щелочей, что обуславливает их широкое применение в пищевой и фармацевтической промышленности [5]. Вследствие наличия в структуре красителей липофильных групп  $-\text{SO}_3\text{Na}$  и  $-\text{OH}$  (рис. 1) можно предположить их высокое сродство с оксидом кремния в составе ТШР.



Структурные формулы красителей тартразина E102 (а), солнечного заката E110 (б), понсо 4R E124 (в), красного очаровательного E129 (г).

Эксперимент выполнялся в статических условиях сорбции. Для этого в цилиндры помещали стандартные растворы красителей с концентрацией  $0,01-0,1$  моль/дм<sup>3</sup> и навеску сорбента по массе  $0,1-0,5$  г. Растворы интенсивно перемешивали и после установления химического равновесия, раствор красителя отделяли от сорбента и фотометрировали.

Для проведения эксперимента в динамических условиях раствор красителя пропускали через колонку диаметром 2 см с объемом сорбента  $0,5-1,5$  см<sup>3</sup>. Синтетические красители в водных растворах определяли по собственной окраске при максимальных длинах волн. Оптимизированы условия сорбции: рН, время достижения химического равновесия, температура.

Степень извлечения ( $\alpha$ , %) синтетических пищевых красителей определяли по формуле:

$$\alpha = \frac{(C_{исх} - C_{равн})}{C_{исх}} \cdot 100\%,$$

Степень извлечения пищевых красителей сорбентом ТШР (m = 0,5 г)  
в статических и динамических условиях

| Условия проведения сорбции | Степень извлечения красителя, % |      |      |      |      |
|----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                            | E122                            | E129 | E124 | E110 | E102 |
| Динамические               | 73,5                            | 76,5 | 76,9 | 78,3 | 78,8 |
| Статические                | 68,0                            | 70,0 | 74,2 | 77,3 | 77,6 |

В результате выполненного эксперимента можно сделать следующие выводы:

1) сорбция в динамических условиях более эффективна, поскольку увеличивается поверхность контакта сорбента и аналита;

2) наиболее эффективным сорбентом ТШР оказался для более гидрофобных красителей E110 и E102, что обусловлено наличием в составе сорбента углеводородного остатка, имеющего большую сорбционную активность, чем аморфный кремний;

3) сорбция в кислой среде протекала более эффективно, что может быть вызвано ионизацией красителей в кислой среде, и как следствие, большей способностью поглощаться активными группами сорбента.

Полученные данные позволяют рекомендовать сорбент ТШР для очистки сточных вод от синтетических пищевых красителей.

#### Литература

1. Беляев Е.Ю. Беляева Л.Е. Использование растительного сырья в решении проблем защиты окружающей среды // Химия в интересах устойчивого развития. 2000. №8. С. 755-761.

2. Шевелева И.В., Холомейдик А.Н., Войт А.В., Земнухова Л.А. Сорбенты на основе рисовой шелухи для удаления ионов Fe(III), Cu(II), Cd(II), Pb(II) из растворов // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 171–176.

3. Передерий М.А. Сорбция нефтепродуктов углеродными сорбентами / М.А. Передерий, Ю.И. Кураков, И.Н. Маликов, С.В. Молчанов // Химия твердого топлива. - 2009. - № 5. - С. 42-46.

4. Макаренко Н.В., Герасименко Н.И., Самотылова С.А., Земнухова Л.А. Комплексная переработка рисовой мучки // 6-й Междунар. симпоз. «Химия и химическое образование» (28 сент.-3 окт. 2014 г., Владивосток). Владивосток: Дальневост. федерал, ун-т, 2014. С. 236-237.

5. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок: Технические рекомендации. СПб: ГИОРД, 2002. 160 с.

**А.В. Соловьев**

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж

## **СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ГРАФИЧЕСКИХ ФИГУР ФИКСИРОВАННОЙ ДЛИНЫ**

Предложен способ прогнозирования метеорологических условий, оказывающих сдерживающее воздействие на рассеяние основной группы загрязняющих веществ, на основе графического и комбинаторного подходов. В качестве примера исследовался ряд наблюдений за температурой воздуха.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, временной ряд, технический анализ, элемент паттерна, графические фигуры фиксированной длины, температура воздуха.

Рост городов, развитие промышленного сектора, стремительное увеличение количества автотранспорта на дорогах являются причинами повышения уровня загрязнения атмосферного воздуха. К загрязняющим веществам относятся твердые частицы, оксид и диоксид углерода, диоксид серы, сероводород и т.д. Концентрация данных вредных примесей в атмосфере в значительной степени зависит от температурно-влажностных характеристик, ветровой обстановки, наличия осадков и т.д. [1, 2]. К примеру, возникновение туманов, характеризующихся высоким содержанием водяного пара, осложняет рассеяние загрязняющих веществ. Термические инверсии способствуют скоплению загрязнителей в приземном слое. Повышение температуры воздуха приводит к разрушению задерживающего слоя, что способствует снижению уровня загрязнения приземного слоя атмосферы [3].

Прогностическая информация об указанных метеорологических характеристиках позволяет выполнить заблаговременную оценку условий распределения загрязнителей при организации мониторинга атмосферы. Для составления точных и надежных прогнозов погоды необходима квалифицированная подготовка специалистов-метеорологов. Наряду с этим повышение качества прогнозирования экологического состояния атмосферы может быть связано с использованием методов технического анализа, позволяющих даже при отсутствии специальных знаний определять ожидаемые изменения метеорологических параметров и, следовательно, получать предварительные оценки концентрации примесей в воздухе [4, 5].

Исходя из вышесказанного, целью работы является разработка способа прогнозирования метеорологических условий, оказывающих влияние на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере, на основе графических фигур фиксированной длины и оценка его успешности.



В основу предложенного способа положены принципы теории технического анализа, заключающиеся в использовании накопленного исторического опыта сформированного временного ряда прогнозируемой атмосферного параметра [5]. В качестве исходных материалов при разработке нового подхода к прогнозированию метеорологических условий, оказывающих влияние на распространение загрязняющих веществ, использовались архивные данные наблюдений за температурой воздуха на станции Чертовицкое (г. Воронеж) в период 1965-2015гг.

С использованием полученной архивной выборки была выполнена идентификация структуры метеорологической модели временного ряда приземной температуры воздуха на основе графических фигур фиксированной длины (ПМТг). Каждый паттерн строился поэлементно. Под элементом графической фигуры в данном случае понималось разностное отношение между соседними точками временного ряда значений температуры воздуха.

Все числовые значения элементов графических фигур были заменены номерными обозначениями с учетом сформированных градаций. Все градации формировались как равноудаленные с интервалом в 3 °С. В таблице 1 представлен схема перехода к номерным обозначениям элементов графических фигур.

Таблица 1

Переход элементов графических фигур к номерным обозначениям

| № | Номерные обозначения | Градации          | Тенденция метеовеличины |
|---|----------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | «-5»                 | $(-\infty; -4,5)$ | резкое понижение        |
| 2 | «-3»                 | $[-4,5; -1,5]$    | понижение               |
| 3 | «0»                  | $(-1,5; +1,5)$    | ровный ход              |
| 4 | «+3»                 | $[+1,5; +4,5]$    | повышение               |
| 5 | «+5»                 | $(+4,5; +\infty)$ | резкое повышение        |

В основу предложенной модели положены паттерны нового типа задаваемой длины. Примеры таких фигур, состоящих из 3, 4 и 5 точек, представлены на рисунке 1.

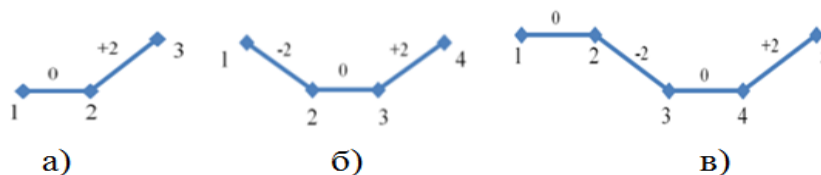


Рис. 1. Примеры графических фигур заданной ширины в 3 точки (а), 4 точки (б) и 5 точек (в)

Для использования паттернов с фиксированным количеством точек при прогнозировании изменений значений температуры воздуха необходимо было установить закономерности, характерные для той или иной возникающей на временном ряде графической фигуры.

На основе полученных паттернов был разработан программный продукт, описывающий ПМТг рассматриваемой метеорологической величины (рисунок 2).

| Графическая фигура                               | ПМТг для 4 точек |                   |     |     |     | Ожидаемое изменение |                  |
|--|------------------|-------------------|-----|-----|-----|---------------------|------------------|
|  | Комбинация       | Номерные значения |     |     |     |                     |                  |
|  | -202             | 0%                | 11% | 20% | 55% | 14%                 | <b>повышение</b> |
| Прогностическое заключение                       |                  |                   |     |     |     |                     |                  |
| Ожидается повышение температуры на [+1,5;+4,5]°C |                  |                   |     |     |     |                     |                  |

Рис. 2. ПМТг для 4 точек

В качестве исходных параметров в разработанном прогностическом способе используется короткий ряд из последовательных наблюдений за температурой воздуха у земли. Выходные данные отображаются в виде прогностической градации.

В ходе исследований при последовательном увеличении длины графической фигуры были получены ПМТг для 3 точек, 4 точек, 5 точек и 6 точек.

На следующем этапе исследований для оценки успешности практического применения предложенного подхода к прогнозированию приземной температуры воздуха, была сформирована контрольная выборочная совокупность на основе архивного материала метеорологической станции Чертовицкое (г. Воронеж) в период 2016-2020гг.

Характеристики моделей ПМТг для 3 точек, 4 точек, 5 точек и 6 точек, а также сведения об оправдываемости прогнозов температуры на их основе представлены в таблице 2. Выбранный критерий успешности рассчитывался в соответствии с п. 3.2.2. РД 52.27.284-91 [6].

Таблица 2

Характеристики прогностические модели ПМТг

| №                   | Тип модели       | Длина графической фигуры | Количество видов паттернов | Оправдываемость прогнозов |
|---------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Температура воздуха |                  |                          |                            |                           |
| 1                   | ПМТг для 3 точек | 3                        | 25                         | 72%                       |
| 2                   | ПМТг для 4 точек | 4                        | 125                        | 80%                       |
| 3                   | ПМТг для 5 точек | 5                        | 625                        | 87%                       |
| 4                   | ПМТг для 6 точек | 6                        | 3125                       | 82%                       |

Усложнение ПМТг позволило повысить качество прогностической информации. Наибольшая оправдываемость прогнозов температуры воздуха была достигнута при использовании ПМТг для 5 точек и составила 87%. Однако, при дальнейшем увеличении ширины фигуры наблюдалось снижение качества прогностической информации о рассматриваемой климатической характеристике (ПМТг для 6 точек – 82%).

Данные сравнительного анализа оправдавшихся прогнозов при использовании моделей ПМТг для 5 точек и инструментов технического анализа представлены в таблице 3 [7].

Таблица 3

Сравнительный анализ оправдавшихся прогнозов при использовании ПМТг для 5 точек и элементов технического анализа

| №                   | Модель           | Длина фигуры | По отношению к индикатору <i>MACD</i> | По отношению к индикатору <i>MACD</i> -гистограмм | По отношению к существующим паттернам |
|---------------------|------------------|--------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Температура воздуха |                  |              |                                       |   |                                       |
| 1                   | ПМТг для 5 точек | 5            | 14%                                   | 12%   | 7%                                    |

Установлено, что при использовании ПМТг для 5 точек удалось повысить оправдываемость прогнозов рассматриваемой метеорологической величины на 7-14% по отношению к прогностическим способам на основе предложенных инструментов технического анализа.

Таким образом, в ходе проводимого исследования был разработан способ прогнозирования температуры воздуха на основе графических фигур фиксированной длины. Полученный способ достаточно прост в применении и может быть использован при мониторинге атмосферы без специальной метеорологической подготовки. Общая оправдываемость прогнозирования температуры воздуха при использовании ПМТг для 5 точек, превысила 85%. Использование способа на основе графических фигур фиксированной длины позволяет повысить оправдываемость прогнозов значений температуры воздуха, необходимой при выявлении термической инверсии и расчете времени ее разрушения, по сравнению с ранее используемыми.

#### Литература

1. Тузов, К.А. Экология и экономика: динамика загрязнения атмосферы страны в преддверии ратификации Парижского соглашения [Электронный ресурс] / К.А. Тузов, И.И. Сабельников // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики (Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации). 2019. № 52. С. 3-4. Режим доступа: [https:// ac.gov.ru/23719.pdf](https://ac.gov.ru/23719.pdf).
2. Ашитова, Н.Ж. Факторы, влияющие на городскую экосистему/ Н.Ж. Ашитова, А.С. Сарбасов, Б.С. Шакиров, Н.Ш. Жолдасбекова // Научно-технический журнал министерства образования и науки РК «Промышленность Казахстана» г. Алматы. 2010 г.С. 35-37.
3. Попов, В.В. Экология [Учебное пособие]. В.: ВАИУ, 2011. 142 с.
4. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст] / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. М.: Мир, 1974. кн. 2. 197 с.
5. Линькова, М.В. Технический анализ: понятие, сущность и аксиомы[Текст] // Территория науки, 2016.№ 3.С. 179–182.
6. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов (РД 52.27.284-91)/ Под ред. В.И. Кузьменко. СПб: Гидрометеоздат, 1991. 151 с.
7. Соловьев, А.В. Использование элементов технического анализа для определения тенденции изменения метеорологических величин [Текст] / А.В. Соловьев, И.И. Ульшин // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции / Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2020. Т. 2. С. 118-123.

**А.А. Фомина, А.М. Тарасенко**

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

## **ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ**

Проанализировано образование, размещение и утилизация производственных отходов предприятия железнодорожной отрасли. Установлено, что деятельность предприятия соответствует природоохранному законодательству и требованиям в области экологической безопасности.

Ключевые слова: обращение с отходами, природоохранное законодательство, железнодорожная отрасль.

Для любой природной экологической системы железная дорога – чужеродный элемент. Железные дороги для своего строительства требуют отчуждения значительных территорий, на которых природные сообщества полностью разрушаются. Обширные зоны вдоль железных дорог испытывают их непосредственное влияние, здесь формируются природные сообщества из видов, достаточно толерантных к загрязнению атмосферного воздуха и фактору шумового и вибрационного загрязнения [1].

Строительство, эксплуатация железных дорог и подвижного состава оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду. Во многих случаях остаются не решенными проблемы обезвреживания и захоронения отходов, особенно отходов 2-го класса опасности, содержащего нефтепродукты, кубовые остатки, отработанные масла. Актуальной остается проблема сбора мусора, хранения, переработки и транспортировки бытовых отходов из пассажирских поездов [2].

Степень воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду оценивают по уровню расходования природных ресурсов и уровню загрязняющих веществ, поступающих в природную среду регионов, где расположены предприятия железнодорожного транспорта.

Целью работы стал анализ обращения с отходами в структурном подразделении железной дороги, расположенном в Заводском районе города Саратова.

Предприятие осуществляет деятельность по содержанию в технически исправном состоянии закрепленного участка пути и сооружений, надзора за содержанием железнодорожной полосы отвода и ремонт данного пути и искусственных сооружений. В связи с характером деятельности основными видами влияния предприятия на окружающую среду является загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ и образование разных видов отходов.

В перечень структурных подразделений предприятия, в которых образуются отходы, входит контора, пилорама, кузница, склады, погрузо-

разгрузочная база, железнодорожные пути, открытая территория предприятия, склад горюче-смазочных материалов. Арендаторы, размещающие отходы на объектах предприятия, отсутствуют.

При организации обращения с отходами производства на предприятии важным являются установление количества отходов, разрешенных к временному хранению, и периодичность их вывоза. Нарушение периодичности вывоза отходов производства и (или) превышение допустимого количества их накопления при временном хранении не допускаются. Предприятие ведет свою деятельность в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и Федеральным Законом от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [3,4].

В организации образовалось за отчетный год всего 20125,375 т отходов (34 наименования), причем в основном образуются отходы пятого класса опасности – 18774,962 т, что составляет 93,23 % от общего количества отходов. Главный источник этого класса отходов (лома железобетонных изделий, отходов железобетона в кусковой форме) – эксплуатация и ремонтные работы на железнодорожном пути.

В количестве 6,4 % от общего количества отходов на Саратовской дистанции пути образуются отходы третьего класса опасности (всего 1277,028 т/год). К ним относятся 13 наименований. Превалирующая часть этого класса отходов (99,7 %) образуются при содержании и ремонте железнодорожного пути.

В количестве 0,36 % от общего количества отходов на предприятии образуются отходы четвертого класса опасности (всего 73,259 т/год). К ним относится обширный перечень из 15 наименований. Причем 38,4 % из этого вида отходов образуется при работе конторы, 27,8 % – при эксплуатации и ремонте железнодорожного пути, 26,6 – от уборки открытой территории, и незначительно от других структурных подразделений.

Наиболее опасные отходы первого и второго класса опасности на предприятии образуются в малом процентном соотношении (по 0,001 % от общего количества отходов). К ним относятся лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства, которые используются для освещения при работе всех основных помещений предприятия, а также отработанные свинцовые аккумуляторы с электролитом автотранспорта (3 шт./год) на погрузочно-разгрузочной базе предприятия.

Саратовская дистанция пути не имеет на балансе собственные (арендованные) места длительного хранения (захоронения) отходов, и отходы подлежат временному накоплению на территории предприятия.

Допустимое количество накопления отходов производства при временном хранении также определяется с учетом характеристики мест

временного хранения отходов (объем контейнера, емкости для хранения отходов, размер площадки).

На территории предприятия имеются 16 мест временного накопления отходов, образующихся в результате деятельности предприятия и подлежащих использованию на предприятии и вывозу на городские полигоны или специализированные предприятия.

Мест накопления отходов сроком более 11 месяцев и захоронения нет.

При организации мест временного накопления отходов приняты меры по обеспечению экологической безопасности. Оборудование мест временного накопления проведено с учётом класса опасности, физико-химических свойств, реакционной способности образующихся отходов, а также с учётом требований соответствующих ГОСТов и СНИП.

Расчет периодичности вывоза отходов предприятием был произведен и разработана схема утилизации и рециклинга отходов предприятия.

В связи с тем, что у предприятия нет мест постоянного хранения отходов, они передаются другим хозяйствующим субъектам с целью их дальнейшего использования, или обезвреживания и размещения. Только отходы (лома железобетонных изделий, отходов железобетона в кусковой форме) перерабатываются и вторично используются в других структурных подразделениях.

В природоохранной политике предприятий железнодорожного транспорта запланировано увеличение доли обезвреживания и вовлечения отходов производства и потребления во вторичный оборот в общем количестве их образования на 2,4% к 2025 году по сравнению с базовым уровнем 2018 года.

Таким образом, установлено, что деятельность предприятия железнодорожной отрасли по обращению с отходами производства и потребления соответствует природоохранному законодательству и требованиям в области экологической безопасности.

#### Литература

1. Казанцева М.Ю., Зибарева Д.А. Железнодорожный транспорт как источник загрязнения окружающей среды // Самарский научный вестник. - 2014. - Т. 3. - №4. - С. 57-58.

2. Маслов Н.Н., Коробов Ю.И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: М.: Транспорт, 2004. -238 с.

3. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 N 89-ФЗ.Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения 14.10.2021).

4. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения 14.10.2021).

# **Правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности**

**А.А. Багрянцев, О.А. Багрянцева, Е.М. Великанова, С.Ю. Ефремова**

Пензенский государственный технологический университет

## **АНАЛИЗ СИТУАЦИИ В СФЕРЕ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ I И II КЛАССОВ ОПАСНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ**

В данной статье представлен краткий обзор текущей ситуации в области обращения с отходами I и II классов опасности, и предложены методы их решения.

На данный момент проблема обращения с отходами I и II класса опасности ярко выражена и видна на различных предприятиях с разными сферами деятельности, начиная от сферы строительства и заканчивая предприятиями по сбору корпусной мебели. Практически каждое предприятие в той или иной степени взаимодействует с опасными и чрезвычайно опасными отходами. Данные классы отходов несут чрезвычайный риск для окружающей среды и здоровья человека и несут потенциальную угрозу ведь отходы I класса содержат в себе такие вещества как: ртуть, свинец, полоний, плутоний. Отходы II класса содержат: кислоты и щёлочи, жидкие электролиты из аккумуляторов, масла и нефтепродукты. Недостаточный уровень сбора и утилизации отходов I и II класса может привести к масштабной экологической катастрофе.

Согласно ст. 1 Федерального закона от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об отходах производства и потребления» отходы производства и потребления (далее — отходы) — вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом.

Согласно ст. 4.1 Федерального закона от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об отходах производства и потребления» отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности [1]:

I класс – чрезвычайно опасные отходы;

II класс – высокоопасные отходы;

- III класс – умеренно опасные отходы;
- IV класс – малоопасные отходы;
- V класс – практически неопасные отходы.

Статистические данные по количеству образования отходов I и II классов опасности на начало отчетного периода 2021 года по некоторым видам деятельности предприятий на основе данных отчетов 2-ТП (отходы) представлены в таблице.

Статистические данные образования отходов I и II классов на некоторых отраслях деятельности на начало отчетного периода 2021 года.

| 1   | 2                          | 3                           |
|---|----------------------------|-----------------------------|
| Отрасль   | I класс опасности<br>(т/г) | II класс опасности<br>(т/г) |
| Сельское хозяйство  | 267                        | 1176                        |
| Транспортирование и хранение                              | 602                        | 3176                        |
| Оптовая и розничная торговля                              | 2316                       | 1965                        |
| Добыча полезных ископаемых                                | 287                        | 2027                        |
| Деятельность территориальных органов и организаций        | 114                        | 3074                        |
| Деятельности в области здравоохранения и социальных услуг | 256                        | 76                          |
| Производство энергии, газа и воды                         | 804                        | 717                         |

Анализ 2-ТП отчетности за 2020 показывает, что самыми распространенными отходами I и II класса опасности являются: «лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства», «аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с электролитом». Наличие данных отходов на различных предприятиях показывает широкое применение данных расходных материалов.

В 2020 году в ходе проверок Росприроднадзора основными нарушениями на предприятиях в сфере обращения с отходами I и II классов опасности составили: ненадлежащая транспортировка отходов, отсутствие лицензии на утилизацию отходов I и II класса, отсутствие правильно оборудованного помещения со специальными местами для хранения чрезвычайно опасных отходов [2].

При анализе проблем и ситуации на предприятиях, связанные с обращением с отходами, стоит подчеркнуть, что на данный момент те проблемы, которые есть на предприятиях оказывают большое негативное влияние на окружающую среду и человека в целом. На данный момент множество вопросов остаются открытыми и предприятиям необходимо усилить вектор внимания и ответственности на проблемы, связанные с обращением с чрезвычайно опасными и опасными отходами ведь данные отходы, следующие после радиоактивных и ядерных по мере своего влияния на окружающую среду [3].



Из-за недостаточно развитой системы законодательства и контрольно-надзорных мероприятий за действиями связанными с отходами невозможно гарантировать полную безопасность для человека, животного и растительного мира. Сегодня государства вводит новые законы и начинает наращивать темп модификации стандартов в сфере обращения с отходами I и II классов опасности [4].

При анализе деятельности предприятий и проведении контрольно-надзорных мероприятий следует, что на данный момент основными сферами законодательства, которые нуждаются в усовершенствовании являются:

- усовершенствование определения критериев классов опасности отходов, перераспределение факторов соотношения отхода и его класса опасности;

- расширение перечня федерального классификационного каталога отходов, необходимость добавления дополнительных признаков с помощью которых можно более точно определить степень воздействия на окружающую среду отходов I и II классов опасности.

- увеличение контроля за достоверностью вводимых показателей в статистической отчетности 2-ТП (отходы), создание дополнительных полей для ввода более точной информации для отходов I и II классов опасности;

- создание федерального реестра по транспортировке отходов I и II классов опасности, для дальнейшего сбора статистики с помощью которой, в дальнейшем, можно будет определить наиболее централизованные места сбора и утилизации отходов I и II классов опасности;

- создание единого центра по сбору, транспортировке, утилизации отходов I и II классов опасности.

Несоблюдение правил по обращению с отходами, халатное отношение к нормам и законам незамедлительно приведут к катастрофической ситуации с экологией не только на предприятии, но и в регионе, стране, мире.

В первую очередь необходимо создать (улучшить) производственные мощности по переработке отходов и их утилизации.

Для этого нужно выявить группы отходов наиболее опасные для окружающей среды и разработать стратегии для развития промышленности по утилизации и обработке данных видов отходов.

Разработка общей системы по обращению с отходами I и II классов опасности необходима для определения точек в регионах которые не могут справиться с нарастающей тенденцией по накоплению отходов, таким образом возможно определить где необходимо добавить потенциальную способность по сбору, транспортировке, утилизации отходов I и II классов опасности [5].

Все проблемы, цели и задачи, изложенные выше, и другие темы, связанные со сбором, транспортировкой, хранением, утилизацией отходов I и II классов опасности требуют особого внимания и доработки с контрольно-надзорными органами в сфере природопользования и другими организациями заинтересованными в решении данных проблем и создания благоприятной окружающей среды.

#### Литература

1. Федерального закона РФ от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ (в ред. от 02 июля 2021 г.) «Об отходах производства и потребления» // Собрании законодательства Российской Федерации от 29 июня 1998 г. № 26.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]  
URL:[http://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2017\\_/](http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2017_/).
3. Мажуга А. Г. и др. Техногенные отходы I-II классов опасности-ресурс для получения вторичных продуктов //Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – №. 4. – С. 61-67.
4. Галиакберов Р. А., Янников И. М. Методы и способы утилизации отходов I и II классов опасности //Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). – 2020. – С. 189-193.
5. Басов А. В. и др. Основные принципы создания в Российской Федерации схемы обращения с отходами I-II классов опасности // Проблемы региональной экологии. – 2018. – №. 5

#### **Н.Г. Горячева**

Академия гражданской защиты МЧС России, Московская обл.,  
г.о. Химки, мкр. Новогорск

### **ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫЧИ**

С целью совершенствования системы межведомственного взаимодействия МЧС Азербайджанской Республики с органами управления функциональных подсистем ГКЧС по оперативному реагированию на чрезвычайную ситуацию (далее – ЧС) применяется методика организации взаимодействия при ликвидации ЧС.

Ключевые слова: межведомственное взаимодействие, Азербайджанская республика, Каспийское море.

На акватории Каспийского моря Азербайджанского сектора имеют место ЧС связанные с разливами нефти, пожарами на нефтедобывающих объектах.

Процесс привлечения органов управления сил и средств Государственной системы по предотвращению чрезвычайных ситуаций носит несистемный характер и отсутствует система межведомственного взаимодействия между МЧС и ведомствами, участвующими в ликвидации ЧС.

Организация межведомственного взаимодействия является наиболее ответственным этапом управленческой деятельности поскольку именно этот этап работы определяет уровень слаженности действий всех участвующих в ликвидации ЧС. При этом следует подчеркнуть, что организация межведомственного взаимодействия даже имея относительную самостоятельность является составной частью единого процесса организации действий сил ГКЧС. Следовательно взаимодействие организует тот орган управления который организует и руководит действиями сил при ликвидации ЧС. Такими органами управления на Республиканском уровне является МЧС Азербайджанской Республики. При ликвидации ЧС на объектах нефтедобычи взаимодействие организуется в интересах медицинской службы по вопросам организации эвакуации из зоны бедствия, контроля за изменением обстановки в зоне бедствия; эвакуации потерпевших обеспечения действий сил и организации управления. Сущность организации межведомственного взаимодействия при ЧС на объектах нефтедобычи заключается в определении основ взаимодействия и проведении комплекса мероприятий, регламентируемых определенными правилами и процедурами по согласованию, совместных действий органов управления и сил при выполнении задач.

В структуре МЧС и ЦУКСА МЧС Азербайджанской Республики не имеется орган, занимающийся организацией межведомственного взаимодействия, что влечет задержку информации, несвоевременное привлечение сил и средств, неоправданные материальные и человеческие потери.

Создание в структуре ЦУКС МЧС Азербайджанской Республики отдела взаимодействия с органами управления функциональными подсистемами ГКЧС упрощает механизм сбора данных от структурных подразделений МЧС Азербайджанской Республики необходимых для разработки документов по взаимодействию; сокращается время на постановку задач и своевременности подготовки необходимых документов по организации взаимодействия; исключения выполнения задач не связанных с деятельностью отдела; большая самостоятельность и возможность решать вопросы информационного взаимодействия с органами управления функциональными подсистемами ГКЧС; организация взаимодействия органов повседневного управления в круглосуточном режиме через дежурные смены.

В целях совершенствования организации взаимодействия МЧС Азербайджанской Республики с органами управления функциональными

подсистемами ГКЧС в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера предлагается Создание в структуре ЦУКС МЧС Азербайджанской Республики отдела взаимодействия с органами управления функциональными подсистемами ГКЧС в количестве 4 человек(начальник отдела, заместитель, главный специалист-эксперт, ведущий специалист эксперт)на данный отдел возложить следующие Обмен информацией с министерствами, ведомствами и организациями на республиканском уровне в области защиты населения и территорий от ЧС;

Совместная разработка и совместная корректировка планов действий органов управления и сил привлекаемых для ликвидации ЧС различного характера на объекте нефтедобычи в различных функционированиях ГКЧС объектового уровня;

Организация работы по заключению соглашений информационного обмена между органами управления ГКЧС.

При развертывании оперативного штаба ликвидации ЧС МЧС Азербайджанской Республики, организация непрерывного информационного взаимодействия с КЧС и ОПБ объекта и вышестоящими органами управления по сбору и обобщению информации по вопросам ликвидации ЧС и их последствий с целью подготовки предложений в решения председателей КЧС и ОПБ на ликвидацию ЧС.

Предлагаемый вариант включения отдела в структуру ЦУКС МЧС Азербайджанской Республики –как самостоятельный отдел. А в дежурной смене ЦУКС МЧС Азербайджанской Республики ввести оперативного дежурного по взаимодействию.

Упрощается механизм сбора данных от структурных подразделений МЧС Азербайджанской Республики необходимых для разработки документов по взаимодействию; сокращается время на постановку задач и своевременности подготовки необходимых документов по организации взаимодействия (уменьшается количество звеньев в цепи управления); Исключения выполнения задач не связанных с деятельностью отдела; Большая самостоятельность и возможность решать вопросы информационного взаимодействия с органами управления функциональными подсистемами ГКЧС; организация взаимодействия органов повседневного управления в круглосуточном режиме через дежурные смены.

Разработанная методика представляет возможность оценить способность сил ГКЧС при ликвидации ЧС тем самым показывая эффективность организации взаимодействия и правильный выбор привлечения определенных сил ГКЧС.

Выработанные рекомендации позволяют должностным лицам МЧС Азербайджанской Республики более оперативно и качественно организовать взаимодействие МЧС Азербайджанской Республики, что в

конечном итоге способствует более качественной подготовке к выполнению поставленных задач.

#### Литература

1. Последствия пожаровзрывоопасных ситуаций на морских месторождениях Каспийского моря // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций/Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС. 2018. Т. 1. - С. 148 - 150.

2. Постановление Кабинета министров Азербайджанской Республики от 30 апреля 1992 года № 239 «Об Азербайджанской государственной системе по предотвращению чрезвычайных ситуаций и действиям в таких ситуациях»

3. Указ Президента Азербайджанской Республики от 19 апреля 2006 года №394 «Об утверждении Положения о Министерстве по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики, структуры Министерства и численного лимита его работников».

**Н.В. Зибарев, Н.А. Политаева**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### **ПЕРЕРАБОТКА ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ**

Работа посвящена переработке жидких и твердых отходов пищевой промышленности с помощью микроводорослей. Полученную в результате очистки сточных вод биомассу микроводорослей предложено использовать для ускорения процессов анаэробного сбраживания пищевых отходов. Показано, что добавка биомассы микроводорослей способна ускорять процессы разложения пищевых отходов и вырабатывать большее количество биогаза с максимальным содержанием метана.

Ключевые слова: утилизация пищевых отходов, микроводоросли, очистка сточных вод, биогаз, компост.

Утилизация и вывоз пищевых отходов — это обязательные условия работы предприятий и комбинатов общественного питания. Испорченные продукты с истекшим сроком хранения, представляют угрозу для окружающей среды, являясь питательной средой для различного вида вредоносных микроорганизмов. В свою очередь сточные воды пищевой промышленности, в частности пивоваренной, являются одними из самых загрязненных среди других пищевых производств. Характерными показателями их сточных вод являются: взвешенные вещества – 500-2000 мг/л; БПК<sub>5</sub> (биологическая потребность в кислороде) – 1200-3000 мг О<sub>2</sub> /л; азот – 60-254 мг/л; фосфор – 100 мг/л; калий – 480 мг/л; рН 4-7,2 [1]. Наиболее перспективным считают использование микроводорослей для очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности,

рыбоводных хозяйств, животноводческих ферм, птицефабрик, боен. Они как фототрофные организмы обогащают водную среду кислородом, способствуя тем самым способствуя ускорению окислительных процессов и минерализации органических примесей в сточных водах. Культивирование микроводорослей на сточных водах, с одной стороны, позволяет осуществлять биологическую очистку воды, с другой стороны – получать дешевую биомассу [2]. Полученная в таких условиях биомасса подходит для анаэробной переработки в биогаз и получения удобрения [3].

Цель работы – рассмотреть возможность использования микроводорослей *Chlorella sorokiniana* для биологической очистки сточных вод пивоваренного завода и применения, полученной в результате очистки, биомассы в качестве со-субстрата для ускорения процессов анаэробного сбраживания пищевых отходов с целью их переработки в биотопливо и компост.

Объектами исследования являлись – культура *Chlorella sorokiniana* (штамм 211-8k); сточные воды ООО «Пивоваренной компании «Балтика» (г. Санкт-Петербург); биомасса микроводорослей (в виде густой пасты), после очистки сточных вод ООО «Пивоваренной компании «Балтика»; пищевые отходы столовых «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого». Микроводоросли культивировали в фотобиореакторах. Конструкция фотобиореактора и условия для культивирования микроводорослей подобраны в источниках [4]. Микроводоросли *Chlorella sorokiniana*, выращенные на питательной среде смешивали с неочищенными стоками «Пивоваренной компании «Балтика» в следующем процентном соотношении: СВ:Х 70:30; 50:50,30:70, где СВ – сточная вода, Х – суспензия хлореллы в питательной среде Объем каждой смеси составлял 1 л. Контроль сточных вод до и после очистки проводили по нескольким показателям: рН и общий азот ( $N_{\text{общ}}$ ). Условия проведения очистки представлены в работе [5]. Для определения  $N_{\text{общ}}$  использовали анализатор LCPN, (фирмы SHIMADZU). Измерение величины рН проводили с использованием иономера И-160МИ. Измерения проводили на 1,3,6,8 сутки. Для проведения сравнительного анализа влияния количества добавки биомассы микроводорослей в качестве со-субстрата для сбраживания органических отходов была создана лабораторная установка для получения биогаза состоящая из термобокс и метантенков емкостью 1 л. Процесс анаэробного сбраживания осуществляли по методике, описанной в работе [6]. Определение компонентного состава биогаза в метантенках проводили с помощью газоанализатора GA2000.

Результаты и обсуждение. В ходе процесса культивирования-очистки значение рН смещалось в щелочную область. За 8 суток с начального значения 5-6 достигала для всех видов разбавления 7. Во всех образцах содержание общего азота на 6 сутки снизилось (для 30:70 на 63%; 50:50 на 56%; для 70:30 на 31%). Максимальный % очистки происходит при

соотношении 30:70. Азот поглощается микроводорослями для роста и является макроэлементом. Для культивирования микроводорослей достаточно – NO<sub>3</sub> (KNO<sub>3</sub>) в количестве 1000 мкг/л=1мг/л. В сточных водах пивоваренного завода NO<sub>3</sub> – содержится 1.6 мг/г. Поэтому разбавление СВ: X в соотношении 30:70 является оптимальным. Для проведения процесса сбраживания были подготовлены композиционные смеси для закладки в лабораторные метантенки. Композиционные смеси загружались во влажном состоянии в пересчете на органический углерод, Состав смеси представлен в таблице 1.

В таблице 2 приведены данные состава биогаза в метантенках на 28-е сутки с начала эксперимента по сбраживанию органических отходов.

Таблица 1

Содержание компонентов композиционных смесей из микроводорослей *Chlorella sorokiniana* (в пересчете на органический углерод)

| № метантенка | биомасса микроводорослей после очистки СВ, г/% | Пищевые отходы, г/% | Инокулянт, г/% |
|--------------|--|---------------------|----------------|
| 1            | 4/50   | -                   | 4/50           |
| 2            | 4/40   | -                   | 4/60           |
| 3            | 4/33,3   | 4/33,3              | 4/33,3         |
| 4            | 2/25   | 2/25                | 4/50           |
| 5            | -  | -                   | 4/100          |
| 6            | -  | 4/50                | 4/50           |

Таблица 2

Компонентный состав биогаза

| № метантенка | Метан, % об. | Углекислый газ, % об. | Кислород, % об. | Сероводород, ppm | Остальные газы, % об. | Эмиссия биогаза за 28 дней, л | Эмиссия, л/г орг. углерода |
|--------------|--------------|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1            | 58,7         | 20,5                  | 0,3             | 148              | 20,5                  | 0,760                         | 0,095                      |
| 2            | 59,0         | 19,5                  | 0,2             | 40               | 21,3                  | 0,700                         | 0,088                      |
| <b>3</b>     | <b>58,3</b>  | <b>27,0</b>           | <b>0,2</b>      | <b>280</b>       | <b>14,5</b>           | <b>0,760</b>                  | <b>0,063</b>               |
| 4            | 56,0         | 22,6                  | 0,2             | 55               | 21,2                  | 0,530                         | 0,066                      |
| 5            | 8,1          | 13,0                  | 1,6             | 110              | 77,3                  | 0,010                         | 0,003                      |
| 6            | 5,1          | 23,3                  | 0,1             | 37               | 23,7                  | 0,017                         | 0,002                      |

Анализ таблицы 2 показал, что в течение первых 10 дней наблюдалась малая интенсивность выхода биогаза практически из всех метантенках. Из метантенков №1 и №2 интенсивный выход биогаза наблюдался на 12-е сутки со времени их загрузки. В метантенке №3 и №4 интенсивный выход биогаза наблюдался примерно на 15-е сутки. Сравнительно замедленный выход биогаза из метантенка №6 начался на 2-е сутки после загрузки и прекратился на 9-е сутки

Таким образом, при анаэробном сбраживании пищевых отходов с добавкой биомассы микроводорослей в результате разложения отходов

образовывался биогаз с высоким содержанием метана и компоста. Биогаз рекомендуется использовать в качестве альтернативного источника электроэнергии, а компост в качестве удобрения для повышения качества почв.

#### Литература

1. Kalantaryan N.K., Harutyunyan B.A., Minasyan E.V., Tsaturyan A.H., Pavlečić M., Mardetko N., Goginyan V.B. Comparative assessment of brewery wastewater treatment potential by microalgae *parachlorellakessleri* and *chlorella vulgaris*. *Biolog. Journal of Armenia*, 4 (72), 2020, p. 72-79.

2. Макарова Е.И., Отурина И.П., Сидякин А.И. Прикладные аспекты применения микроводорослей – обитателей водных экосистем // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2009. Вып. 20. С. 120-133.

3. Возможности биотехнологической переработки сельскохозяйственных отходов с использованием микроводорослей

4. Смятская Ю.А., Политаева Н.А., Собгайда В.С. Фотофотобиореакторы для культивирования микроводоросли *Chlorella sorokiniana* // *Вестник Технологического университета*. 2018. - № 2. - С. 224-227.

5. Зибарев Н.В., Политаева Н.А., Андрианова М.Ю. Использование микроводорослей *Chlorella sorokiniana* (*Chlorellaceae*, *Chlorellales*) для очистки сточных вод пивоваренной промышленности // *Поволжский экологический журнал*. 2021 № 3.

6. Development of Full-Cycle Utilization of *Chlorella sorokiniana* Microalgae Biomass for Environmental and Food Purposes Politaeva, N., Smyatskaya, Y., Al Afif, R., Pfeifer, C., Mukhametova, L. *Energies*, 2020, 13(10), 2648

**А.С. Кудашова, Д.Д. Ушакова, Т.В. Анохина**

Саратовский государственный медицинский университет  
имени В. И. Разумовского

### **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБРАЩЕНИЯ С МЕДИЦИНСКИМИ ОТХОДАМИ**

В связи с изменениями от 1 марта 2021 года санитарно-эпидемиологических норм и правил в сфере обращения с медицинскими отходами в лечебно-профилактических учреждениях был изменён порядок утилизации медицинских отходов.

Цель: рассмотреть и оценить новые требования к обращению с медицинскими отходами в лечебно-профилактических организациях/учреждениях.

Задачи:

1) изучить и проанализировать законодательство в сфере обращения с медицинскими отходами;



2) оценить новые требования к обращению с медицинскими отходами;

3) дать рекомендации по оптимизации новых санитарных правил и норм по обращению с медицинскими отходами.

Материалы: СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».

Медицинские отходы – это отходы, которые образуются в процессе медицинской деятельности учреждений здравоохранения и часто могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду, так как в их состав входят химические, токсические и иные вредные вещества, и микроорганизмы.

Согласно СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», все медицинские отходы делятся на классы по степени их эпидемиологической, токсикологической, радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания:

1) класс А - отходы, не имеющие контакт с биологическими жидкостями пациентов, инфекционными больными (эпидемиологически безопасные отходы, по составу приближенные к ТКО)

К отходам класса А относятся – пеленки, простыни, халаты, не загрязненные биологической жидкостью, салфетки после дезинфекции датчиков УЗИ, электродов, поверхностей небольшого по площади оборудования. Гипс, ампулы и остатки стекла после вакцинации. Канцелярские принадлежности, упаковка, мебель, инвентарь, потерявшие потребительские свойства.

2) класс Б – отходы, инфицированные и потенциально инфицированные микроорганизмами 3-4 групп патогенности (эпидемиологически опасные отходы)

К ним относятся – материалы и инструменты, предметы, загрязненные кровью (другими биологическими жидкостями). Патологоанатомические отходы. Органические операционные отходы (органы, ткани и т. д.). Биологические отходы вивариев. Живые вакцины, не пригодные к использованию.

3) класс В – отходы от деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний 3-4 группы патогенности, а также в области использования генно-инженерно-модифицированных организмов в медицинских целях (эпидемиологически опасные отходы)

4) класс Г – отходы, не подлежащие последующему использованию (токсикологически опасные отходы 1-4 классов опасности)

К отходам класса Г относятся – ртутьсодержащие предметы, приборы и оборудование; лекарственные (в том числе цитостатики), диагностические, дезинфекционные средства; отходы от эксплуатации оборудования, транспорта, систем освещения, а также другие токсикологически опасные отходы, образующиеся в процессе осуществления медицинской и др.

5) класс Д – все виды отходов в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает допустимые уровни, установленные нормами радиационной безопасности (радиоактивные отходы)

С 1 марта 2021 г. вступил в силу новый СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

Ранее требования к обращению с медицинскими отходами были регламентированы СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».

Согласно п. 158. к обращению с медицинскими отходами класса А применяются требования Санитарных правил, предъявляемые к обращению с ТКО. Но это касается только санитарных правил и СанПиН 2.1.3684-21 правила к сбору, накоплению, к контейнерам и площадке схожи. Сбор медицинских отходов класса А осуществляется в соответствии с п.п. 170-173 СанПиН 2.1.3684-21, установлены отдельные требования к площадкам, контейнерам и их маркировке, обслуживанию. Согласно п. 203 СанПиН 2.1.3684–21 разрешается применение транспорта, используемого для перевозки ТКО.

Отходы класса А могут размещаться на полигоне, а не направляться на сортировку вместе с остальными ТКО, так как могут попадать отходы, загрязненные биологическими жидкостями больных, несмотря на то, что в СанПиН 2.1.3684-21 отходы класса А именуется как «не имеющие контакта с биологическими жидкостями пациентов».

Таким образом, новые санитарно-эпидемиологические правила и нормы нуждаются в разработке рекомендаций по оптимизации и дальнейшем рассмотрении. В новом СанПиН 2.1.3684-21 состав отходов

класса А изменен по сравнению с ранее действовавшим СанПиН 2.1.7.2790-10. Как указано в п. 157 СанПиН 2.1.3684-21 к отходам А относятся «использованные средства личной гигиены и предметы ухода однократного применения больных неинфекционными заболеваниями». Использованные предметы личной гигиены не могут не быть загрязнены биологическими жидкостями (поэтому описание состава отходов класса А в п.157 противоречиво). В ранее действовавшем СанПиН 2.1.7.2790-10 статус этих отходов не был определен, поэтому эти отходы часто относили к классу Б и Роспотребнадзор требовал предварительно их обеззараживать перед выбрасыванием с отходами класса А. Теперь эти отходы СанПиН 2.1.3684-21 допускает передавать как медицинские отходы класса А без проведения предварительного обеззараживания.

#### Литература

1. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарные правила и нормы "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»;
2. СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами»;
3. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

**Ю.В. Рева, П.О. Трегубов**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

### **К ВОПРОСУ О ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ПОНЯТИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В статье рассмотрено закрепление понятия первой помощи в законодательстве Российской Федерации, отличия первой помощи от первой медицинской помощи. Проанализированы нормативно-правовые акты, которые регламентируют первую помощь, права и обязанности граждан по отношению к данному понятию. Рассмотрена ответственность различных категорий субъектов за неоказание первой помощи, состояния потерпевшего, при которых оказывается первая помощь, мероприятия по оказанию первой помощи.

Ключевые слова: Нормативно-правовой акт, законодательство, первая помощь, первая медицинская помощь, потерпевший.

Статистические данные, связанные с техносферными происшествиями на территории Российской Федерации, свидетельствуют о том, что 85% пострадавших погибают вследствие не оказанной или неправильно оказанной первой помощи очевидцами на месте катастрофы, а только 15% погибают от повреждений, не совместимых с жизнью человека.

В связи с большим количеством пострадавших на техносферных происшествиях в современном мире актуальной представляется проблема обучения оказанию мероприятий первой помощи не только спецконтингента, но всего гражданского населения [1]. Таким образом, представляется огромная важность оказания первой помощи и ответственности, которая ложится на сотрудников службы спасения и МЧС, а также гражданских лиц, находящихся на месте техносферного происшествия.

Единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) в Российской Федерации предусматривается оказание пострадавшему в техносферном происшествии первой помощи до предоставления квалифицированной врачебной помощи. Однако до настоящего времени в системе МЧС России отсутствует единый, утвержденный ведомственным приказом, алгоритм оказания первой помощи [2].

В связи с вышеизложенным, **цель работы** – анализ понятия первой помощи, закрепленного в законодательстве Российской Федерации и подзаконных нормативно-правовых актах, отличия данного понятия от первой медицинской помощи.

Предлагается рассмотреть ответственность различных категорий субъектов за неоказание первой помощи, медицинские состояния потерпевшего лица, при которых оказывается первая помощь, мероприятия по оказанию первой помощи.

Положениями статьи 31 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» установлено, что первая помощь до оказания медицинской помощи оказывается гражданам при несчастных случаях, травмах, отравлениях и других состояниях и заболеваниях, угрожающих их жизни и здоровью, лицами, обязанными оказывать первую помощь в соответствии с федеральным законом или со специальным правилом и имеющими соответствующую подготовку, в том числе сотрудниками органов внутренних дел Российской Федерации, сотрудниками, военнослужащими и работниками Государственной противопожарной службы, спасателями аварийно-спасательных формирований и аварийно-спасательных служб. Водители транспортных средств и другие лица вправе оказывать первую помощь при наличии соответствующей подготовки и (или) навыков [3].

Пострадавшему лицу мероприятия первой помощи проводятся до прибытия на место происшествия представителей медицинских служб и в первую очередь призваны не допустить ухудшения состояния и сохранить человеку жизнь. Пострадавшему первая помощь оказывается немедленно и качественно, при создании условий для его дальнейшего лечения и выздоровления.

Первая помощь не заменяет собой медицинскую помощь со стороны медицинского персонала системы лечебных учреждений, обладающих соответствующей квалификацией, и оказывается лишь до прибытия медицинского работника при определённых, установленных законодательством, состояниях пострадавшего лица.

Нормами права определена обязанность оказывать первую помощь на месте происшествия работниками, сотрудниками и военнослужащими органов внутренних дел, Государственной противопожарной службы, в том числе и добровольными пожарными, спасателями, а также представителями охранных организаций. Для данной категории лиц установлена ответственность за неоказание мероприятий первой помощи, от дисциплинарной до уголовной (составы уголовных преступлений, предусмотренных ст. ст. 124, 125 Уголовного кодекса Российской Федерации [4]).

В условиях необходимости оказания первой помощи безотлагательно, в возможно кратчайшие сроки, право на ее оказание предоставлено очевидцам, которые находятся непосредственно рядом с пострадавшим лицом, при наличии у них соответствующих знаний, навыков и подготовки. В большинстве случаев это водители автотранспортных средств, охранники или работники предприятий и организаций, которым известны приемы оказания первой помощи, полученные на занятиях по профессиональной подготовке. У них чаще всего имеется аптечка, которую можно использовать для более эффективных действий по оказанию мероприятий первой помощи пострадавшему лицу[5].

Умение оказывать мероприятия первой помощи – это гражданский долг каждого человека. Федеральным законом "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" регламентирована обязанность граждан РФ, среди прочего, изучать приемы оказания первой помощи пострадавшим, постоянно совершенствовать свои знания и практические навыки в указанной области [6]. От качества оказания и своевременности мероприятий первой помощи в значительной степени зависит дальнейшее состояние здоровья потерпевшего и его жизнь.

Для граждан, добровольно оказывающих первую помощь, ответственность за ее неоказание законодательством не установлена, за

исключением случаев умышленного оставления лица, нуждающегося в первой помощи, в беспомощном состоянии.

В данном случае, как справедливо отмечает Владимирова О.В. [7], юридической ответственности за неправильное оказание помощи человек без медицинского образования не несет, так как жизнь человека провозглашена высшей ценностью, и сама попытка защитить эту ценность, ставится выше возможной ошибки в ходе оказания первой помощи, так как дает человеку шанс выжить.

Без оказания первой помощи в промежуток между происшествием и прибытием на место бригады скорой медицинской помощи, который чаще всего занимает несколько минут, у пострадавшего могут развиваться тяжелые нарушения жизнедеятельности организма, либо может быть констатирована его смерть[8].

Таким образом, первую помощь определяют, как комплекс мероприятий, направленных на поддержание жизни и здоровья, оказываемых до оказания медицинской помощи пострадавшим при несчастных случаях, травмах, отравлениях и других состояниях, и заболеваниях, угрожающих их жизни и здоровью, участниками оказания первой помощи [9]. Цель ее состоит в устранении явлений, которые угрожают жизни, человека и предупреждении дальнейших повреждений и возможных осложнений здоровья пострадавшего лица.

Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь и мероприятий оказания первой помощи получил законодательное закрепление в в Приказе Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации "Об утверждении перечня состояний, при которых оказывается первая помощь, и перечня мероприятий по оказанию первой помощи"[10].

Как отмечает Шарабанова И.Ю. [11], оказанием мероприятий первой помощи должен руководить один человек. Оказывать помощь следует уверенно, спокойно, не проявляя суетливости, и руководствуясь основным правилом: не причинить большего вреда пострадавшему лицу своими неумелыми действиями.

В данной работе мы предлагаем следующий универсальный алгоритм оказания первой помощи на месте техносферного происшествия:

– Согласно действующему законодательству граждан Российской Федерации, если он по религиозным, половым, расовым и другим причинам не хочет этого делать, не обязан оказывать первую помощь, если законом не установлено иное, однако он **обязан сообщить в специализированные службы о том, что человеку требуется медицинская помощь.** Такое сообщение целесообразно проводить после мероприятий по оценке окружающей обстановки и состояния потерпевшего, очевидцем в обязательном порядке должен быть

произведен вызов скорой медицинской помощи посредством телефонной и иным видам связи;

– Единый номер вызова службы скорой медицинской помощи на территории Российской Федерации - «103» или «112». *До звонка в скорую медицинскую помощь необходимо уточнить место расположения* – адрес места происшествия, где находится пострадавший, пути проезда и подъезда с ориентирами, при необходимости, согласовать с оператором кто и где будет встречать оперативные службы[12];

– Необходимо также сообщить количество пострадавших, их пол и возрастные характеристики, краткие обстоятельства произошедшего и информацию о заявителе. Позвонить по номеру экстренных служб можно, в том числе при отрицательном балансе на счету и отсутствии SIM-карты в телефоне[13];

– Первая помощь не обязательно предполагает использование специальных медицинских инструментов, лекарств и оборудования, однако, в медицинское аптечке должны находиться средства для оказания первой помощи.

### **Выводы**

Авторы данной работы согласны с мнением С.С. Алексанина и В.Ю. Рыбникова [2] о необходимости разработки для системы МЧС России единого, утвержденного ведомственным приказом, алгоритма оказания первой помощи.

В работе представлен разработанный алгоритм и рекомендации оказания первой помощи сотрудниками аварийно-спасательных формирований МЧС России, а также рекомендаций по оснащению имуществом для оказания первой помощи.

Обоснована необходимость принятия данного алгоритма и его утверждения ведомственным приказом МЧС России.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Безопасность жизнедеятельности. Первая помощь: учебное пособие для спасателей и очевидцев, оказывающих помощь на месте происшествия. / Под общей ред. О.М. Латышева. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2013, с. 5.

2. Рекомендации по основам оказания первой помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях сотрудниками, военнослужащими и работниками ГПС и спасателями аварийно-спасательных формирований и аварийно-спасательных служб МЧС России. Методические рекомендации. /Под редакцией проф. С.С. Алексанина, проф. В.Ю. Рыбникова. – СПб: Политехника-сервис, 2015, с. 4.

3. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021).

4. "Уголовный кодекс Российской Федерации" от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 01.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 22.08.2021);

5. Красильникова, И.М. Неотложная доврачебная медицинская помощь. – М., 2015.
6. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".
7. Первая помощь при несчастных случаях и заболеваниях, угрожающих жизни и здоровью человека: учебное пособие. – Ставрополь. Изд-во СтГМУ, 2017, с. 11.
8. Гребнев, А.Л. Основы общего ухода за больными: Учебное пособие. – М., 2019. 157с.
9. Первая помощь: учебное пособие для лиц, обязанных и (или) имеющих право оказывать первую помощь. – М.: ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, 2018 г., с. 14.
10. Приказ Минздравсоцразвития России от 04.05.2012 N 477н (ред. от 07.11.2012) "Об утверждении перечня состояний, при которых оказывается первая помощь, и перечня мероприятий по оказанию первой помощи" (Зарегистрировано в Минюсте России 16.05.2012 N 24183).
11. Шарабанова, И.Ю. Основы медицинских знаний с курсом первой помощи. Учебное пособие. – Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2008, с. 49.
12. Оказание первой помощи / Памятка под ред. Л.И. Дежурного. – М., 2005, с. 4.
13. Зернов, А.Н. Домашняя книга о первой помощи: Учебное пособие – М., 2020.

## **П.Д. Пушкарева**

Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

### **ОПЫТ УСТАНОВКИ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА НОВОЛИПЕЦКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ**

Проблемы окружающей среды, экологии всегда были и остаются в ряду наиболее актуальных, поэтому реализация национального проекта «Экология» становится ключевым шагом к устойчивому развитию государства: соблюдению гармоничного, рационального баланса интересов — экономического роста и экологической безопасности. В числе приоритетных задач – создание условий для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, а также для снижения выбросов парниковых газов и адаптации к изменению климата. В условиях промышленного города проблема стоит особо остро.

Ключевые слова: экология, промышленные предприятия, очистные сооружения, металлургический комбинат, природоохранный комплекс, загрязняющие вещества, сточные воды, биохимическая очистка.

До недавних пор г. Липецк входил в первую десятку городов России, в которых в несколько и более раз были превышены допустимые концентрации загрязняющих веществ. Загрязнение атмосферы и водных ресурсов вредными веществами – была и остается одной из самых актуальных проблем Липецкой области. Основными загрязнителями атмосферного воздуха и воды являются промышленные предприятия



города. А их не мало: кроме НЛМК тут есть стекольный, тракторный, цементный, горнодобывающий, трубный, полимерный, механический и лакокрасочный заводы [1-4].

Однако за последнее десятилетие ситуация стала меняться к лучшему, во много благодаря Нацпроекту «Экология» [6-8]. Так, на Новолипецком металлургическом комбинате завершилось строительство установки биохимической очистки сточных вод коксохимического производства, начавшееся еще 2009 и проходившее в 3 этапа [5, 9]. Это один из проектов Экологической программы 2020, реализуемой Группой НЛМК. Этот природоохранный комплекс металлургии называют уникальным – в России ему нет аналогов.

Оригинальную технологию глубокой биохимической очистки сточных вод специально для НЛМК разработали российские ученые. Восемь гигантских емкостей-реакторов возвышаются над землей. Сотрудники комбината стопроцентно контролируют их герметичность. Все сооружения и коммуникации установлены на бетонированной изолированной площадке, оборудованной устройством сбора дождевых, талых и дренажных вод. Это позволяет исключить вероятность загрязнения грунтовых вод в случае неожиданной разгерметизации емкостей. Реакторы полностью закрыты, что препятствует испарению специфических загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Из них газ по воздухоотводам поступает в биофильтры, где бактерии нейтрализуют вредные вещества. Затем эту воду повторно используют в технологическом цикле, что сокращает потребление свежих ресурсов.

Сама идея не нова, поскольку биохимическая очистка сточных вод применяется и на городских очистных сооружениях. Но для каждого вида загрязняющего вещества должны быть подобраны свои микроорганизмы. Здесь удаление фенолов, роданидов, цианидов, азотных соединений происходит в одну стадию, а не в несколько этапов. И в этом тоже заключается уникальность данного объекта. По расчетам специалистов, эффективность новой установки производительностью 160 кубических метров в час – в 20 раз выше прежней. А исключение из технологии традиционных стадий позволяет обеспечить высокий (до 95 %) эффект очистки сточных вод от нитритов и нитратов [9].

После проведения испытания комплекса металлургами в 2015 г. объект вышел на полную производственную мощность, и эксплуатация старой установки, построенной еще в 1970-е, была прекращена, что позволило провести на освободившейся территории реконструкцию всей химической составляющей коксохимического производства. Старая система очистки всегда была проблемным участком, потому что высокотоксичные вещества попадали в атмосферу и причиняли огромный ущерб экологии и здоровью населения. Для Липецка, города с большим количеством промышленных предприятий, уменьшение выбросов даже на

килограммы – уже положительный результат. Среди ключевых мероприятий Экологической программы 2020, которые осуществила Группа НЛМК на липецкой производственной площадке, также были строительство и реконструкция пылеулавливающих установок, модернизация комплекса охлаждения доменного шлака, рекультивация шлакового отвала, образовавшегося за десятки лет работы комбината [8]. Как отметили в пресс-службе компании, реализация экологической программы позволила снизить удельные выбросы с 22,6 до 19,4 килограмма на тонну выплавленной стали, что соответствует уровню лучших доступных технологий мировой металлургической отрасли [9].

По оценкам специалистов, новый природоохранный комплекс позволил исключить возможность загрязнения грунтовых вод и существенно снизить выбросы в атмосферу специфических загрязняющих веществ, образующихся при испарении воды.

Справка. НЛМК – вертикально интегрированная металлургическая компания. Ее производственные активы расположены в России, Европе и США. Совокупная мощность по производству жидкой стали компании превышает 17 миллионов тонн в год, основную долю – около 16 миллионов – формируют российские предприятия. Ведущей производственной площадкой Группы НЛМК является Новолипецкий металлургический комбинат, где производят около 18% отечественной стали. Металлопродукция НЛМК применяется в различных стратегически важных отраслях экономики: от строительства и машиностроения до производства энергетического оборудования и труб большого диаметра [5].

#### Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Липецкой области в 2012 году / Администрация Липец. обл. // Липецкая газета. 2013. 1 марта. С. 39. (Офиц. отдел).
2. Экологические проблемы Липецкой области по результатам анализа обстановки общественными организациями: (независимая эксперт. оценка) / [авт.-сост. В. П. Сазонов]; Липец. обл. клуб "Эколог"; Липец. соц.-экол. союз. – Липецк: Контакт, 2011. 31 с.
3. <http://region.lib48.ru/natgeo/priroda-lipetska/ekologi-problemy> - экологические проблемы Липецкой области.
4. <http://politdozor.ru/jekologicheskie-problemjy-lipetskoy-oblasti-vliyanie-deyatelnosti-cheloveka-na-situatsiyu-v-regione.html> - экологические проблемы Липецкой области.
5. <https://nlmk.one/stream/> -Новолипецкий металлургический комбинат
6. <http://ekolip.ru/news/ekologiya-kak-konstanta-ustoychivogo-razvitiya-regiona.html> - Национальный проект «Экология».
7. <https://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/lipetsk.html>-экологические проблемы Липецкой области.
8. <http://ekolip.ru/oku-gts/> - доклады «Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области» за период 2011-2019 гг.
9. <https://rg.ru/2014/10/28/reg-cfo/pravila.html> -природосберегающие технологии.

**И.В. Слостя, Е.В. Худякова, М.Н. Степанцевич**

ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ВЫСОТОТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ**

Рассмотрены изменения в системе организации обращения с отходами 1 и 2 класса опасности в России и эколого-экономические проблемы их термического обезвреживания. При широком развитии технологий сжигания отходов в России наиболее перспективными для высокотоксичных отходов являются технологии пиролиза и газификации.

Ключевые слова: высокотоксичные отходы, термическое обезвреживание, сжигание отходов, метод газификации, пиролиз, загрязнение окружающей среды, диоксины.

В соответствии со стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления и в рамках Национального проекта «Экология» и федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности» в России создается комплексная система по обращению с высокотоксичными отходами. Она предусматривает создание производственно-логистической инфраструктуры для их обезвреживания и переработки во вторичные продукты и государственной информационной системы учета и контроля за их обращением (ФГИС ОПВК).

В 2019 году количество отходов 1 и 2 классов опасности составляло 10 млн тонн и каждый год увеличивается на 350-400 тыс. тонн, перечень отходов включает более четырехсот наименований. Доля переработки высокотоксичных отходов в настоящее время не превышает 1,5%. Главный целевой критерий создаваемой системы – до конца 2024 года увеличить долю перерабатываемых отходов до 65%.

Для выполнения этой задачи в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» [1] были утверждены правила разработки, утверждения и корректировки схемы обращения с отходами 1 и 2 классов опасности [2]. Согласно новой схеме все юридические лица и индивидуальные предприниматели, в результате хозяйственной и (или) иной деятельности которых образуются отходы I и II классов опасности, должны будут заключать договоры с федеральным оператором по обращению с отходами 1 и 2 класса опасности (федеральным экологический оператором (ФЭО), являющимся подразделением «Росатома»).

**ФЭО будет организовывать учет, сбор, транспортировку, обработку, обезвреживание и утилизацию высокотоксичных отходов по всей России как на своих мощностях, так и заключая договоры на переработку и транспортирование с организациями, имеющими на это соответствующие лицензии –операторами по обращению с отходами 1 и 2 классов опасности. При наличии лицензии предприятия, образующие отходы, могут осуществлять их утилизацию самостоятельно. ФЭО будет и оператором создаваемой ФГИС ОПВК. С 1 марта 2022 года участники схемы смогут заключать договоры с ФЭО только через ФГИС ОПВК, что позволит отслеживать все операции с отходами.**

Для переработки отходов 1 и 2 классов опасности будут переоборудованы семь заводов, совокупная производственная мощность которых составит примерно 350 тыс. т отходов в год. Четыре из них –это предприятия по уничтожению химического оружия в Кировской, Курганской, Саратовской областях и Удмуртии. Для переработки отходов будут использованы физико-химические методы (для неорганических отходов), демеркуризация (для ртутьсодержащих отходов) и высокотемпературное обезвреживание (для горючих органических, комбинированных и смешанных органических и неорганических отходов). Это позволит не только уменьшить количество захораниваемых отходов, но и получать полезные продукты для повторного использования в производственных процессах.

Из применяемых в последние годы методов высокотемпературного обезвреживания отходов наиболее распространены сжигание, пиролиз и газификация. В России чаще используют сжигание отходов. Все термические способы обезвреживания отходов несут в себе высокую экологическую опасность, связанную прежде всего с образованием чрезвычайно токсичных веществ – диоксинов и фуранов, являющихся ядами беспорогового действия, в ничтожно малых концентрациях, оказывающих выраженное канцерогенное действие, вызывающих нарушения работы эндокринной и иммунной систем, репродуктивной функции и накапливающихся в организме (ПДК диоксинов в атмосферном воздухе составляет 0,1 нг/м<sup>3</sup>). Диоксины относятся к стойким органическим веществам, способным сохраняться в объектах окружающей среды десятилетиями. Наибольшие риски представляет обезвреживание хлорорганических отходов, которых в стране ежегодно образуется 40-50 тыс. т. (только при производстве 1 т винилхлорида образуется 30-50 кг хлорорганических отходов).

Помимо загрязнения атмосферного воздуха диоксинами, фуранами, бензапиреном и другими полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), а также соединениями серы, азота, фтора и другими веществами в результате неполной очистки топочных газов в процессе обработки отходов образуются токсичные зола, в том числе

летучая, сажевые аэрозоли и шлак, содержащие тяжелые металлы и несгоревшие органические примеси, составляя 20-30% от исходного количества отходов. Летучая зола и сажевые аэрозоли являются при этом адсорбентами и транспортировщиками диоксинов и других ПАУ, тяжелых металлов, в том числе при ресинтезе диоксинов при снижении температуры. Токсичные зола и шлак нуждаются в последующем захоронении на специализированных объектах. Оседая из атмосферы загрязнители попадают в почву, а затем в растения. Таким образом, при термическом обезвреживании отходов образуются еще более токсичные соединения, которые еще сложнее утилизировать. Нужно признать, что в настоящее время не существует абсолютно экологически безопасной технологии переработки высокотоксичных отходов в полностью безопасное сырье.

В связи с этим определяющее значение имеет выбор такой технологии переработки опасных отходов, которая бы обеспечивала максимальную экологичность при приемлемых показателях экономической эффективности при постоянном автоматизированном контроле состава отходящих газов. Такие технологии чрезвычайно дорогостоящи и требуют больших капиталовложений в сооружения по очистке дымовых газов, нейтрализации токсичных веществ, захоронению образующихся высоко- и чрезвычайно опасных отходов. Стоимость оборудования по многоступенчатой очистке дымовых газов может составлять от половины до двух третей капитальных вложений. Поэтому обезвреживание токсичных отходов на небольших предприятиях и тем более мобильных установках, не позволит достичь должных эколого-экономических показателей, прежде всего из-за низкой производительности, периодического режима загрузки и нерентабельности их оснащения дорогостоящими системами очистки дымовых газов [3]. При этом в России часто используют небольшие установки производительностью от 0,01 до 1 т/ч. Оснащение таких объектов многоступенчатыми системами очистки дымовых газов не будет рентабельным [3].

Оптимальным для достижения необходимых эколого-экономических показателей является производительность оборудования 1-4 т/ч [3]. Производительность крупных комплексов может достигать 10-12 т/ч. Создание крупных экотехнопарков по переработке отходов 1 и 2 классов опасности позволит утилизировать отходы с максимальным задействованием имеющихся мощностей предприятий по уничтожению химического оружия при условии их модернизации в соответствии с предъявляемыми экологическими требованиями.

Наиболее перспективными по сравнению со сжиганием являются технологии пиролиза и газификации, так как позволяют не только уменьшить массу отходов на 70-90%, но и получить помимо энергии

полезные продукты для повторного использования (пиролизную жидкость, синтез-газ). Эти технологии требуют больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат. Наиболее затратной и энергоемкой является технология газификации, особенно плазменной: капитальные затраты могут составить 265-500 млн. евро, а эксплуатационные – порядка 10-15% от исходных капиталовложений [4, 5]. Однако экологические платежи, приходящиеся на единицу перерабатываемых отходов, при этой технологии будут почти в 3,4 и 3,9 раза меньше, чем при пиролизе и сжигании соответственно [5]. В России технологии пиролиза и газификации не получили широкого распространения (за исключением использования пиролиза для переработки нефтешламовых отходов), ввиду их низкой рентабельности, связанной как с высокими затратами на переработку, так и с низкой ликвидностью получаемых вторичных продуктов, доходы, от повторного использования которых не покрывают затрат на переработку отходов.

Одним из важнейших аспектов развития в России утилизации и обезвреживания опасных отходов является формирование собственного научно-технического и производственного потенциала. Необходим переход на отечественное оборудование с постепенным уменьшением доли импорта, государственная поддержка отечественных машиностроительных предприятий, выпускающих оборудование для переработки отходов на основе инновационных технологий. Немаловажными являются и разработка технологий вторичного использования ресурсов и создание рынка вторичных ресурсов, а также технологий и оборудования для переработки отходов и использования вторичных ресурсов, стимулирование спроса на продукцию, произведенную из отходов.

#### Литература

1. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс] : федер. закон (№ 89-ФЗ): [принят Гос. Думой 22 мая 1998 г.: одобрен Советом Федерации 10 июня 1998 г.]. Доступ из справ.-правовой системы "КонсультантПлюс". URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109) (дата обращения: 22.10.2021).

2. Об утверждении Правил разработки, утверждения и корректировки федеральной схемы обращения с отходами I и II классов опасности [Электронный ресурс] : Постановление правительства РФ от 10 октября 2019 года N 1305]. Доступ из справ.-правовой системы "КонсультантПлюс". URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=335765&dst=1000000001%2C0#4AeIfmSQZ5cyxxdk> (дата обращения: 22.10.2021).

3. Бернадинер, М.Н. Высокотемпературная переработка и обезвреживание жидких, пастообразных и твердых промышленных и медицинских отходов [Текст] / М.Н. Бернадинер, И.М. Бернадинер // Экология и промышленность России. – 2011. – № 4. – С. 19–21.

4. Мишустин, О.А. Технико-экономическое обоснование технологии утилизации органических и неорганических углеродсодержащих отходов методом

пиролиза [Электронный ресурс] / О.А. Мишустин, С.Б. Хантимирова, Н.В. Грачева, В.Ф. Желтобрюхов // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5602> (дата обращения: 22.10.2021).

5. Хантемирова, С.Б. Анализ и обоснование выбора способа переработки отходов производства и потребления [Электронный ресурс] // С.Б. Хантимирова, О.А. Мишустин, Н.В. Грачева, В.Ф. Желтобрюхов // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/6503> (дата обращения: 22.10.2021).

# **Разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий**

**О. М. Абдухалилов<sup>1</sup>, С. Г. Скугорева<sup>2</sup>, А. И. Фокина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Вятский государственный университет

<sup>2</sup>Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

## **ЯИЧНАЯ СКОРЛУПА КАК ИСТОЧНИК КАЛЬЦИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ГЛИЦИНАТА КАЛЬЦИЯ**

Для синтеза глицината кальция (ГК) в качестве источника кальция была использована яичная скорлупа. Был получен белый со светловато-желтым оттенком кристаллический порошок, который хорошо растворяется в воде. Выход ГК из ЯС составил 81,42%. Методом ионной хроматографии установлено, что содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в полученном продукте составляет в среднем 198,8 мг/г ГК, что вполне соответствует формуле дигидрата ГК.

Ключевые слова: яичная скорлупа, кальций, синтез глицината кальция

Кальций является важнейшим элементом в организме человека. Наряду с участием в формировании костной ткани, кальций также участвует в регуляции внутриклеточных процессов, передаче нервного импульса, обеспечивает проницаемость клеточных мембран, влияет на секрецию гормонов, участвует в свертывании крови и т. д. [1, 2].

Кальций поступает в организм человека с пищевыми продуктами (фрукты, овощи, крупы, мясо и т. д.). Главными источниками кальция являются молоко и молочная продукция, которые отличаются большим содержанием элемента (около 70–80%) [2].

Недостаточное поступление кальция в организм и несоблюдение «правильного питания» приводит к заболеваниям костной ткани, например, остеопорозу [1]. По статистике, в России остеопорозом страдают около 34 млн человек. При данном заболевании изменяется минеральный состав костной ткани, снижается ее плотность и нарушается внутреннее строение кости, т. е. происходит «потеря» костной ткани. Для поддержания достаточного уровня кальция в костях широкое распространение получило применение препаратов кальция [3]. Поиск альтернативных источников кальция является актуальной задачей для исследователей.

Яичная скорлупа (ЯС) – естественный, природный источник кальция, который до 95% состоит из карбоната кальция [4]. В «твердом» виде, в виде карбоната, кальций не является биодоступным и плохо усваивается в организме человека. Кроме того, его применение в качестве пищевой



добавки может сопровождаться повреждением желудочно-кишечного тракта [5].

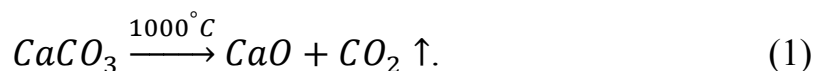
Яичная скорлупа является одним из широко используемых в пищевой промышленности и заводами-изготовителями побочных продуктов (отходов). По статистике объем производимой ЯС во всем мире достигает около 250 тыс. т в год, однако ЯС до сих пор не нашла своего достойного применения [6].

Большой доступностью кальция отличаются его хелаты (глицинаты, цитраты и др.). На этом и основаны современные фармацевтические препараты кальция.

Целью данной работы было использование яичной скорлупы как источника кальция в синтезе глицината кальция (ГК).

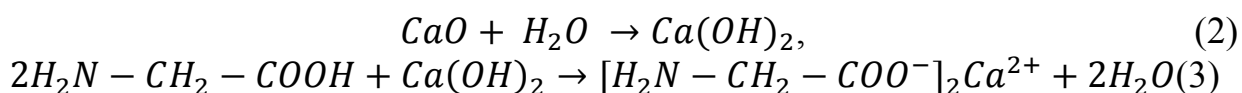
Синтез ГК осуществляли из ЯС и глицина (ч.д.а., ГОСТ 5860-75, производства АО «Вектон») по методике [7, 8] в трехкратной повторности. Выход продукта рассчитывали гравиметрическим методом. Содержание неорганических катионов, в том числе  $Ca^{2+}$ , в полученном продукте определяли методом ионной хроматографии по ФР.1.31.2008.01738.

Яичную скорлупу подвергали предварительной обработке: скорлупу промывали водой, кипятили 20 мин при 100 °С, высушивали на открытом воздухе. Высушенную скорлупу измельчали с помощью размалывающего устройства марки DEXPCG-0201 так, чтобы размер частиц был менее 1 мм. Далее измельченную ЯС прокаливали в муфельной печи при 1000 °С в течение 3 ч по методике [8]. Получили белый порошок, в основном состоящего из оксида кальция, по реакции:



К раствору 5 г глицина в 20 мл воды при 80–85 °С порциями прибавили 1,85 г полученного из ЯС оксида кальция. Реакционная смесь нагревалась до 90–95 °С в результате экзотермической реакции гашения извести (2). Далее, для полноты гашения, поддерживали температуру 90 °С в течение 40 мин.

Образовавшиеся известковое молоко в виде мути нейтрализовалось аминокислотой:



Небольшой осадок оксида и гидроксида кальция, не вступившие в реакцию, отфильтровали. Гомогенный, студнеобразный фильтрат упаривали при 120 °С. Наблюдали выпадение белых кристаллов дигидрата глицината кальция –  $[H_2N-CH_2-COO]_2Ca \cdot 2H_2O$ .

Результаты опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Выход продукта синтеза глицината кальция

| № | Масса оксида кальция, г | Масса глицина, г | Теоретическая (рассчитанная) масса ГК, г | Практическая масса ГК, г | Выход продукта, % |
|---|-------------------------|------------------|--|--------------------------|-------------------|
| 1 | 1,851                   | 5,012            | 6,212                                    | 4,715                    | 75,89             |
| 2 | 1,848                   | 5,012            | 6,204                                    | 5,034                    | 81,14             |
| 3 | 1,850                   | 5,012            | 6,210                                    | 5,417                    | 87,23             |

Масса синтезированного ГК составила 4,715–5,417 г. Выход продукта варьировал от 75,89 до 87,23%. Среднее значение выхода ГК равно 81,42%, что очень близко к результатам авторов монографии [7] (76,2%), синтезировавших ГК по данной методике.

По результатам хроматографического анализа было определено три иона в составе синтезированного ГК:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  (табл. 2). Содержание ионов кальция в ГК варьировало от 187,9 до 205,0 мг/г. Наименьшее содержание ионов кальция 187,85 мг/г установлено в первой пробе. Максимальное содержание ионов кальция было во второй (203,4 мг/г) и третьей пробах (205,0 мг/г). Среднее содержание ионов кальция составило 198,8 мг/г ГК, т. е. 19,88%, что вполне соответствует формуле дигидрата ГК (рассчитанная массовая доля кальция в дигидрате составляет 17,85%).

Ионы натрия идентифицированы во всех пробах. Их максимальное содержание (29,60 мг/г) было в первой пробе. Вторая и третья пробы отличаются от первой на 7,7 и 5,2% соответственно. Среднее содержания натрия составило 27,2 мг/г ГК. Содержание ионов магния было ниже предела обнаружения метода.

Таблица 2

Содержание ионов ( $C_m$ ) в синтезированном ГК, мг иона/г ГК

| № | Масса ГК, г | $\text{Ca}^{2+}$    |                    | $C_m(\text{Na}^+)$ |      |
|---|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|------|
|   |             | $C_m$ теоретическое | $C_m$ практическое |                    |      |
| 1 | 0,3522      | 212,8               | 187,9              | 29,6               | 27,2 |
| 2 | 0,3545      | 212,8               | 203,4              | 25,4               |      |
| 3 | 0,3535      | 212,8               | 205,0              | 26,7               |      |

В работе [9] показано наличие кальция, магния, фосфора и азота в составе ЯС. Результаты нашего анализа также подтверждают присутствие других ионов в составе синтезированного ГК, что свидетельствует о наличии других элементов в ЯС.

Таким образом, в ходе проведенной работы для синтеза глицината кальция в качестве источника кальция была использована яичная скорлупа. Был получен белый со светловато-желтым оттенком кристаллический порошок, который хорошо растворяется в воде. Выход ГК из ЯС составил 81,42%. Методом ионной хроматографии установлено, что содержание

ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в полученном продукте составляет в среднем 198,8 мг/г ГК, что вполне соответствует формуле дигидрата ГК.

В дальнейшем планируется использование метода ИК-спектроскопии для определения точного химического строения синтезированного ГК.

Глицинат кальция, полученный из ЯС, может быть перспективным для создания биологически активной добавки.

#### Литература

1. Громова, О. А. Значение дефицита кальция в педиатрии и пути его коррекции / О. А. Громов // Вопросы современной педиатрии. – 2007. – Т. 6. – № 2. – С. 82-87.
2. Кожевникова, Е. Н. Значение кальция в питании детей / Е. Н. Кожевникова, С. В. Николаева // Вопросы современной педиатрии. – 2010. Т. 9. - № 5. – С. 95-98.
3. Лесняк О. М. Аудит состояния проблемы остеопороза в странах Восточной Европы и Центральной Азии 2010 / О. М. Лесняк // Остеопороз и остеопатии. – 2011. – №2. – С. 3-6.
4. Аспекты получения растворимых органических форм кальция из яичной скорлупы / Н. С. Родионова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97. – №8. – С. 762-766.
5. Hunton, P. Research on eggshell structure and quality: an historical overview / P. Hunton // Brazilian Journal of Poultry Science. – 2005. – Vol. 7, № 2. – P. 67-71.
6. Arabhosseini, A. Application of eggshell wastes as valuable and utilizable products: A review. / A. Arabhosseini, H. Faridi // Research in agricultural engineering. – 2018. – Vol. 64, № 2. – P. 104–114.
7. Кадырова, Р. Г. Синтез и свойства комплексных солей биогенных кислот макро и микроэлементов. Монография / Р. Г. Кадырова, Г. Ф Кабиров, Р. Р. Муллахметов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – 115 с. ISBN 978-5-89873-454-1.
8. Sheng, Sh. Study of The Preparation of Calcium Citrate from Egg Shell Powder Abstract / Sh. Sheng, Shu-ling, X. Zheng, F. Meng // Journal of Xuchang University. – 2003. – Vol. 22, № 2. – P. 115-117.
9. Kryzhova, Yu.P. Development of new products for the prevention of calcium deficiency / Yu.P. Kryzhova, I.I Shevchenko, M.A. Morozova, S.V. Kovalenko // Scientific Messenger LNUVMB. – 2017. – Vol. 19, № 80. – P. 48-51.

**О.М.Антонова, А.Ю. Кошуро**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

#### **ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

Рассмотрено влияние ртутного загрязнения на состояние окружающей среды и здоровье человека. Проведен анализ обращения с ртутьсодержащими отходами и рассмотрены наилучшие доступные технологии, существующие в России и за рубежом, способные решить проблему переработки ртути.

Ключевые слова: ртуть, ртутьсодержащие отходы, утилизация, рециклинг, ртутьорганические соединения, тяжелые металлы, токсичность.

Ртуть признана одним из наиболее опасных соединений негативно воздействующих на организм различных видов биообъектов, включая человека. Загрязнение ртутьсодержащими соединениями окружающей среды связано с производством продукции и отходами технологических процессов на предприятиях. С 2020 года согласно Минаматской конвенции запрещается производство, экспорт и импорт некоторых видов ртутьсодержащих материалов [1]. Предписано регулирование использования ртути, сокращение производства некоторых ртутьсодержащих материалов, ограничение ряда технологических процессов [2]. Решение проблемы утилизации ртутьсодержащих отходов, связано с решением задач техногенной безопасности, внедрение в практику инновационных технологий переработки соответствующих отходов, что является **актуальным** на современном этапе создания производственно-технических комплексов.

В техногенезе ртуть накапливается в отходах многих производств в виде простого вещества и в виде ртутьорганических соединений [3]. Ртутьорганические соединения — химические соединения, содержащие один или несколько атомов ртути, непосредственно связанных с атомами углерода [4]. Ртуть и ртутные соединения относятся к первому классу опасности, поэтому требуют особых условий утилизации и переработки. Ртутьсодержащие отходы (PCO) – это ртутьсодержащие изделия, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства (отработанные или пришедшие в негодность), металлическая ртуть, материалы и предметы, загрязненные, металлической ртутью и ее соединениями [5].

По содержанию металлической ртути ртутьсодержащие отходы подразделяют на 4 группы:

- металлическая ртуть, загрязненная механическими включениями или растворенными химическими веществами, при массовой доле основного вещества 95 % и более (далее - отходы металлической ртути);
- отходы с массовой долей металлической ртути 50 % и более (далее - отходы, содержащие металлическую ртуть);
- отходы, содержащие металлическую ртуть, ее неорганические и/или органические соединения, при массовой доле ртути от 0,026 % до 50 % (далее - концентрированные PCO);
- отходы, содержащие ртуть или ее соединения массовой долей от 0,00021 % (ПДК ртути в почве) до 0,026 % (далее – отходы с низким содержанием ртути) [6].

Отходы 1-й группы перерабатывают с целью получения товарной металлической ртути механическими и/или физико-химическими

методами, в том числе фильтрованием, промывкой растворителями (кислотами и щелочами), дистилляцией или электрохимическим рафинированием. Методы обезвреживания, при которых осуществляется обработка раздробленных изделий химическими демеркуризаторами с целью перевода ртути в трудно растворимые соединения, предполагает многократную промывку отходов растворами, что приводит к перераспределению ртути в раствор в виде устойчивых комплексов и, как следствие, вызывает необходимость создания дорогостоящих систем очистки промывных вод.

Отходы 2-й группы перерабатывают на специализированных предприятиях с целью получения металлической ртути при массовой доле основного вещества не менее 95 %, т. е. не уступающей отходам 1-й группы. При переработке используют методы, включающие прогревание или прокаливание в установке, приспособленной для испарения ртути и для конденсации паров. Если качество полученной ртути не соответствует требованиям к товарному продукту, полученную ртуть дополнительно очищают методами, используемыми при переработке РСО 1-й группы [7]. Термические установки обезвреживания ртутных отходов сложны в эксплуатации, энергоемки, требуют высоких температур, надежных систем сорбции ртути из отходящих газов. Они не исключают вероятности выброса газов в атмосферу при возможном нарушении герметичности технологических линий, а также при сбросе отходов в сточные воды и локального загрязнения окружающей среды.

Отходы 3-й группы перерабатывают с целью выделения из них металлической ртути или ее соединений, пригодных для повторного использования. Переработка осуществляется методами комбинированного использования жидких химических демеркуризационных препаратов и инертных твердых наполнителей или связующих веществ путем перевода продуктов ртути в нерастворимые нетоксичные сульфиды ртути и железа. В следствии образования малого количества таких отходов их складировать с целью последующей переработки [8, 9].

Отходы 4-й группы перерабатывают аналогично отходам 3-й группы или размещают на полигонах по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов, в случае если полигоны обладают соответствующими технологиями и оборудованием по обеспечению перевода ртути или ее соединений в мало летучие и малорастворимые состояния. Наиболее серьезным недостатком таких методов является необходимость размещения полученных продуктов переработки на полигонах. При этом не исключается возможность загрязнения окружающей среды при нарушении правил по размещению и хранению опасных отходов на полигонах, относящихся к 4 классу опасности.

В России на данный момент для переработки ртутьсодержащих отходов используются в основном установки для термической

демеркуризации типа УРЛ-2М и УДМ-3000, установку «Экотром-2», основанные на принципе разрушения ламп и разделения их на компоненты с последующим раздельным сбором.

Установка «Экотром-2» (разработана в 1990-х гг.) предназначена для проведения переработки всех видов энергосберегающих ламп (рисунок).

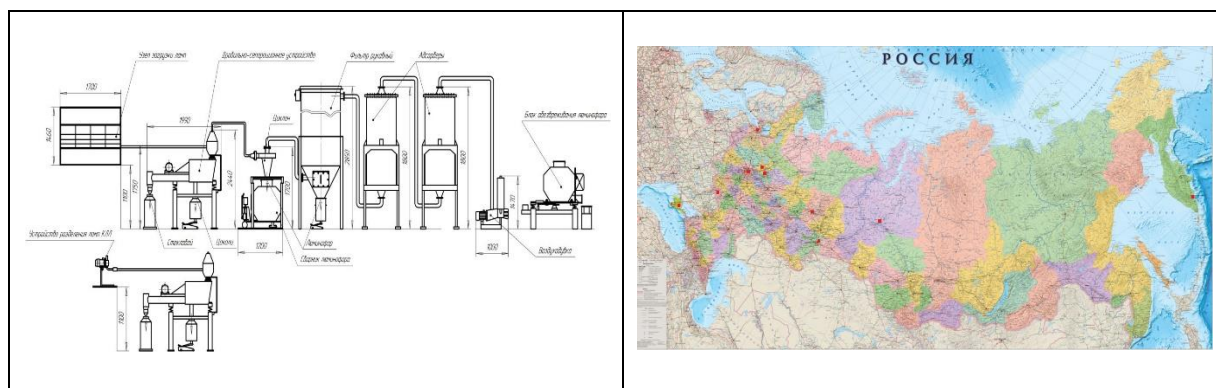


Схема устройства оборудования «Экотром-2» и города России, в которых применяется установка «Экотром-2»

Лампы разрушаются, отделяются стеклянный бой, лом черных и цветных металлов и ртутьсодержащий люминофор. Выделенные в процессе разрушения компоненты раздельно собираются в транспортные технологические сборники. Отделение люминофора от стекла происходит с помощью выдувания в условиях вибрации. Стекло поступает в бункер, а затем в накопитель. Постепенно происходит очистка воздуха газоочистным оборудованием. Поэтапно воздух проходит циклон, рукавный фильтр, кассетный фильтр, производственный адсорбер, цеховой адсорбер, санитарный адсорбер. Люминофор и другие отработанные материалы смешиваются с цементом и водными растворами от демеркуризации помещения, затем обрабатывается особыми веществами, которые переводят большую часть ртути в сульфид ртути – наиболее устойчивую форму ртути. Смесь цемент-люминофор отправляется на предприятия для получения вторичного сырья ртути, стекло на строительные предприятия, металлы используются как вторсырье. Таким образом, данная технология позволяет извлекать из отходов ламп до 95% ртути при этом прочно ее фиксировать для избегания потерь.

Отечественные и зарубежные технологии по демеркуризации основаны на трех принципах: полный отказ от высокотемпературных и жидких технологий, при котором не образуется выбросов и стоков в окружающую среду и исключает возможность вторичного загрязнения ртутью и другими веществами; получение наименьшего числа видов конечного продукта для снижения количества остатков ртути на других компонентах; отделение люминофора в отдельное сырье для получения вторичной ртути.

Существенным отличием некоторых зарубежных установок от российских является увеличение выхода ртути и более безопасные технологии утилизации ртутьсодержащих отходов. Например, Шведская фирма «MRT system» предлагает технологию переработки люминисцентных ламп, с дополнительной обработкой люминофора рекуперированного в ртуть с выходом до 99,99%. Разработки американской фирмы «DYTEK», по принципу работы схожа с «MRT system» и «Экотром-2». Отличием является дополнительная переработка люминофора с получением вторичной ртути. Выделяемый воздух подвергается многоступенчатой очистке, а система рециркуляции условий вакуума позволяет свести к минимуму количество воздуха в рабочем процессоре. Такая установка считается одной из самых безопасных.

### Заключение

Рассмотрены основные технологии переработки ртутьсодержащих отходов, которые имеют свои достоинства и недостатки. Установлены преимущества и недостатки технологий по переработке ртутьсодержащих отходов. Показано, что технологии, основанные на термической обработке отходов, содержащих ртуть, при разделении продуктов в процессе демеркуризации имеют относительную дешевизну, но образуют много конечных продуктов обезвреживания, которые подлежат к захоронению на полигонах.

Установлены наиболее передовые технологии по переработке ртутьсодержащих отходов. Технологии, использующие в своей основе методы «сухих и холодных» способов переработки ртутьсодержащих отходов по преимуществам опережают термические за счет: образования малого количества конечных продуктов (от 3 до 4 наименований); возможности максимально концентрировать ртуть в одном из компонентов (люминофор); возможности получения из люминофора вторичной ртути, марки 99,99%; полного отсутствия технологических выбросов в атмосферу и сбросов в сточные воды.

### Литература

1. Минаматская конвенция о ртути [Электронный ресурс] <https://www.mercuryconvention.org/en> Дата обращения 19.10.2021г.
2. Производство цемента. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС6-2015. Москва Бюро НДТ 2015
3. Ефимова Н.В. Ртуть: опасность реальная и мнимая / Н.В. Ефимова. -Иркутск, 2001-54 с.
4. G. Wilkinson. Comprehensive organometallic chemistry/ G. Wilkinson, v. 2, Oxf., 1982, p. 864-69.
5. Российская Федерация. Правительство. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010г. № 681 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и

потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде».

6. Российская Федерация. Правительство. Приказ МПР РФ от 02.12.2002г. № 786 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (ред. от 30.07.2003г.)

7. Способы утилизации ртути: новые решения. [Электронный ресурс]. <http://www.ecowaste.su/doc/126-2010-10-21-17-38-18> Дата обращения 21.10.2021г.

8. Способы утилизации ртути: новые решения. [Электронный ресурс]. <http://www.ecowaste.su/doc/126-2010-10-21-17-38-18> Дата обращения 21.10.2021г.

9. Окатый В.Г., Спирьков В.С., Окатый В.В. Способ обезвреживания ртутисодержащих отходов // Патент России 2327536. 2008. Бюл. № 23

**А.Е. Артамошкин, Д.А. Осипова, А.А. Горячева, О.Г. Курочкина**

Пензенский государственный технологический университет

## **РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА**

В статье предложена модернизация схема очистки сточных вод поселка городского типа.

Ключевые слова: очистка, сточная воды, очистные сооружения, загрязнения.

На сегодняшний день в малых населенных пунктах Российской Федерации все более актуальной становится отсутствие полноценной очистки сточных вод. Главной причиной снижения качества процесса является возраст очистных сооружений. Большинство из них построены в 80-е годы прошлого века, находятся практически в аварийном состоянии. Многие почти на 80% выработали свой ресурс, так как со времени их монтажа прошли десятилетия. В таком состоянии они не обеспечивают эффективную очистку для сброса в водоем [1].

Целью исследования является разработка и модернизация технологической схемы очистки сточных вод на примере поселка городского типа Пензенской области.

Очистные сооружения биологической очистки в выбранном населенном пункте эксплуатируются с 1986 г. Имеют производительность 700 м<sup>3</sup>/сут. Сфера использования является очень узкой, ограничивается сектором жилой застройки, в котором отсутствуют канализационные сооружения. Для накопления бытовых сточных вод население использует выгребные ямы. По мере необходимости часть сточных вод утилизируют, размещая в сети оврагов, на поверхности рельефа. Это отрицательно сказывается на экологической ситуации окружающей местности [2].



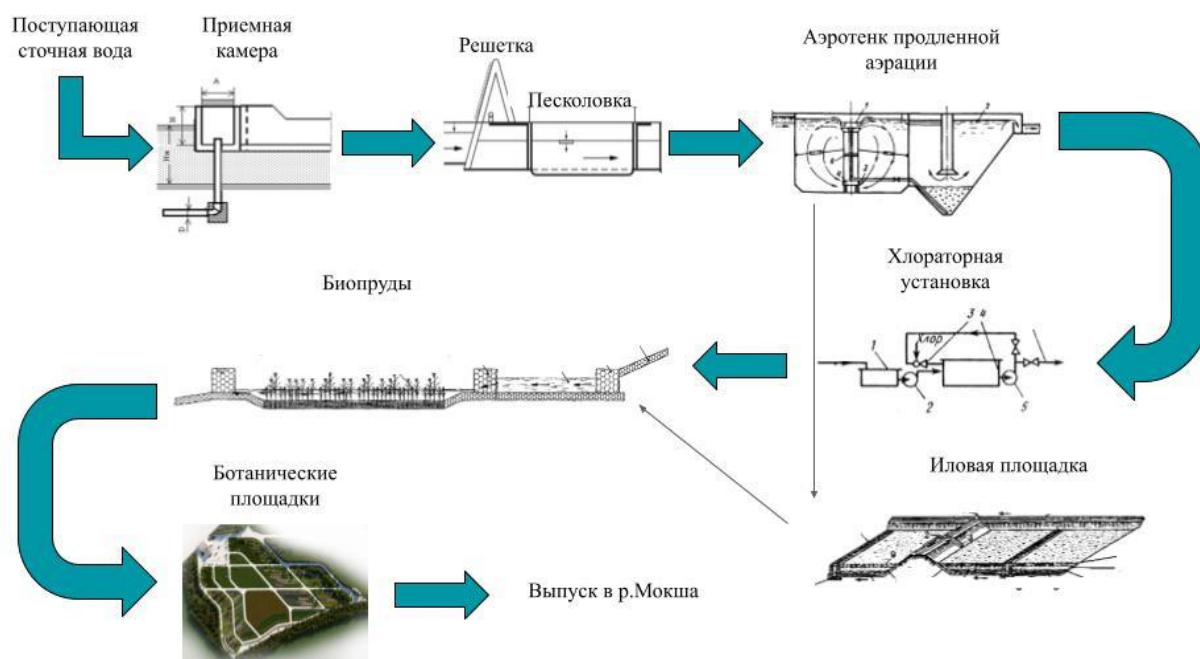
Система очистки состоит из следующих сооружений: аэротенки продленной аэрации, вторичные вертикальные отстойники, биологические пруды, иловые площадки, воздуходувная станция, хлораторная.

Анализ сточных вод в населенном пункте выявил превышение норм сброса по количеству азотсодержащих соединений, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ и некоторых металлов. Это позволяет сделать вывод о том, что имеющиеся очистные сооружения не справляются со своей задачей.

Выходом из сложившейся ситуации может стать поэтапное усовершенствование системы очистных сооружений, заключающееся в их реконструкции и модернизации.

С этой целью необходимо повышение производительности очистных сооружений до 1400 м<sup>3</sup>/сут. Модернизация имеющихся очистных сооружений подразумевает, кроме того, возведение дополнительных технических объектов: приемной камеры, песколовки, водоизмерительного лотка, аэротенка продленной аэрации, биологического пруда, площадок компостирования, иловых площадок.

Модернизированная система очистных сооружений изображена на рисунке.



Модернизированная схема очистки сточных вод

Реконструированная схема очистки сточных вод имеет большее количество этапов по сравнению с устаревшими сооружениями.

Первоначально стоки попадают в приемную камеру, после чего направляются на решетки и песколовки. Данный этап является процессом

грубой фильтрации, благодаря которому из сточных вод удаляются крупные элементы (ветошь, отходы строительства, полиэтилен и др.). Более мелкие минеральные примеси в виде песка задерживаются в песколовках. Накопленный песок утилизируется на специальных площадках.

Далее механически очищенная вода направляется в водоизмерительный лоток [2,3].

Следующим этапом очистки выступают аэротенки для биологической очистки сточных вод с пневматической аэрацией и со стабилизацией избыточного активного ила. Избыточный активный ил направляется на иловые площадки. Для обеззараживания и сокращения его объема в системе предусмотрены площадки компостирования ила.

Необходимое обеззараживание сточной воды активным хлором осуществляется в хлораторной на выходе из аэротенков. Доочистка стоков происходит в биопрудах, куда она попадает самотеком и отстаивается в течение 6 суток. Биологический пруд имеет искусственную аэрацию, его емкость составляет 2680 м<sup>3</sup>.

Последний этап очистки – ботанические площадки или биоплато, где с помощью высшей водной растительности (ВВР) сточные воды подвергаются завершающей очистке. ВВР окисляет органические вещества, используя при этом полученные соединения для обеспечения своей жизнедеятельности. Уменьшение биогенной нагрузки на водоем достигает 50 %.

После прохождения всего комплекса очистных мероприятий, очищенная вода самотеком поступает на выпуск в реку.

Конструктивные изменения в изношенных системах очистки сточных вод в населенных пунктах позволят увеличить эффективность их работы и обеспечат тот уровень очистки сточных вод, который требуется современными нормативными документами. Снижение экологической нагрузки на поверхностный водоем улучшит общую социально-экологическую ситуацию в поселке.

#### Литература

1. Чижов С.Г. Как изменилась очистка сточных вод в России за последние 10 лет? // Россия в окружающем мире. – 2008. – №4. – С. 107.
2. Янин В.С., Бондарева О.А. Возможности улучшения качества водоотведения в малых городах и поселках на примере р.п. Мокшан//Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016. – № 6-2. С. 316-322.
3. Пупырев Е.И. Водоснабжение и водоотведение в России: Новые реалии-новые решения// Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – №7. – С. 4-7.

**И.С. Астахова, О.В. Абросимова**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю. А.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРА ПО ДОБЫЧЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В данной работе рассмотрены этапы проектирования карьера по добыче строительных материалов на всех этапах жизненного цикла предприятия, приведена краткая климатическая характеристика и ландшафтная структура Петровского района, указаны преимущества и недостатки карьерного способа добычи, рассмотрены основные виды воздействия на среду при разработке карьеров, а также предложены инновационные способы разработки, как альтернативные методы добычи.

Ключевые слова: карьер, разработка, воздействие, окружающая среда, ландшафт, месторождение, традиционные методы вскрытия, технологические альтернативные методы, инновационные решения.

Карьеры – это совокупность горных выработок, образованных в результате добычи полезных ископаемых открытым способом с поверхности грунта и постепенным углублением по площади в процессе работы [1].

Карьеры отнесены к опасным производственным объектам, включая всю их инфраструктуру, поэтому очень важен каждый этап в проектировании:

- Предпроектное исследование месторождений полезных ископаемых и сбор данных;
- Разработка технико-экономического обоснования (ТЭО);
- Разработка проектной и рабочей документации;
- Прохождение всех видов государственных экспертиз;
- Контроль за соблюдением на протяжении всей деятельности.

Сначала выявляются все материальные, финансовые, людские и временные ресурсы для выполнения необходимых проектных работ. Это этап сбора необходимых данных и их анализа. На этом этапе устанавливают:

1. Методы вскрытия месторождения;
2. Планирование сооружений с учетом особенностей залегания добываемых материалов и условий работы;
3. Разработка технического задания;
4. Разработка проекта ликвидации или консервации карьера.

На данном этапе идет сбор, анализ и оцифровка исходной геологической информации и создание электронных геологических баз данных (ЭГБД)

Исходя из подготовленных материалов создают геологические модели для разработки ТЭО, подсчёта запасов, проектной документации, также для планирования горных работ на этапе эксплуатации;

Геологическое моделирование включает в себя обработку исходных материалов и разработку разделов проектной документации в соответствии с международными стандартами и нормативами РФ.

Открытая добыча, самый древний способ получения ископаемых ресурсов, остаётся максимально востребованной и в наше время.

Преимущества открытых горных работ по сравнению с подземными состоят в следующем: на карьерах обеспечиваются более высокая безопасность труда и лучшие производственные условия; производительность труда на карьерах в 5-8 раз выше, а себестоимость в 2-4 раза ниже, чем в шахтах; капитальные затраты, связанные со строительством карьера в 2-4 раза меньше, чем на строительстве шахт одинаковой с карьером мощностью; на карьерах меньше потери полезного ископаемого и легче производить раздельную выемку различных сортов материалов; при открытой разработке месторождений легче увеличить в случае надобности производственную мощность предприятия.

Недостатками является то, что необходимо отчуждение больших земельных угодий; понижение уровня грунтовых вод на больших площадях.

Целью работы является оценка степени экологической опасности разработки карьера, а также негативного воздействия промышленности на окружающую среду.

Предполагаемый проект будет расположен в Петровском районе, который находится на севере Саратовского Правобережья на Приволжской возвышенности. Северная часть района, ограниченная дугой долины р. Медведица, и расположена в лесостепной зоне, южная — находится в подзоне северной степи [5].

В лесостепной зоне рельеф холмистый, с отметками высот до 275 м. Много оврагов и балок. В центральной степной части рельеф волнистый, равнинный, слабо расчлененный овражно-балочной сетью. Отметки высот постепенно нарастают к юго-востоку. Средняя высота рельефа 200-250 м. В лесостепной зоне сформировались выщелоченные черноземы. В лесах встречаются темно-серые лесные почвы. В степной зоне распространены черноземы типичные и обыкновенные. В пойме р. Медведицы обычны аллювиальные и аллювиально-дерновые почвы.

Образование песчано-гравийных месторождений в данном районе обязано деятельности ледника и рек. Мощность продуктивной толщи составляет от 4 до 20 м (по геологическим и пластовым картам литолого-стратиграфическая колонка).

Разработка месторождений, образовавшихся в результате деятельности ледника, производится с использованием традиционной открытой технологии [1].

Особенность разработки этих месторождений заключается в большой изменчивости мощности, состава по крупности, строения продуктивной толщи по площади [1].

Разработка месторождения полезных ископаемых открытым способом оказывает негативное влияние на атмосферный воздух в результате пыле- и газообразования. Основными источниками воздействия являются выемочно-погрузочные и вскрышные работы, работы по отвалообразованию, внутренние и внешние отвалы, перемещение навалов породы, дорога, дробление сырья. При работе автомобильного транспорта и спецтехники загрязнение атмосферы в зоне влияния карьера и в самом карьере происходит при работе двигателей дорожно-строительной техники и автотранспорта, выделяющих азота диоксид, азота оксид, бензин, оксид углерода, оксид серы и сажу [2].

Воздействие на территорию оценивается размером изымаемой для размещения объекта площади, категорией изымаемых земель, изменением состояния нарушаемого почвенного покрова, образованием новых форм рельефа (котлованов и отвалов).

Воздействие на геологическую среду определяется глубиной разработки и возможными осложнениями (затопление подземными водами, развитие экзогенных процессов).

Нагрузка на территорию землепользования и систему поверхностных и подземных вод при проведении добычных работ выражается в возможном загрязнении почвогрунтов и зоны аэрации отходами производства и потребления и сточными водами. Для оценки воздействия определяются объемы формируемых сточных вод и отходов производства.

Воздействие на животный мир выражается в исключении площади отвода земель как местообитания. На время производства работ участки, занятые карьерами, будут естественным образом исключены из пути сезонной миграции млекопитающих. Планируемая деятельность вызывает смену биотопов и перемещение их на прилегающую территорию с идентичными характеристиками, что не отражается на состоянии популяций распространенных в районе видов животных.

Воздействие на растительность при производстве карьерной добычи выражается в изъятии земель, нарушении почвенного покрова и естественного травостоя. По окончании работ предусматривается рекультивация нарушаемых земель до уровня пастбищных сельхозугодий или рекреационных объектов, что приведет к восстановлению естественной среды обитания растительности и животных.

Радикальным средством повышения эффективности разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом является

рациональное формирование конструктивных элементов карьера (бортов, уступов, откосов, берм). Инновационным решением в этой области является внедрение инженерно-технических средств защиты откосов на основе укрепляющих материалов или улавливающих конструкций, а также введение новой спецтехники.

Внедрение на объектах инновационных технологий и современной горнотранспортной техники способствует существенному повышению эффективности открытого способа добычи, в первую очередь за счет оптимизации параметров карьеров (конструирование более узких транспортных съездов с более крутыми уклонами, чем общепринятые; формирование высоких уступов).

Технология открытой разработки с помощью карьерного комбайна привела к значительному сокращению количества необходимой для добычи техники. Благодаря непрерывности рабочего процесса карьерный комбайн обеспечивает более высокий уровень производительности, а также снижает воздействие на окружающую среду. Это в основном вызвано использованием меньшего количества машин, что одновременно ведет к сокращению вибрационной, шумовой, пылевой эмиссии и эмиссии углекислого газа. Они применяются при добычи таких полезных ископаемых, как уголь, гипс, соль, фосфаты, бокситы или известняк. Селективная добыча обеспечивает высокое качество материала и оптимальное использование месторождения [3,4].

Таким образом, грунты в Петровском районе, образовавшиеся в результате деятельности ледника, представлены преимущественно терригенными отложениями карбонатных пород (известняков, песчаников, глины). Поэтому в районе возможна организация карьера по добыче коренных (известняк, песчаник), а также рыхлых (песок, глина, гравий) пород. Экономическая эффективность обусловлена инновационными решениями предприятия, востребованностью продуктов, наличием транспортных сетей и близостью к городскому центру. Увеличение объемов добычи и снижения воздействия на окружающую среду возможно при внедрении:

- новых схем вскрытия с использованием
- крутонаклонных выработок,
- нестандартных конструкций уступов и бортов карьера с повышенным углом откоса;
- безлюдной выемки с использованием дистанционного управления горным оборудованием;
- специальных видов транспорта;
- новых принципов формирования рабочей зоны;
- комбайнового способа добычи строительных материалов;
- альтернативных видов энергии.

## Литература

1. Иванов В.В. Технология добычных работ на карьерах. СПб, 2015 80 с.
2. Назаренко Н.В., Петин А.Н., Фурманова Т.Н. Воздействие разработки месторождений по добыче общераспространенных полезных ископаемых на окружающую природную среду // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.;
3. Добыча полезных ископаемых и прокладывание трасс без применения буровзрывных работ <https://www.wirtgen-group.com/ocs/ru-ua/wirtgen/surface-miner-74-c/>
4. Горные комбайны Vermeer для разработки месторождений <https://vermeer-act.ru/>
5. Петровский район общая информация <https://petrovsk64.ru/info/pmr/>

**О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, А.С. Романевич, А.С. Глубокая**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

### **ИЗУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДАЦИИ ПОЛИМЕРОВ АКРИЛАМИДА, АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ХИТОЗАНА В ПОЧВОГРУНТЕ**

Изучается проблема биоразложения полимеров на основе полиакриламида с добавками хитозана в почвогрунте. В результате экспериментальных исследований установлены образцы полимеров, наиболее подверженные биодegradации.

Ключевые слова: биодegradация, (co)полимеры акриламида, флокулянты, хитозан, сшитые структуры, почвогрунт.

Проблема утилизации материалов, используемых для очистки сточных вод, занимает немаловажное место в промышленной экологии [1-3]. Для очистки сточных вод достаточно часто применяется метод флокуляции. В последнее время одними из наиболее перспективных считаются флокулянты на основе полиакриламида с различными добавками. Привлекательным является использование флокулянтов, которые легко поддаются распаду в результате действия биологических сред. В этой связи интересным представляется решение задачи изучения процесса биоразложения (co)полимеров акриламида, акриловой кислоты и хитозана, входящих в состав флокулянтов, для обоснования их способности к биодegradации в разных почвогрунтах.

Известно [4], что при смешении флокулянта на основе полиакриламида с грунтом начинается процесс деструкции, полимер постепенно разрушается, в следствие чего происходит уменьшение его молекулярной массы. При проведении эксперимента обычно образец перемешивается с почвогрунтом, и отделить его от грунта достаточно трудоемко. Поэтому для исследований были подготовлены сшитые образцы полимеров разного состава с разным содержанием акрилата

хитозана. Предполагалось, что если биоразлагаются сшитые структуры образцов полимеров, то водорастворимые полимеры будут разлагаться значительно легче из-за отсутствия в их структуре сшивок.

Исследования проводились на базе химического предприятия ООО «АКРИПОЛ» (г. Саратов) и Научно-образовательного центра «Промышленная экология» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. в 2020 г.

К исследованиям были выбраны следующие образцы (со)полимеров:

- 1) [АК]:[АА]=5:95, 4,16 моль/л, [ХТЗ]=0,40 г/100см<sup>3</sup>;
- 2) [АК]:[АА]=5:95, 4,16 моль/л, [ХТЗ]=0,60 г/100см<sup>3</sup>;
- 3) [АК]:[АА]=5:95, 4,16 моль/л, [ХТЗ]=0,87 г/100см<sup>3</sup>;
- 4) [АК]:[АА]=5:95, 4,16 моль/л, [МБАА]=0,1% к ∑[мон.].

Здесь обозначения: АК - акриловая кислота; АА – акриламид; ХТЗ – хитозан.

Также для исследований были выбраны следующие образцы почвогрунтов: 1) почвогрунт марки «Черноземка люкс» (Россия), содержащий гуминовые кислоты в количестве 25%; 2) почвогрунт, взятый с территории предприятия ООО «АКРИПОЛ».

Перед началом эксперимента подготовленные образцы были охарактеризованы. Их характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики образцов полимеров, взятых на исследование

| № состава | Мономер      |              | Состав                      |                | Свойства продукта |                           |                     |
|-----------|--------------|--------------|-----------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
|           | [АА], моль/л | [АК], моль/л | [ХТЗ], г/100см <sup>3</sup> | [МБАА]/[∑м], % | С/О, % масс. доля | W в H <sub>2</sub> O, г/г | W в 0,9 % NaCl, г/г |
| Состав 1  | 3,952        | 0,208        | 0,4                         | -              | 40,7              | 810,2                     | 42,2                |
| Состав 2  | 3,952        | 0,208        | 0,6                         | -              | 33,3              | 455,8                     | 36,8                |
| Состав 3  | 3,952        | 0,208        | 0,9                         | -              | 32,5              | 223,1                     | 26,4                |
| Состав 4  | 3,952        | 0,208        | -                           | 0,1            | 30,6              | 177,6                     | 20,4                |

Из таблицы 1 видно, что увеличение концентрации хитозана приводит к уменьшению равновесной степени водопоглощения. Вероятнее всего это имеет место потому, что хитозан является «сшивающим» агентом. Его увеличение приводит к большему зашиванию полимера.

В результате эксперимента было установлено следующее:

1. *Изменение массы образцов полимеров к концу 90-х суток представлено на рис. 1-2.*



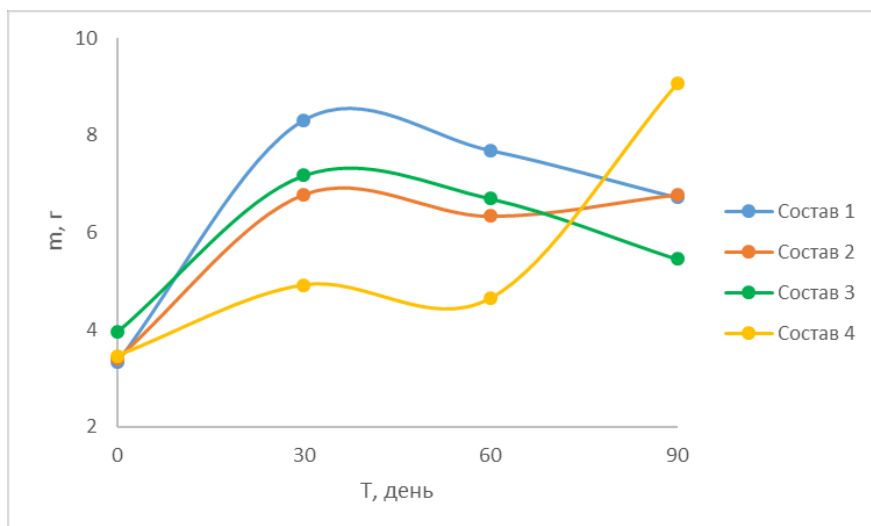


Рис. 1. Изменение массы образцов полимеров в зависимости от времени в универсальном почвогрунте марки «Черноземка люкс»

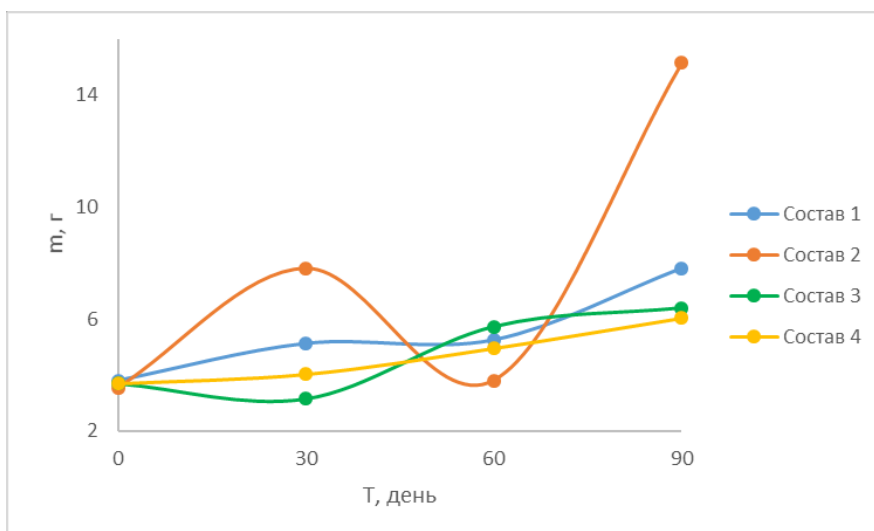


Рис. 2. Изменение массы образцов полимеров в зависимости от времени в почвогрунте с территории химического предприятия ООО «АКРИПОЛ»

Диаграммы на рис. 1 и 2 показывают, что почти все образцы полимеров к концу 90-х суток существенно увеличивают массы своих пластин. Это может являться следствием разрушения структуры полимера. При чем разрушение происходит под действием микроорганизмов, которые содержатся в почвогрунте.

## 2. Регистрация происходящих наглядных изменений образцов

Наглядные изменения образцов фиксировались с помощью составленной шкалы регистрации изменений пластин. Здесь внешние изменения оценивались цифрами от 0 до 5, где 5 – признак выражен сильно, 0 – изменений практически нет. Остальные цифры означали промежуточный вариант. Результаты наблюдений приведены в таблицах 2 и 3.

Из таблицы 2 видно, что оценки расположились в последовательности уменьшения своих значений сверху вниз.

Таблица 2

Регистрация внешних изменений образцов в универсальном почвогрунте марки  
«Черноземка люкс»

| № образца | [ХТЗ],<br>г/100см <sup>3</sup> | [МБАА]/<br>[ΣМ], % | 0 дней   |       |                   | 30 дней  |       |                   | 60 дней  |       |                   | 90 дней  |       |                   |
|-----------|--------------------------------|--------------------|----------|-------|-------------------|----------|-------|-------------------|----------|-------|-------------------|----------|-------|-------------------|
|           |                                |                    | Липкость | Форма | Взятие<br>земли в | Липкость | Форма | Взятие<br>земли в | Липкость | Форма | Взятие<br>земли в | Липкость | Форма | Взятие<br>земли в |
| Состав 1  | 0,4                            | -                  | 0        | 0     | 0                 | 5        | 5     | 5                 | 5        | 5     | 5                 | 5        | 5     | 5                 |
| Состав 2  | 0,6                            | -                  | 0        | 0     | 0                 | 3,5      | 4     | 4                 | 4        | 2     | 3                 | 5        | 5     | 4                 |
| Состав 3  | 0,9                            | -                  | 0        | 0     | 0                 | 2        | 3,5   | 3                 | 3        | 2     | 2                 | 3        | 3     | 3                 |
| Состав 4  | -                              | 0,1                | 0        | 0     | 0                 | 1        | 0     | 1                 | 0        | 1     | 1                 | 1        | 1     | 1                 |

Это означает, что меньшее содержание хитозана в образце соответствует большему изменению в образце. В образце с составом 4, который не содержит хитозана, изменений практически не происходит.

Таблица 3

Регистрация внешних изменений образцов в почвогрунте с территории химического  
предприятия ООО «АКРИПОЛ»

| № образца | [ХТЗ],<br>г/100см <sup>3</sup> | [МБАА]/<br>[ΣМ], % | 0 дней   |       |                 | 30 дней  |       |                 | 60 дней  |       |                 | 90 дней  |       |                 |
|-----------|--------------------------------|--------------------|----------|-------|-----------------|----------|-------|-----------------|----------|-------|-----------------|----------|-------|-----------------|
|           |                                |                    | Липкость | Форма | Взятие<br>земли | Липкость | Форма | Взятие<br>земли | Липкость | Форма | Взятие<br>земли | Липкость | Форма | Взятие<br>земли |
| Состав 1  | 0,4                            | -                  | 0        | 0     | 0               | 4        | 4     | 3               | 3        | 5     | 4               | 4        | 5     | 4               |
| Состав 2  | 0,6                            | -                  | 0        | 0     | 0               | 5        | 5     | 5               | 1        | 5     | 3               | 5        | 5     | 5               |
| Состав 3  | 0,9                            | -                  | 0        | 0     | 0               | 2        | 1     | 2               | 1        | 4     | 3               | 2        | 3     | 2               |
| Состав 4  | -                              | 0,1                | 0        | 0     | 0               | 1        | 0     | 1               | 1        | 1     | 1               | 1        | 1     | 1               |

Из таблицы 3 видно, что значительные внешние изменения наблюдаются в образце с составом 2. У образца с составом 4 внешних изменений почти не наблюдается.

Вывод: К концу 90-х суток у двух образцов почвогрунта, содержащих в своем составе [ХТЗ]=0,40 г/100см<sup>3</sup> и [ХТЗ]=0,60 г/100см<sup>3</sup>, наблюдался переход из состояния водонабухающего полимера в водорастворимый в почвогрунте «Черноземка люкс». В почвогрунте с территории предприятия ООО «АКРИПОЛ» также наблюдались значительные изменения у этих двух образцов, содержащих хитозан, но протекали они медленнее, что можно объяснить меньшим количеством микроорганизмов в данном виде почвогрунта.

#### Литература

1. Атаманова, О.В. Повышение сорбционной способности модифицированного бентонита при очистке сточных вод путем его активации / О.В. Атаманова, Е. И. Тихомирова, Ж. К. Касымбеков, А.А. Подоксенов // Вода и экология: проблемы и решения. – С-Пб., 2020. – № 1 (81). – С. 3-12. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.3-12

2. Koshelev, A.V. Effect of Bentonite Modification with Glycerol on Adsorbent Structure and Physicochemical Characteristics / A.V. Koshelev, E.I. Tikhomirova, O.V. Atamanova // Russian Journal of Physical Chemistry B. Volume 13, Issue 6, 1 November 2019, Pages 1051-1056. DOI: 10.1134/S199079311906006X.

3. Тихомирова, Е.И. Разработка технологических решений и способов получения гумино-минеральных композиций для задач рекультивации нефтезагрязнённых территорий / Е.И. Тихомирова, А.В. Алексахин, А.В. Кошелев, О.В. Атаманова // Теоретическая и прикладная экология, 2020. – № 4. – С.203-209. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-203-209

4. Штильман, М.И. Биодegradация полимеров / М.И. Штильман // Journal of Siberian Federal University, 2015. - С.115-119.

**А.В. Васильев, В.В. Ермаков, В.А. Виноградова, В.А. Васильев**

Самарский государственный технический университет

## **СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО УСТРОЙСТВА**

В условиях производства серьезной проблемой является снижение вибрации трубопроводов, генерируемой при работе различных энергетических установок. Рассмотрены недостатки некоторых существующих устройств снижения вибрации трубопроводов. Описано разработанное авторами устройство снижения вибрации трубопроводов энергетических установок.

Ключевые слова: вибрация, трубопровод, энергетические установки, устройства, гасители колебаний

В условиях производства серьезной проблемой является снижение вибрации трубопроводов, генерируемой при работе различных энергетических установок: насосов, компрессоров и др. [1-8].

Анализ известных способов и устройств снижения вибрации трубопроводов позволяет сделать вывод об их недостаточной эффективности. Известен способ гашения вибраций трубопроводов, патент RU 2 208 738 C1 [1]. Устройство содержит установленный между наружной поверхностью трубопровода и корпусом вязкоупругий демпфирующий элемент в виде замкнутой кольцевой камеры с упругими торцевыми стенками, герметично заполненной демпфирующей жидкостью, при этом на торцевых стенках внутри камеры равномерно в окружном направлении закреплены стержневые элементы, расположенные попарно напротив друг друга, при этом на плоскостях свободных торцов стержневых элементов установлены постоянные магниты в виде аксиально намагниченных дисков, попарно обращенных друг к другу разноименными полюсами, введенными во взаимный контакт. Такое устройство, несмотря на достаточно эффективную работу, сложно в изготовлении. Оно плохо

применимо для трубопроводов большого диаметра, так как при этом требуются достаточно крупные магниты. Также применение магнитов создаёт участок, на котором могут задерживаться продукты коррозии стальных трубопроводов, что сужает живое сечение канала создаёт дополнительное местное гидравлическое сопротивление.

Устройство для гашения вибраций трубопровода, патент RU 2 220 358 C1, имеет в своей конструкции внешний кожух и плотно установленный между наружной поверхностью трубопровода и корпусом вязкоупругий демпфирующий элемент в виде замкнутой кольцевой упругой камеры, герметично заполненной демпфирующей жидкостью. Замкнутая кольцевая упругая камера выполнена в виде цилиндрической оболочки из кордной ткани, свободно надетой на трубопровод в местах его максимальных вибрационных перемещений и имеющей вывернутые внутрь кольцевые части, охватывающие трубопровод с натягом и зафиксированные на последнем вблизи торцов оболочки.

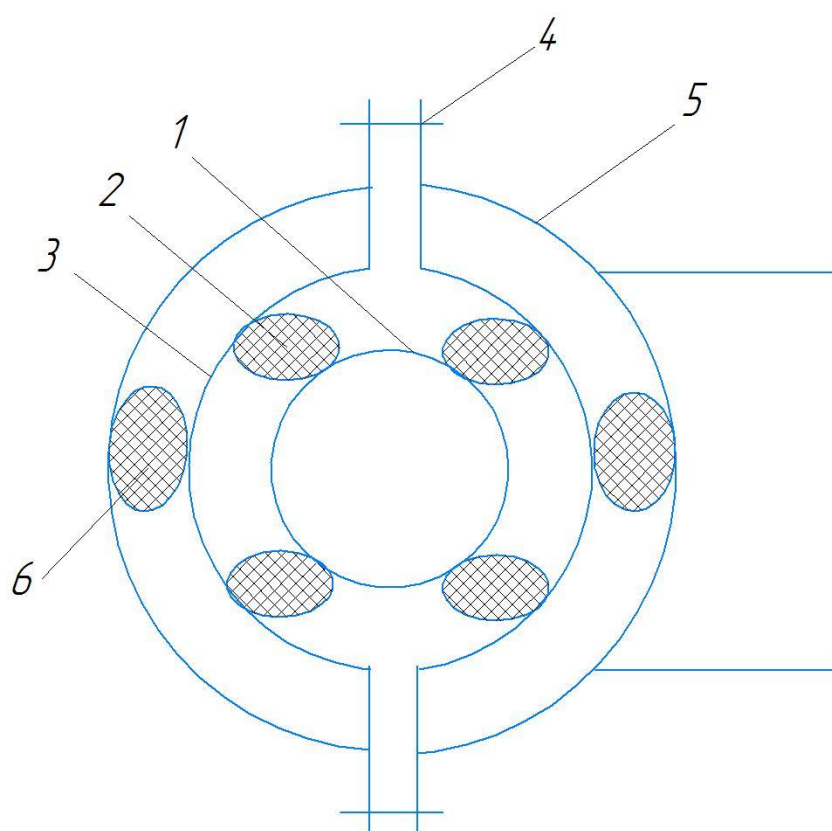
Данное устройство обладает низкой надёжностью, так как смещение трубопровода вдоль оси, например, при изменении температуры может сместить оболочку и допустить утечку жидкости. Также отсутствует возможность регулировки данного устройства для предотвращения возникновения резонансного режима.

Разработанное авторами устройство имеет более простую конструкцию, и при этом более высокую эффективность гашения вибрации.

На рисунке схематично изображено предлагаемое устройство для гашения вибрации трубопровода. На поверхности трубопровода 1 размещаются в зависимости от диаметра трубопровода цилиндрические демпферы из резины 2. Возможно использование двухслойных демпферов, в которых внутри резинового покрытия располагается вязкая жидкость. Этот ряд демпферов охватывается регулирующим хомутом 3. На внутренней и внешне поверхности хомута выполнены просечки, которые выполняют функцию удерживания демпферов на месте. Регулировочный зажимной винт 4 хомута выводится за внешний кожух 5. В кольцевом зазоре между регулировочным хомутом и внешним кожухом устанавливается ещё один ряд демпферов 6. При установке обеспечивается сжатие демпфирующих элементов первого и второго ряда до 75% от исходного диаметра. Частично сжатые овальные в сечении демпферы достаточно хорошо позволяют гасить колебания в поперечном оси трубопровода направлении трубопровода. При этом сохраняется возможность частичного качения демпферов. Это обеспечивает достаточно мягкое гашение в том числе и крутильных колебаний трубопровода. Регулировка длины окружности хомута позволяет менять его диаметр. При этом внутренний ряд демпферов сжимается, а внешний наоборот разжимается, и аналогично в обратном направлении. Изменение высоты

демпфирующего элемента может составлять от 0,5, до 1 диаметра в несжатом состоянии. Такой способ регулировки позволяет менять частоту собственных колебаний системы устройство – трубопровод и избежать возникновения резонанса в системе.

Вышеописанное устройство позволяет осуществлять эффективное гашение вибрации трубопроводов и виброзащиту энергетических установок. За счет изменения высоты демпфирующих вставок и площади их соприкосновения с трубой и кожухом предотвращается выход устройства для гашения вибрации на резонансные режимы. Использование устройства при соответствующей регулировке виброопоры позволяет существенно снижать поперечные и крутильные вибрации в широком диапазоне частот.



Устройство для гашения вибрации трубопровода.

1 – поверхность трубопровода, 2 – цилиндрические демпферы, 3 – хомут,  
4 – винт хомута, 5 – внешний кожух, 6 - цилиндрические демпферы.

Разработанное авторами может широко применяться в различных отраслях техники для снижения вибрации энергетических установок различных типов. Конструкция устройства патентуется.

*Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда, соглашение №20-19-00222.*

## Литература

1. Белый Д.М. Устройство для гашения вибраций трубопровода. Патент РФ № RU 2 208 738 C1, 2003 г.
2. Васильев А.В. Моделирование и снижение низкочастотного звука и вибрации энергетических установок и присоединенных механических систем: монография / Самара, 2011.
3. Васильев А.В. Снижение низкочастотного шума и вибрации силовых и энергетических установок. «Известия Самарского научного центра РАН», г. Самара, том 5, №2, июль – декабрь 2003 г., с. 419-430.
4. Васильев А.В. Снижение низкочастотной вибрации трубопроводов энергетических установок. В ежемесячном научном журнале "Наука - производству", №8, август 2004 г., с. 68-70.
5. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: Учебник для вузов - СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.: ил.
6. Старобинский Р.Н., Васильев А.В., Гордеев В.Н., Васильев В.В. Система активного подавления шума впуска двигателя внутреннего сгорания. Патент РФ N 2096651 C1, 1997.
7. Vasilyev A.V. Development and approbation of methods and technical solutions of reduction of vibration of power plants and joining mechanical systems. Procedia Engineering. 2015. Volume 106, pp. 354-362.
8. Vassiliev A.V. Compact active noise control units for automobile intake low-frequency noise attenuation. Proc. of "ACTIVE 97" Symp., Budapest, Hungary, August 1997, p.587-594.

## **В.А. Виноградова**

Самарский государственный технический университет

### **РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ГАШЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ШУМА И КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ**

Выполнен анализ источников шума на типовой компрессорной установке. Определено, что низкочастотный шум распространяется на значительное расстояние от компрессора по трубопроводу. Предложено устройство гашения шума и колебаний давления.

Ключевые слова: низкочастотный шум, пульсация давления, компрессорные установки, устройство, гашение шума.

В данной исследовательской работе был проведен анализ звукового давления типовой компрессорной установки мощностью 4,0 кВт на примере компрессорной установки ПО СОМ СО-76 (Вильнюс). Компрессорные установки такого типа предназначены для сжатия газов и перекачивания их к потребителям и часто используются на многих предприятия отечественного производства. Компрессор СО-76 – поршневой, двухцилиндровый, одноступенчатый, простого действия с

принудительным воздушным охлаждением от шкива маховика с лопастями. Питание компрессорной установки осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 380В. Привод компрессора осуществляется через клиноременную передачу от трехфазного асинхронного двигателя мощностью 4,0 кВт. Все узлы компрессора смонтированы на ресивере, снабженном для передвижения колесами и поручнем. Схема установки показана на рисунке 1.

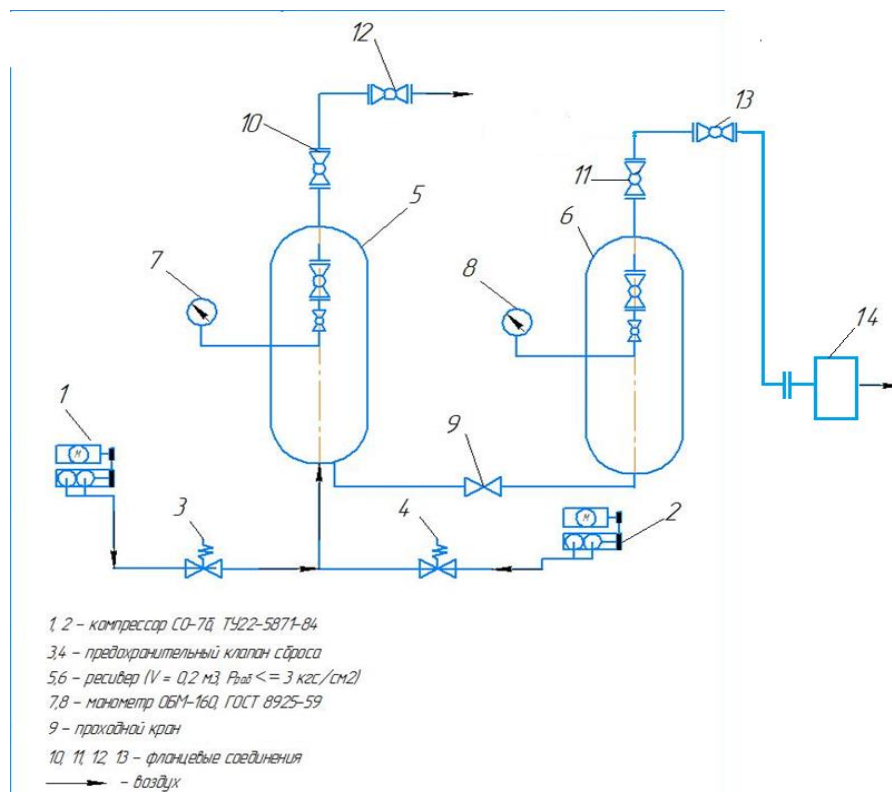


Рис. 1. Принципиальная схема установки ПО СОМ СО-76

Нагнетаемый компрессором 1 воздух поступает в ресивер 5, где генерируется давление, и далее проходит через фланцевые соединения 10, 12 в трубопровод, откуда уже распределяется на другие лабораторные стенды. От ресивера 5 отходит манометр 7, который показывает набранное давление в емкости. В случае, если давление в системе превысит значение 3 кгс/см<sup>2</sup>, срабатывают предохранительные клапаны 3, 4. Между ресивером 5 и ресивером 6 установлен проходной вентиль. Компрессор 2, ресивер 6, манометр 8 и фланцевые соединения 11, 13 являются дублирующими.

Для оценки влияния работы компрессорной установки были проведены испытания по измерению звукового давления непосредственно возле самой установки, возле ограждения и на расстоянии пяти метров по трубопроводу в выбранных точках на высоте 0; 0,75; 1,5 м от уровня пола с помощью портативного шумомера «Октава 110 А». Прибор измеряет

уровень шума в диапазоне от 2 до 20000 Гц, имеет высокочувствительный конденсаторный микрофон с внешней поляризацией, а также память, куда сохраняются все данные, снятые в режиме реального времени (рис. 2).

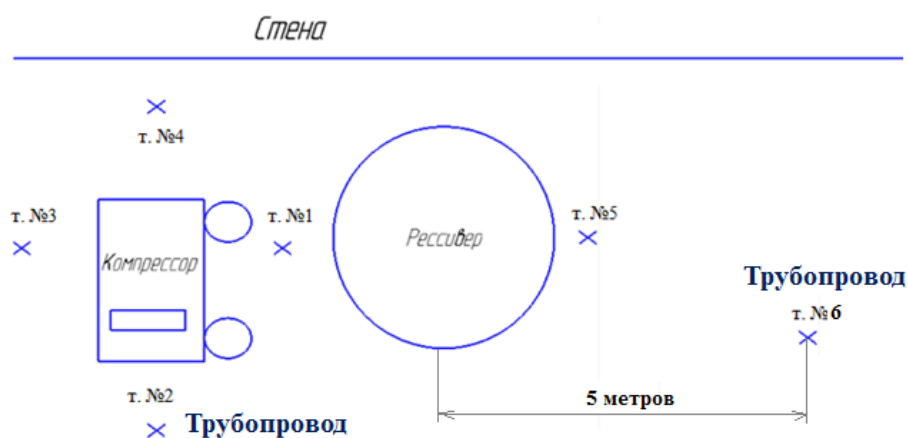


Рис. 2. Схема проведения измерений звукового давления

Был измерен уровень звукового давления на частотах от 2 до 16000 Гц с дискретностью октавы и от 25 до 20000 Гц с дискретностью 1/3 октавы. Низкие частоты дают наибольший уровень шума. Уровень звукового давления на частотах свыше 200 Гц является равномерным. Выявлена зона распространения шума по частотным полосам, а также была установлена зона отражения и экранирования звука от стены и элементов установки.

Анализ экспериментальных данных в совокупности позволяет судить о наличии эффекта суммаций переотражения звуковой волны от поверхности стены и полый конструкции ресивера, которая перенаправляет ее и вибрирует в ответ из-за инерционных сил.

Однако более значимый вклад в общее распространение низкочастотных шумов в дальнейе расстояние от установки дает трубопровод, внутри которого присутствуют пульсации давления.

На рисунке 3 изображен график зависимости уровня звукового давления от частоты в точке измерения №6, где влияние шума непосредственно самой установки снижено. Исключив влияние шума компрессора, был проанализирован шум трубопровода, который находится на высоте 0,75 метров от пола.

Из графика видно, что уровень шума самого трубопровода значительно выше, чем измеренные значения шума под ним и над ним. Для снижения распространения шума через трубопровод необходимо гасить как вибрацию металла, так и пульсации давления внутри потока перекачиваемого воздуха.



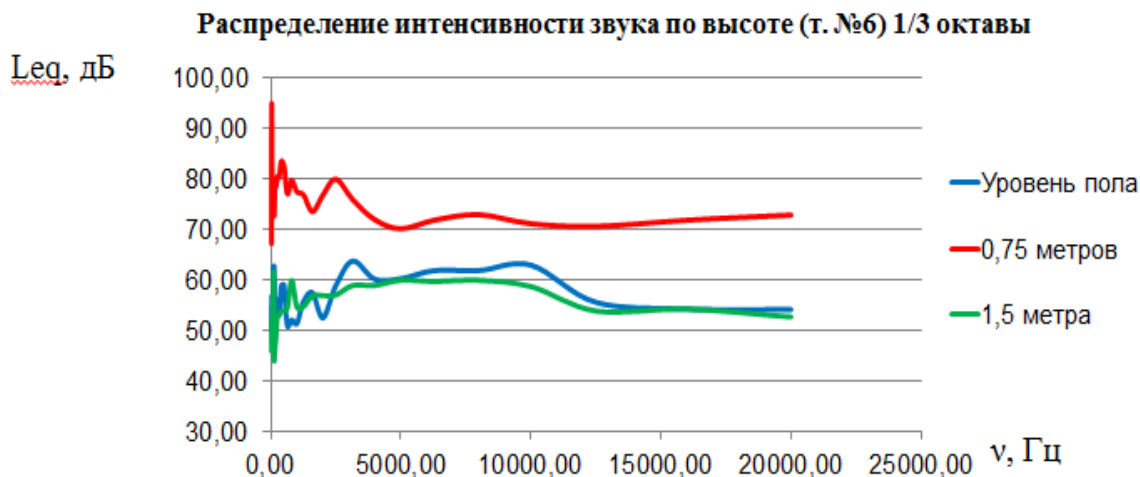


Рис. 3. График зависимости уровня звукового давления от частоты в точке измерения №6

Результатом исследовательской работы стала разработка комбинированного устройство гашения низкочастотного шума и колебаний давления в трубопроводах энергетических установок, которое изображено на рисунке 4.

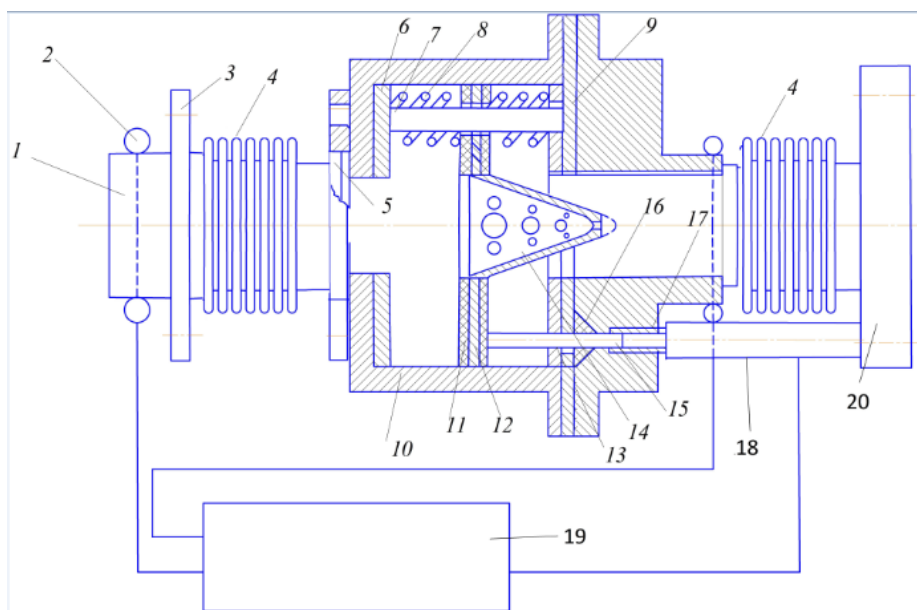


Рис. 4. Комбинированное устройство гашения низкочастотного шума и колебаний давления

- 1- труба; 2 – микрофон; 3 – фланец соединения с трубой; 4 – сильфонный компенсатор;  
 5 – фланец соединения с активной частью; 6 – мягкая шайба опоры направляющих передняя; 7 – направляющая; 8 – прижимная пружина; 9 – мягкая шайба опоры направляющих задняя; 10 – корпус; 11 – смягчающая вставка; 12 – рабочий диск;  
 13 – направляющая шайба штанги-толкателя; 14 – перфорированный гаситель давления и шума; 15 – штанга-толкатель вибратора; 16 – фторопластовый уплотнитель;  
 17 – крышка корпуса; 18 – исполнительный элемент вибратора;  
 19 – цифровой контроллер; 20 – опорный фланец.

Это устройство эффективно справляется с гашением как низкочастотного шума, так и с колебаниями давления среды благодаря своим конструкционным особенностям. В вырезанный участок трубы помещается сильфонный компенсатор, за которым прикрепляется гаситель колебаний давления, состоящий из регулировочных винтов и перфорированной вставки. Вставка имеет параболоидальную форму, диаметр ее отверстий уменьшается от входа к выходу, что увеличивает эффективность работы устройства за счет выравнивания скоростей ламинарного потока среды. Перфорированная вставка опирается своим фланцем на упругие элементы в виде пружин. Пружины расположены по обе стороны фланца и перемещаются по направляющим между опорным и прижимным кольцами. Между пружинами и фланцем с обеих его сторон установлены прокладки из шумопоглощающего материала. Опорные кольца установлены с упором в корпус.

В корпусе выполнены каналы, а в дополнительном опорном кольце отверстия, в которых установлены пропущенные через уплотнения толкатели, одним концом упирающиеся в прижимное кольцо, а другим в регулировочные винты с навинченными на них контргайками. При этом перфорированная вставка, опорные и прижимные кольца, направляющие, пружины и прокладки собраны в единую кассету, после которой помещается второй сильфонный компенсатор. Перед обоими компенсаторами помещаются чувствительные микрофоны для измерения акустических параметров. Данные с микрофонов и виброметров передаются на программируемый логический контроллер, который вырабатывает сигнал на исполнительный механизм (толкатель).

Также в состав комбинированного устройства гашения низкочастотного шума и колебаний давления входит участок трубопровода с двумя приваренными упорными фланцами, между которыми закреплены вибраторы, а контроллер вырабатывает на вибраторы управляющие сигналы с использованием информации с акселерометров.

Таким образом, при компоновке этих механизмов в систему трубопроводов удастся получить максимальные эффекты по уменьшению потоков колебательной и акустической энергии по всем трем путям ее распространения: через амортизацию, по воздушной среде и через трубопроводы. Это и есть комбинированное устройство гашения низкочастотного шума и колебаний давления.

#### Литература

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом.- М.: изд. Логос. Университетская книга 2008. - 424 с.
2. Патент РФ № RU 2 062 940 C1/1996.06.27. Гаситель пульсаций давления//Григорьев Б.В., Рябуха М.В.

3. Патент РФ № RU 2 578 792 C2/2016.03.27. Устройство активного гашения гидродинамического шума в системах трубопроводов//Попков С.В., Кузнецов Н.А., Соколов А.Н., Большаков А.И.

**А.С. Глубокая, О.В. Атаманова**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **ГЛИНИСТЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Изучаются доступные модификации бентонита для использования в адсорбционных фильтрующих загрузках при очистке сточных вод текстильного предприятия от основных загрязняющих веществ.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, текстильная промышленность, бентонит, модификации бентонита.

Текстильная промышленность требует большого количества воды и производит большое количество сточных вод на различных этапах технологических процессов, таких как крашение, отделка и др. Сточные воды красильных предприятий часто имеют глубокую окраску и содержат химически активные красители и химические остатки.

Предприятие ООО «Балтекс» является одним из предприятий Саратовской области, для которого актуальна проблема строительства собственной системы качественной очистки сточных вод [1]. В настоящее время ООО «Балтекс» производит ткани синтетические и смесовые. При мониторинге сточных вод этого предприятия прежде всего, был определен ряд нормативных показателей загрязнения (таблица 1).

Таблица 1

Результаты анализа сточной воды предприятия

| Показатель                              | Значение показателя | Норматив (ГН 2.1.5.1315-03)         |
|---|---------------------|-------------------------------------|
| Сухой остаток, мг/ дм <sup>3</sup>      | 1785,0±5,3          | 1000 (превышение в 1,2 раза)        |
| Жесткость, мг/ дм <sup>3</sup>          | 6,70±0,09           | 7,0                                 |
| <b>Медь (мг/дм<sup>3</sup>)</b>         | <b>0,0017±0,02</b>  | <b>0,001(превышение в 1,7 раза)</b> |
| <b>Железо общее (мг/дм<sup>3</sup>)</b> | <b>0,14±0,01</b>    | <b>0,1 (превышение в 1,4 раза)</b>  |
| Сульфаты (мг/дм <sup>3</sup> )          | 91,7±2, 3           | 500                                 |
| Хлориды (мг/дм <sup>3</sup> )           | 457,8±3,5           | 350 (превышение в 1,2 раза)         |
| Свинец (мг/дм <sup>3</sup> )            | 0,0020±0,0005       | 0,006                               |
| Кадмий (мг/дм <sup>3</sup> )            | 0,0040±0,0005       | 0,005                               |
| Никель (мг/дм <sup>3</sup> )            | 0,030±0,006         | 0,02                                |
| Фосфаты (мг/дм <sup>3</sup> )           | 0,90±0,08           | 3,5                                 |

Анализ показал, что исследуемые сточные воды характеризуются превышением, содержащихся в воде тяжелых металлов.

Современные очистные сооружения промышленных и бытовых сточных вод охватывают весь спектр систем и устройств для механической, физической, химической и биологической очистки сточных вод. Однако не каждое промышленное предприятие может реализовать полноценный комплекс очистки сточных вод из-за значительных финансовых затрат на материалы и оборудование. Поэтому при выборе схемы очистных сооружений в каждом конкретном случае необходимо обосновать не только состав единиц строительства, но и использовать наиболее эффективные технологии. Важную роль в общем технологическом процессе очистки производственных сточных вод играет адсорбционная очистка воды [2, 3].

В зависимости от области применения метода сорбционной очистки, расположения адсорберов в общем комплексе очистных сооружений, состава сточных вод и размеров сорбента и т. д., выбирают схему и вид сорбционной очистки, а также тип адсорбера. Адсорбционные методы широко используются для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также на местных установках, если концентрация этих веществ в воде низкая, и они не являются биоразлагаемыми или высокотоксичными. Адсорбция используется для обезвреживания сточных вод от тяжелых металлов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитросоединений, поверхностно-активных веществ, красителей. Достоинством метода является его высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также их рекуперация.

Для сорбционной очистки воды используются многие природные и искусственные материалы. Самым широко известным сорбционным материалом является активированный уголь. В то же время неуглеродные материалы (глинистые породы, цеолиты и т.д.) становятся все более популярными в этой области из-за их достаточно высокой сорбционной активности, относительно низкой стоимости и широкой доступности [4].

Выбор, разработка и характеристика адсорбирующего материала является ключевой задачей при адсорбции для очистки воды. Надлежащий адсорбент для обработки воды должен соответствовать следующим требованиям:

- низкая стоимость и доступность;
- химическая стабильность;
- механическая устойчивость;
- хорошие текстурные и физико-химические свойства;
- высокая адсорбционная способность;
- высокая эффективность;
- возможность регенерации и повторного использования.

В последнее время большое внимание привлекает перспектива использования глинистых пород в качестве сорбционных материалов. Глинистые породы представляют собой полиминеральные образования, состоящие из различных минералов, в основном силикатов. Однако специфические свойства этих пород определяются наличием так называемого глинистые минералы с особыми свойствами и структурой.

Одно из крупнейших месторождений бентонита – Саригюхское, расположенное на территории Республики Армения [4]. Бентонит этого месторождения отличается высоким качеством – по свойствам он схож с глинами штата Вайоминг (США), признанными лучшими в мире. Содержание монтмориллонита в нем почти 90%. Промышленные ресурсы месторождения составляют более 70 млн т. В таблице 2 приведен примерный химический состав бентонита Саригюха. Саригюхский бентонит дешев и в больших количествах импортируется в Россию.

Таблица 2

Химический состав бентонита Саригюхского глиняного месторождения

| Химическое соединение | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | MnO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------|------|------|------------------|-------------------|
| Доля, %               | 65,86            | 9,98                           | 7,57                           | 0,43 | 0,46             | 0,91 | 0,49 | 0,04 | 2,32             | 1,75              |

В большинстве случаев рекомендуется модифицировать глинистые породы. Различные методы модификации природных сорбентов с целью повышения их эффективности по отношению к конкретным загрязнителям – одно из самых актуальных научных и исследовательских направлений. Природные глины или глинистые минералы в основном используются в качестве адсорбентов после физико-химических модификаций, таких как подкисление, термическая активация и изменение оксида металла для повышения эффективности удаления. Бентонит имеет щелочную природу, и модификация поверхности часто снижает рН материала. Такие модификации обеспечивают лучшую стабильность при оптимальном рабочем рН, доступность активных центров и улучшенную удельную поверхность для адсорбции.

Наиболее часто используемый вид модификации бентонита – термическая обработка (резкое или постепенное обжигание). Кроме того, часто наряду с термической обработкой прибегают к химической модификации органическими или неорганическими компонентами. Установлена зависимость оптимальной температуры не только от типа глины, но и от месторождения, так как от этого зависит его минералогический состав.

Суть химического метода активации сорбента заключается в воздействии на образцы бентонита химических реагентов. В зависимости от химического реагента различают кислотную, щелочную, солевую и комбинированную активацию. Ярким примером метода химической

активации является активация кислотой. Этот процесс обычно увеличивает площадь поверхности и кислотность глинистых минералов с удалением некоторых минеральных примесей и частичным растворением внешних слоев.

Большой интерес представляет модификация глинистых пород органическими веществами; полученные сорбенты обычно называют органоглинами. Такая модификация позволяет сорбенту сочетать положительные свойства органических и неорганических соединений. Часто органическая модификация улучшает адсорбционные свойства минеральных сорбентов по отношению к органическим веществам.

Возможность регенерации адсорбента является одним из ключевых моментов в выборе материала для адсорбционной очистки воды. Регенерация адсорбента и его повторное использование в несколько циклов напрямую влияет на эксплуатационные расходы и экологические характеристики процесса. Однако это не простая задача. Во время процесса регенерации свойства адсорбента, его потенциал и эффективность должны сохраняться для следующих циклов, и, если возможно, адсорбат должен быть восстановлен. В литературе описано несколько методов регенерации адсорбирующих материалов, включая термические, химические и микробиологические методы. Регенеративными агентами могут быть физические волны, электрические токи, химические вещества и микроорганизмы. Механизм регенерации может быть посредством экстракции/выщелачивания, сдвига pH, термодесорбции или реакции/разложения.

Вывод: Для получения высокоэффективных сорбционных материалов на основе бентонита и обоснования их наилучших модификаций необходимо провести комплекс научных исследований физико-химических и адсорбционных свойств модифицированных бентонитов. Такие исследования позволят разработать адсорбционные системы, способные обеспечить высокие показатели очистки сточных вод текстильных предприятий от тяжелых металлов и других приоритетных загрязнителей водной среды.

#### Литература

1. Атаманова О.В., Истрашкина М.В., Толеуова Р.Н. (2019). Производственные испытания многокомпонентных фильтрующих загрузок для очистки сточных вод предприятияхимической индустрии. В кн. Инновационные подходы в решении современных проблем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды: сб. докл. Межд. науч.-техн. конф., Алушта, 3–7 июня, 2019 г. Белгород: Изд-во БГТУ, с. 72-79.

2. Pandey S. (2017). A comprehensive review on recent developments in bentonite-based materials used as adsorbents for wastewater treatment. *Journal of Molecular Liquids*, 241(9), 1091 - 1113. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.06.115>.

3. Bourg I.C., Bourg A.C.M., Sposito G. (2003). Modeling diffusion and adsorption in compacted bentonite: a critical review. *Journal of Contaminant Hydrology*, 61(1-4), 293 - 302. [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(02\)00128-6](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(02)00128-6).

4. Атаманова О.В., Тихомирова Е.И., Касымбеков Ж.К., Подоксенов А.А. (2020). Повышение сорбционной способности модифицированного бентонита при очистке сточных вод путем его активации. *Вода и экология: проблемы и решения*, 1(81), 3 - 12. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.3-12.

**Е.И. Гурьева<sup>1</sup>, О.В. Головина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup>МКП «Управление главного архитектора», г. Воронеж

## **МЕТОДИКА ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ И ХАРАКТЕРА ИНТЕГРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДСКУЮ СРЕДУ**

**(на примере моногорода Семилуки Воронежская область)**

В статье определены перспективы экологической реабилитации моногородов. Разработаны проектные предложения по интеграции промышленных объектов в городскую среду.

Ключевые слова: градостроительство, промышленные объекты, городская среда, моногород, экология, мониторинг

При активно развивающейся экономике за последние годы проблема интеграции промышленных объектов и территорий в городскую среду невероятно актуальна.

Целью исследования является выявление проблем и перспектив модернизации моногородов, а также определение методики выбора направления и характера интеграции промышленных объектов в городскую среду.

В задачи исследования входило и изучение международного, российского опыта в развитии моногородов. Методологическая основа работы включает изучение и систематизацию литературных источников, анализ проектной практики, разработку выбора методик и характера интеграции.

Методика исследования:

- многоаспектный анализ научной литературы по моногородам;
- проведение сравнительного анализа проблем и перспектив развития моногородов;
- выявление основных градостроительных проблем моногородов;
- определение направления интеграции промышленных объектов городов.

Сформированы три категории моногородов Воронежской области (рис. 1): категория 1 – моногорода с наиболее сложным социально-экономическим положением; категория 2 – моногорода с имеющимися рисками ухудшения социально-экономического положения; категория 3 – моногорода со стабильной социально-экономической ситуацией. Из 2 категории – г. Семилуки Воронежской области [1].

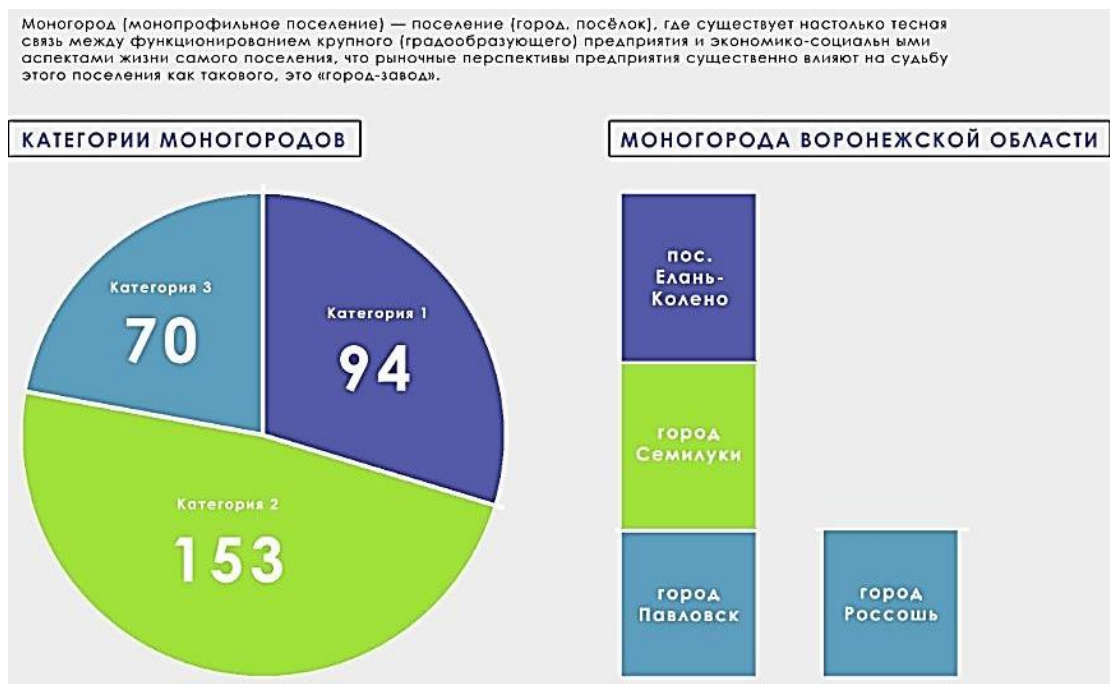


Рис. 1. Генезис и эволюция монопрофильных городов (авторы Головина О.В., Гурьева Е.И.)

Социально-экономическое развитие города Семилуки традиционно зависит от рыночной конъюнктуры и эффективности управления на градообразующем предприятии, а именно на ОАО «Семилукский огнеупорный завод» (рис. 2).

Стагнация в отраслях черной и цветной металлургии, химической промышленности и машиностроении, а также ряд внутренних факторов привели к остановке производства на вышеуказанном предприятии. На 01.01.2018 г. в городском поселении – город Семилуки Семилукского муниципального района проживает 26 тыс. человек [2].

Разработанная модель (рис. 3,4,5) основывается на экологическом мониторинге промышленного предприятия, и оптимизация достигается архитектурно-планировочными средствами учитывающими следующие факторы:

1. Особенности участка в природно-климатическом направлении.
2. Градостроительная ситуация и планировочная структура промузла.



3. Природный ландшафт, санитарно-гигиенические и микроклиматические условия.

4. Архитектурно-композиционная структура промузла.

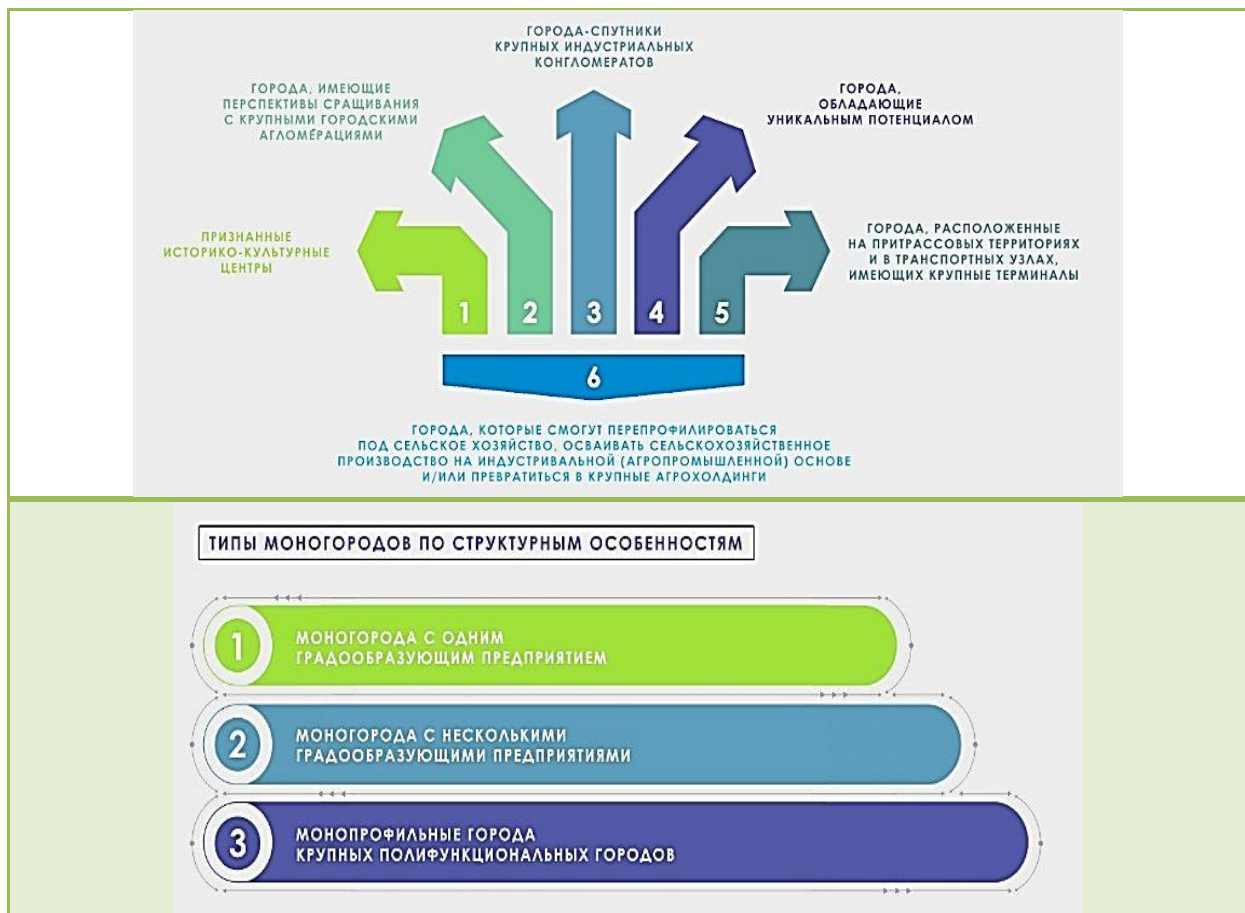


Рис. 2. Типология моногородов (авторы Головина О.В., Гурьева Е.И.)

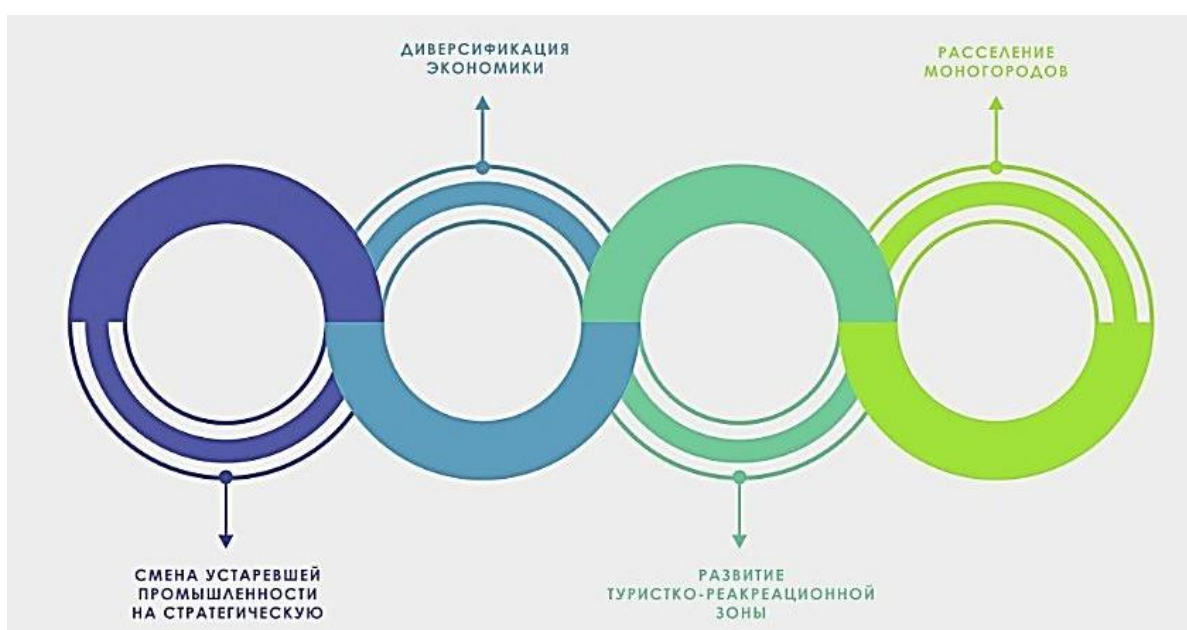


Рис. 3. Сценарий развития моногорода (авторы Головина О.В., Гурьева Е.И.)

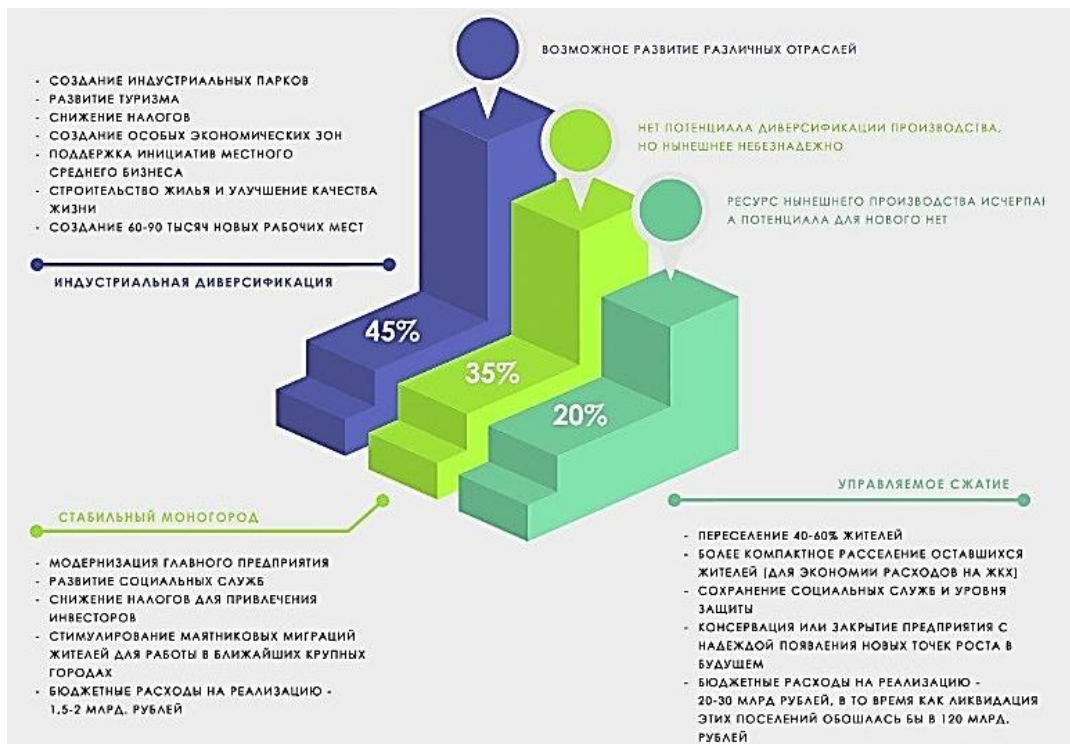


Рис. 4. Основные модели моногородов (авторы Головина О.В., Гурьева Е.И.)



Рис. 5. Модель-разработка инновационного метода экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий (авторы Головина О.В., Гурьева Е.И.)

Разработка инновационного проектного предложения с учетом экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий целесообразна в виде реновации промышленных объектов на территории Семилукского огнеупорного завода, которое обуславливает экономическое, социальное, культурное и эстетическое развитие моногорода Воронежской области.

#### Литература

1. Головина, О.В. Градостроительные проблемы развития моногородов / О.В. Головина // Архитектурные исследования. 2018. № 2 (14). С. 87-92.
2. Гурьева, Е.И. Социально-психологические факторы в градостроительной политике на примере Воронежской агломерации Е.И. Гурьева, Н.А. Яньшина // Строительство и реконструкция. 2019. № 5 (85). С. 96-107.

**Д.И. Евсеев, К.Е. Ежиков, А.В. Бодров, Е.А. Полянскова**

Пензенский государственный технологический университет

### **РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

В статье рассмотрено загрязнение водоема после сброса ливневых сточных вод с территории предприятия. Для сокращения загрязнения подобрана схема очистки ливневых стоков.

Ключевые слова: очистка, очистные сооружения, загрязнения, ливневые сточные воды.

Очистка ливневых сточных вод с территории промышленных площадок является одной из главных проблем охраны окружающей среды. Основной объем опасных загрязняющих веществ поступает в водоемы вместе с атмосферными (ливневыми и талыми) сточными водами.

Целью исследования является анализ и подбор схемы очистки ливневых сточных вод для промышленного предприятия г. Пензы.

На исследуемом предприятии образуются производственные и хозяйственно-бытовые сточные воды, которые отводятся в городской коллектор на очистные сооружения горводоканала.

Сточные воды от гальванического участка поступают на локальные очистные сооружения, обеспечивающие эффективность очистки от 80-100%. Очищенная вода возвращается в производственный цикл гальваноучастка.

Ливневые (дождевые, талые), а также условно чистые воды от охлаждения печей сбрасываются без очистки в водоем. Отведение дождевых вод в системы ливневой канализации с кровель зданий и

сооружений осуществляется по водостокам, с территории предприятия – через дождеприемные колодцы.

Сравнение содержания загрязняющих веществ в водоеме со значением ПДК представлено на рисунке 1.

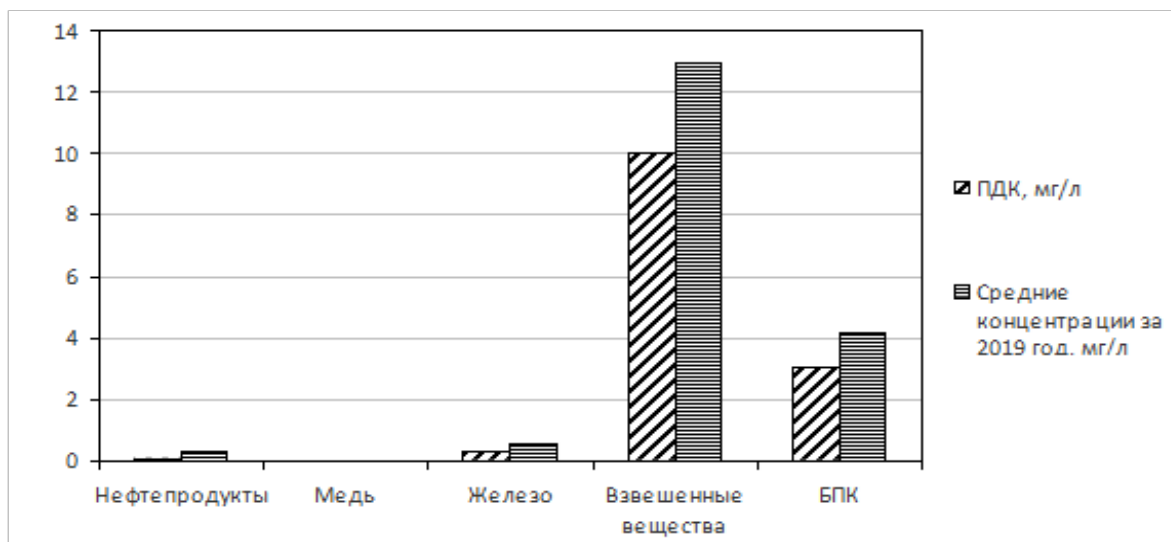


Рис. 1. Анализ содержания загрязняющих веществ в водоеме

Из рисунка видно, что в водоеме наблюдается превышение ПДК по нефтепродуктам, меди, железу, взвешенным веществам, БПК.

Так как ливневые очистные сооружения на предприятии отсутствуют целесообразно подобрать оборудование для очистки ливневых сточных вод перед сбросом в водоем. При строительстве сооружений для очистки ливневых стоков предусматривается наличие трех главных компонентов: песколовка, нефтеловушка, сорбционный фильтр [1,2].

В песколовке удаляются тяжелые примеси, а также нефтепродукты из жидкости. Благодаря гравитационным силам происходит усреднение потока и концентрации загрязняющих веществ, а тяжелые загрязнения отделяются. Далее очистка происходит в нефтеловушке, которая оборудована тонкослойными блоками из полимерных материалов. Использование тонкослойных блоков позволяет удалить маслянистые компоненты, взвеси и нефтепродукты. Взвеси оседают на дно, на поверхности задерживаются маслянистые составляющие, а также нефтепродукты.

Глубокую очистку воды до пределов ПДК проводят в сорбционном фильтре. Поглощающий фильтр отличается высокой степенью сорбции, после доочистки удаляются мелкодисперсные и растворенные вещества [2,3].

Таким образом, для исследуемого предприятия предлагается использовать схему очистных сооружений ливневых стоков, представленную на рисунке 2.

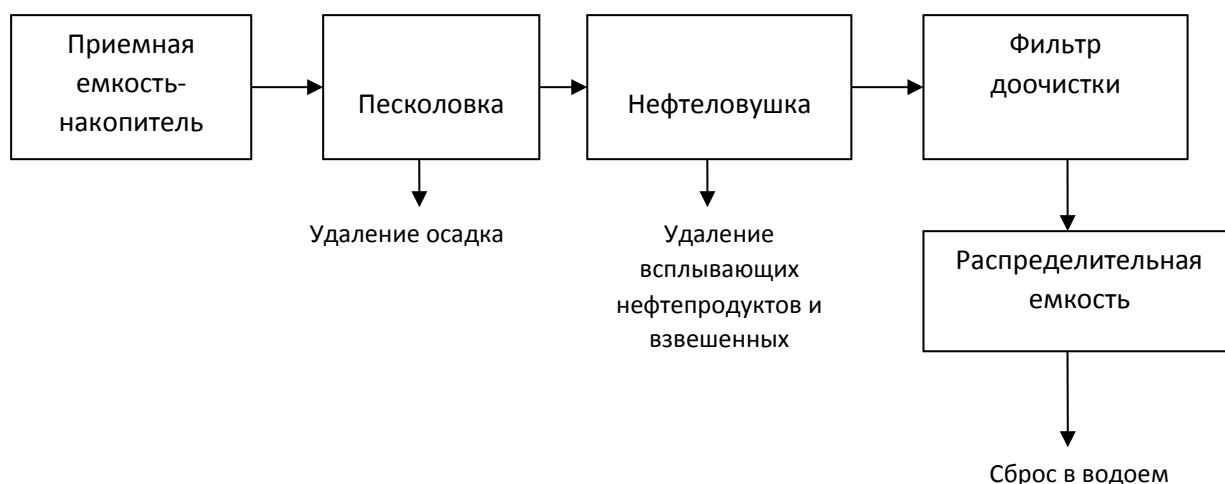


Рис.2. Схема очистных сооружений для очистки ливневых стоков

Ливневые и условно-чистые производственные стоки самотеком поступают в накопитель, затем в автоматическом режиме перекачиваются на песколовку с круговым движением воды, которая представляет собой железобетонный резервуар круглый в плане диаметром 3 м, производительностью 110 л/с, нагрузка на песколовку – 100 м<sup>3</sup>/час.

Из песколовки сточная вода подается в многокамерные нефтеловушки объемом 200 м<sup>3</sup> (4 нефтеловушки по 50 м<sup>3</sup>). Время отстаивания стоков в нефтеловушках от 40 минут до 2 часов, в зависимости от количества стоков. Удаление всплывших нефтепродуктов производится 3 раза в неделю. Выпавшие в осадок взвешенные вещества удаляются 1 раз в год.

Из нефтеловушек стоки самотеком поступают на 2 фильтра доочистки, предназначен для окончательной очистки стоков перед сбросом в водоем. Из фильтров очищенные ливневые стоки поступают в распределительную емкость, предназначен для охлаждения стока перед сбросом его в водоем [4].

Таким образом, предложенная схема очистки позволит эффективно очищать ливневые стоки перед сбросом в водоем и достичь ПДК по нефтепродуктам, меди, железу, взвешенным веществам, БПК.

#### Литература

1. Алексеев, М.И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: Учеб. пособие для вузов / М.И. Алексеев, А.М. Курганов. М.: Изд-во АСВ, СПб: СПбГАСУ, 2000. – 352 с.
2. Бирман Ю.А. Комплексные очистные сооружения производственно-ливневых сточных вод полного цикла / Ю.А. Бирман // Водоочистка. – 2012. – №3. – С. 44-46
3. Духопельникова Н.Р. Поверхностные сточные воды, система отведения и их очистка в крупных городах // AlfaBuild. – 2018. – №. 1. – С. 7-14.
4. Черников, Е.Г. Пути усовершенствования технологии очистки поверхностных сточных вод / Е.Г. Черников, Ж.М. Говорова // Водоочистка. – 2013. – №2. – С.59-63



**В.В. Жарова, Н.А. Комарова, Д.Е. Борисков**

Пензенский государственный технологический университет

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИИ**

В статье рассмотрены отходы из полиэтилентерефталата (ПЭТ) и их методы утилизации, предложен способ вторичной переработки с помощью химической рециркуляции.

Ключевые слова: ПЭТФ, ПЭТ, рециркуляция, переработка.

Отходы ПЭТФ, которые состоят преимущественно из полиэтилентерефталата (ПЭТ, ПЭТФ) представляют экологическую проблему, которая охватывает всю планету. Применяемые в данное время материалы из ПЭТ приобрели повсеместное применение, за счет своих физико-химических, механических, свойств, а так же возможностью находиться в аморфном и в кристаллическом состоянии.

На данный момент количество отходов ПЭТ превышает более 30% от всех общих отходов пластмассы, большая часть которой перерабатывается [3]. По литературным данным, опубликованным Всемирным фондом дикой природы, отходы, находящиеся в естественной среде представляют огромную опасность для биоты. При разрушении пластмассы выделяются токсичные вещества, способные провоцировать серьезные гормональные отклонения у животных и у человека.

**Цель работы:** снижение антропогенного воздействия ПЭТФ отходов на окружающую среду.

Главным материалом для производства ПЭТФ служит полиэтилентерефталат или ПЭТ, ПЭТФ, (полное название полиэтиленгликольтерефталат) — термопластик, относящийся к классу полиэфиров. ПЭТ-материал обладает сравнительно большой химической устойчивостью к органическим растворителям, которые включают в себя: бензин, масл, жиры, спирты, эфиры, а так же к сильным химическим соединениям, к которым относятся кислоты и щелочи. Растворимость повышается при высокой температуре от 40-150 С. В том числе устойчив к воздействию паров (водяного, органического) [3].

Из-за высоких барьерных свойств полиэтилентерефталат применяется:

- для изготовления пластмассовых изделий, которые применяются в роли упаковки;
- для производства пленок и лент, так как полиэтилентерефталат обладает повышенной механической прочностью;
- для производства blisterной упаковки, за счет термоформования материала из ПЭТФ [4].

Вследствие большого потребления ПЭТФ, количество отходов увеличивается пропорционально потреблению. Во время технологических процессов, при синтезе, переработке сырья из ПЭТ образуется значительная часть отходов. Переработка изделий с помощью экструзии, процесса вакуумного или выдувного формования из имеющихся заготовок приводит к формированию производственных отходов. Например, при процессе вакуум-формования листовых материалов образуется 15-35 % ПЭТ-отходов от полного производственного объема. Значительную часть в состав отходов ПЭТ приносят пластиковые бутылки, предназначенные для напитков и других пищевых продуктов.

Увеличение отходов, состоящих преимущественно из ПЭТ, при технологическом процессе производства преформ находится в промежутке от 0,7 до 0,9 % и зависит от исходного сырья, используемого в технологическом процессе.

В зависимости от видов отходов выделяют несколько рациональных способов переработки ПЭТФ:

- Первоначальная сортировка ПЭТФ (первичная) – метод разделения, который проводится непосредственно на заводах и в приемных пунктах, заводах;
- Пиролиз, как метод переработки ПЭТФ отходов;
- Вторичная переработка – это метод промышленной переработки, заключающийся в получении из пластмассового материала ПЭТФ мелких хлопьев, химических волокон или стабильных гранул.
- Химическая рециркуляция - это метод переработки, основанный на принципе экологичности и полиэтилентерефталата. Он включает в себя деполимеризации пластиковых отходов до этиленгликоля и терефталевой кислоты, в следствие чего продукты реакции вновь поступают на синтез ПЭТФ [2].
- Сжигание ПЭТФ отходов – это метод термическое воздействие при высоких температурах на ПЭТФ. Данный способ применяется только для сокращения объёма отходов, так как является экономически не выгодным из-за высокой теплотворной способности ПЭТФ.
- Самодельное производство или вторичное применение пластикового материала в быту [2].

Пластиковая тара имеет большой срок разложения, начиная от десятилетий и заканчивая сотнями лет, при этом влияние продуктов распада, выделяющихся при разложении пластика, носит исключительно негативный характер. Большой урон приносят материалы, содержащие ПЭТ, так как полностью инертны к окружающей природной среде.

Одним из перспективных методов утилизации отходов является рециклинг вторичного полиэтилентерефталата. Для усовершенствования этого процесса возможно его химическая модификация. В качестве

модификаторов используют органические соединения, имеющие в своем составе 2 функциональные группы, находящиеся в плоскости бензольного кольца. Благодаря плоскому пространственному расположению происходит присоединение в структуру полимеров модификаторов, при этом учитывается напряженное состояние молекул при переработке. [1].

Модификаторы обладают стабилизирующим действием во время термической обработки при высоких температурах. Термоокислительное и термогидролитическое действие приводит к деструкции термопластов, которое основано на их взаимодействии с конечными функциональными группами полимеров, относящихся к группе гетероцепных. Вследствие этого добавление модификантов в процесс повторной переработке полиэтилентерефталата ведет к удлинению цепи, увеличению молекулярной массы, снижению неустойчивости во время термообработки при высоких температурах, к повышению влагоустойчивой при переработке.

Статические условия химической модификации исходных и переработанных полимеров позволяют определить вид и необходимую концентрацию модификантов. Во время динамических процессов по экспериментальным данным средневязкостной молекулярной массы оцениваются эффективность и рациональность выбранных модификаторов [5].

У полимеров и синтетических материалов главной проблемой и недостатком с экологической точки зрения является небольшая степень разложения в естественных условиях.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что внедрение новых методик вторичной переработки полимерных отходов приведет к снижению уровня антропогенной нагрузки на окружающую среду.

#### Литература

1. Овчинникова Г.П., Артеменко С.Е. Рециклинг вторичных полимеров: Учеб. пособие. Саратов, 2000. С. 21.
2. Милицкова Е.А. Рециклинг отходов // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды: Обзорная информ. / ВИНТИ. М., 1997.
3. Лобачев Г.К., Желтобрюхов В.Ф. Вторичные ресурсы: проблемы, перспективы, технология, экономика: // Учеб. пособие / Волгоград, 1999. 180 с. С. 52 – 70.3.
4. Черных А.А. Проблема утилизации отходов полиэтилентерефталат: аналитический обзор // URL: [//Recyclers.ru/uploads/library/pet.waste.pdf](http://Recyclers.ru/uploads/library/pet.waste.pdf) (дата обращения 02.06.2013 г.).
5. Жураев А.Б., и др. Пути утилизации бытовых отходов полиэтилентерефталата. //Пластические массы. 2005. №3. С. 49-53.



**С.В. Зиновьев, И.А. Храмова, В.А. Чернова, В.В. Зупарова**

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»

## **ВОЗМОЖНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ПЛАСТИКА ПРИ ПОМОЩИ МИКРООРГАНИЗМОВ**

В публикации приведена характеристика и анализ возможности применения использования бактерий при переработке пластика.

Ключевые слова: микроорганизмы, переработка пластика, ферменты.

В результате большой зависимости промышленности от пластика, а его общий объем производства достигает 300 миллионов тонн в год. Пластик стал одним из главных компонентов загрязнений, производимых человеком, так пластик обнаружен даже на дне Марианской впадины, на глубине более 10 000 метров.

По мнению многих исследователи в центре следующей технической революции будут стоять биотехнологии, то есть создание новых биологических материалов, комплектующих или аппаратов для различных отраслей промышленности. Однако несмотря на открытие новых синтетических объектов, это не снимает проблему переработки как существующих, так и открытых в будущем материалов.

В связи в выше сказанным все большее значение приобретает производство различных экологических технологий утилизации пластика, то есть тех, которые в свою очередь безопасны для окружающей среды.

В настоящее время наиболее перспективно выглядит переработка ПЭТ (полиэтилентерефталат) материал из которого производятся пластиковые бутылки, различные нити, волокна, которые применяются в машиностроении, химической и медицинской промышленности, производстве пищевой тары, бытовой технике и т.д.

Существуют виды микроорганизмов, которые могут производить деградацию пластика под действием специфических выделяемых ими ферментов.

Так на данный момент открыты особенности жизнедеятельности бактерий *Ideonella sakaiensis* sp. nov. (штамм 201-F6), которые показаны на рисунке 1. Эти микроорганизмы обладают способностью разлагать пластик на более мелкие конгломераты, которые далее могут использовать в качестве пищи [1,2].

Штаммы, принадлежащие к роду *Ideonella*, являются граммотрицательными, аэробными и мезофильными, прямыми или слегка изогнутыми аспорогенными стержнями. Они подвижны двумя или несколькими полярными, или подполярными жгутиками. Колонии округлые, гладкие и непигментированные [3].

И хотя до этого момента были известны ферменты, которые способствуют деградации пластика, ферменты, выделяемые *Ideonella sakaiensis* – ПЭТаза и МГЭТ-гидролаза, видимо сформировались именно в целях разложения пластика.

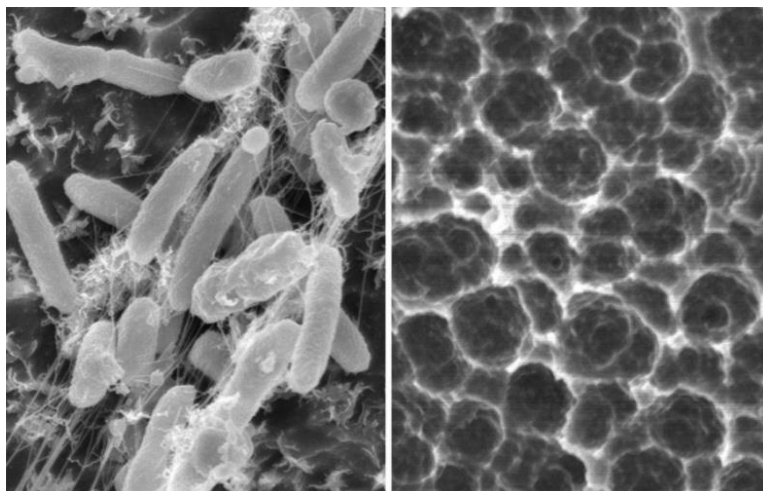


Рис. 1. Бактерии *Ideonella sakaiensis* sp. nov.

Фермент ПЭТаза разлагает длинные участки полимеров на более низкомолекулярные звенья – моно (2-гидроксиэтил) терефталевая кислота (основной продукт) и терефталевая кислота (побочный продукт), а МГЭТ-гидролаза завершает процесс разлагая образовавшиеся участки полимеров - моно (2-гидроксиэтил) терефталевую кислоту на терефталевую кислоту и этиленгликоль [4].

Рост и развитие *Ideonella sakaiensis* sp. nov. возможна при pH от 5,5 до 9,0 и температуре от 15 до 42°C. Дегградация ПЭТ-пленка под действием *Ideonella sakaiensis* представлена на рисунке 2.

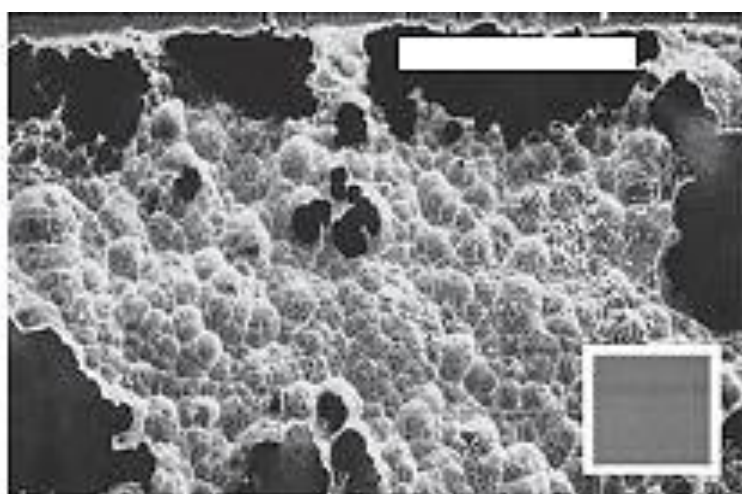


Рис. 2. ПЭТ-пленка под действием *Ideonella sakaiensis*

Максимальная скорость разложения пластика под действием бактерий *Ideonella sakaiensis* sp. nov. составила 0,09-0,15 мг×см<sup>-2</sup>×сут<sup>-1</sup> при рН 7-7,5 и температуре - 30-37 °С [5].

Несмотря на свою уникальную особенность у бактерий *Ideonella sakaiensis* sp. nov. есть и явные недостатки ограничивающие их широкое применение в процессе утилизации пластика. Так к таким уязвимым местам относятся – низкая скорость размножения, довольно узкие рамки высокой активности и выделение углекислоты в ходе процесса.

Выделение углекислоты является экологической проблемой при использовании *Ideonella sakaiensis* sp. nov. поскольку здесь наблюдается противоречие с тенденцией снижения выбросов углекислого газа в Мире – Киотский протокол, который в том числе подписала и Россия.

Бактерии рода *Ideonella* довольно медленно размножаются, а также следствии того, что наибольшая активность бактерий отмечена при температуре 30-37°С это становится проблемой при их использовании, поскольку это повышает затраты или сужает область применения бактерий лишь областями с тропическим или субтропическим климатом.

Скорость размножения и температурная активность может быть увеличена путем переноса генов, отвечающих за синтез ферментов отвечающих за деградацию полиэтилентерефталата другим более быстроразмножающимся и термоустойчивым микроорганизмам, например *Escherichia coli*.

#### Литература

1. Russell J. R., Huang J., Anand P., Kucera K., Sandoval A. G., Dantzler K. W., Hickman D., Jee J., Kimovec F. M., Koppstein D., Marks D. H., Mittermiller P. A., Núñez S. J., Santiago M., Townes M. A., Vishnevetsky M., Williams N. E., Vargas M. P., Boulanger L. A., Bascom-Slack C., Strobel S. A. Biodegradation of polyester polyurethane by endophytic fungi. (англ.)// Applied and environmental microbiology. 2011. Vol. 77, no. 17. P. 6076—6084.
2. S. Tanasupawat, T. Takehana, S. Yoshida, K. Hiraga, K. Oda (2016) *Ideonella sakaiensis* sp. nov., isolated from a microbial consortium that degrades poly(ethylene terephthalate) International journal of systematic and evolutionary microbiology, Volume 66, Issue 8.
3. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология. Том 1 (3-е изд.). М.: «МИР», 2004. 454 с.
4. Wei R., Oeser T., Schmidt J., Meier R., Barth M., Then J., Zimmermann W. (2016). Engineered bacterial polyester hydrolases efficiently degrade polyethylene terephthalate due to relieved product inhibition. Biotechnol. Bioeng. 113, 1658–1665.
5. Yoshida S., Hiraga K., Takehana T., Taniguchi I., Yamaji H., Maeda Y. et al. (2016). A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). Science. 351, 1196–1199.

**Н.А. Комарова, Д.Е. Борисков, С.Ю. Ефремова, В.С. Читалина**

Пензенский государственный технологический университет

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АДСОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Исследованы процессы очистки сточных вод гальванического производства, проанализированы загрязняющие вещества, образующие в ходе технологического процесса, приведены системы промывки, системы очистки гальванических производств.

Ключевые слова: диатомит, модификация, тяжелые металлы.

В настоящее время проблема загрязнения сточными водами в последнее 10-летие приобретает особую актуальность в связи со стремлящимся развитием промышленности. Ухудшение состояния водных объектов происходит в результате недостаточной очистки сточных вод, содержащие в своем составе токсичные вещества, патогенные микроорганизмы. Одним из главных источников загрязнения являются промышленные сточные воды. Наиболее опасные загрязнители, которые образуются в ходе химического превращения. В основном это тяжелые металлы, их соли, а именно сульфиды, нитриды и т.д.

Тяжелые металлы – это элементы, которые являются основными загрязняющими веществами, имеют относительную атомную массу свыше 40 г/моль и плотностью более 5 г/см<sup>3</sup> и входящие в состав отходов 1 и 2 класса опасности [2]. Для удаления ионов Zn, Cu, Ni, Pb, Cd из загрязненных стоков применяют реагентный способ. Реагенты вступают во взаимодействие с ионами тяжёлых металлов, вследствие чего переводят их из растворимого состояния в нерастворимые осадки. Учитывая, что первоначальный состав загрязнённых стоков не учитывается при их очистки с помощью реагентного метода, все же необходима доочистка перед сбросом в водоемы хозяйственно-бытового назначения. Таким образом, для решения этой проблемы предлагается использовать альтернативные адсорбционные методы очистки с применением химически модифицированного адсорбента.

Согласно исследованиям сорбенты на основе биоугля имеют адсорбционная способность. Они широко используются в очистке сточных вод благодаря своим свойствам, а именно высокая пористость, большая площадь поверхности, стабильность, возможность вторичной переработки и безопасность утилизация.

Обзор работ по технологиям для очистки сточных вод от тяжелых металлов указывает на его приоритет в области физической химии, в создании инновационные технологии лечения.

В последние десятилетия интерес ученых создание инновационных технологий очистки сточных вод. Актуальность приобретает направление очистки сточных вод гальванических производств, которое является одним из наиболее крупных проблем для гидросферы, в результате высокой токсичности [3]. В современных экономических условиях приоритетными являются: методы очистки, основанные на применении недорогих материалов местного сырья. Итак, диатомит привлек внимание специалистов.

**Объекты исследования и метод:** В качестве объекта изучения был выбран диатомит Ахматовского месторождения, которое находится в Пензенской области. Химический состав природного диатомита, выраженный в процентах имеет следующие значения:  $\text{SiO}_2$  – 82,4,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 2,7,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1,8,  $\text{CaO}$  – 1,88,  $\text{MgO}$  – 0,91, прочие примеси – 9,1%. За исключением кремнезема в состав диатомита входят кристаллы солей Ca, Na, Fe, Al, органические вещества (до 9%). Кремнеземистая составляющая диатомита представлена в основном аморфной фазой с присутствием кристаллической фазы в виде  $\beta$ -кварца [9]. Обзор литературы указывает на то, что природные диатомиты имеют высокую сорбционную способность, но очистка и модификация поверхностных слоев может значительно повысить сорбционную емкость [6, 1, 5]. После химической модификации кислотой элементный состав диатомита (%), полученный методом ИК - спектрометрии имел следующие значения:  $\text{SiO}_2$  – 89,23%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,7%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2,71%;  $\text{CaO}$  – 0,02%;  $\text{MnO}$  – 0,00 прочие примеси – 6,34%/ Элементный состав термического диатомита по данным рентгенофлуоресцентного анализа:  $\text{SiO}_2$  – 87,13%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 4,18%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 4,07%;  $\text{CaO}$  – 1,48%;  $\text{MgO}$  – 0,43% прочие примеси – 6,34%.

Таблица 1

Адсорбция на диатомите ионов кадмия  $\text{Cd}^{+2}$ , масса адсорбента  $m = 0,002$  кг,  $V_{\text{р-ра}} = 0,1$  л, время контактирования 1 час

| C0<br>(мг/л) | Термический (1 опыт) «Т1» |           |           | Термический (2 опыт) «Т2» |           |           |
|--------------|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|-----------|
|              | Ln (C)                    | C1 (мг/л) | A (мг/кг) | Ln (C)                    | C1 (мг/л) | A (мг/кг) |
| 0,001        | 0,00019                   | 0,04066   | 4553,37   | 0,00078                   | 0,01077   | 1206,35   |
| 0,0001       | 1,3E-07                   | 0,00499   | 559,271   | 1E-05                     | 0,00449   | 505,722   |
| 0,00001      | 1,9E-9                    | 0,0005    | 55,9891   | 1,31E-06                  | 0,00044   | 48,9062   |
|              | Кислотный (1 опыт) «Н1»   |           |           | Кислотный (2 опыт) «Н2»   |           |           |
| 0,001        | 0,02394                   | -0,31131  | -128484   | 0,006577                  | -0,27886  | -31232,6  |
| 0,0001       | 0,00722                   | -0,11327  | -39906,4  | 0,001128                  | -0,05138  | -5754,63  |
| 0,00001      | 0,00236                   | 0,0005    | -13190    | 0,000394                  | -0,01922  | -2152,39  |
|              | Природный (1 опыт) «Н1»   |           |           | Природный (2 опыт) «Н2»   |           |           |
| 0,001        | 9,18E-05                  | 0,04541   | 5085,777  | 0,000513                  | 0,02436   | 2728,266  |
| 0,0001       | 2,67E-08                  | 0,00499   | 559,8504  | 6,36E-06                  | 0,004682  | 524,3893  |
| 0,00001      | 5,1E-10                   | 0,0005    | 55,99715  | 5,21E-07                  | 0,000474  | 53,08109  |
|              | Щелочной (1 опыт) «ОН1»   |           |           | Щелочной (2 опыт) «ОН2»   |           |           |

|         |          |          |          |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,001   | 8E-08    | -4E-06   | 5599,552 | 2,55E-05 | -0,00127 | 5457,271 |
| 0,0001  | 4,97E-17 | -2,5E-15 | 560      | 0,042402 | -2,12008 | -236889  |
| 0,00001 | 7,805777 | -390,289 | -4,4E+07 | 1,460776 | -73,0388 | -8180290 |

**Обсуждение результатов.** Результатом химического активации является увеличение адсорбционной способности диатомита за счет повышения числа мезо- и микропор, что способствует концентрированию тяжелых металлов на поверхности модифицированного диатомита за счет увеличения числа активных центров. Что дает не менее чем на 4-7 % повышения сорбционной способности материала, а в следствии повышении степени очистки сточных вод.

Принимая во внимание, что гальванические стоки, содержащие кадмий и другие ТМ, имеют рН значительно меньше 7, можно предположить, что диатомит, активированный кислотами, будет иметь недостаточную адсорбционную емкость, по сравнению со всеми остальными. Поэтому следует вести дальнейшие исследования в области поиска методов активации диатомитов, с целью создания универсальных адсорбентов [4].

**Вывод.** На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что кислотная модификация не ведет к адсорбции (наблюдается даже отрицательная адсорбция), что указывает на подвижность кадмия в части низких рН, можно предположить, что только увеличение щелочности до возможности образования гидроксида кадмия ( $\text{CdOH}^+$ ).

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что после 1 часа контактирования адсорбата с адсорбентом адсорбционное равновесие не наступает ни в одном из типов эксперимента. В условиях эксперимента термически модифицированный и природный диатомит проявляют себя практически одинаково по отношению к адсорбтиву – ионам кадмия в области концентраций от 0,00001 до 0,001 моль/л.

#### Литература

1. Лисин С. А. Модифицирование биогенного кремнезема и пути его использования: Автореф. дис. канд. хим. наук. Казань, 2004. С.7
2. Дацко, Т.Я. Физико-химические и адсорбционно-структурные свойства диатомита, модифицированного соединениями алюминия // Т.Я. Дацко, В.И. Зеленцов, Е.Е. Дворникова // Электронная обработка материалов. – Казань, 2011 – С. 59-68.
3. Комарова Н.А., Давыдова М.А., Борисков Д.Е., Кузьмин А.А. Использование модели Фрейндлиха для описания адсорбции ионов меди на поверхности модифицированного диатомита // Журнал «ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» - Пенза, 2020 г. – 55-60 с.
4. Комарова Н.А., Давыдова М.А., Борисков Д.Е., Ефремова С.Ю. // О возможности использования модифицированного диатомита для очистки высококонцентрированных сточных вод, содержащих тяжелые металлы // Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции.

2019 Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит» (Саратов) – 160-163 с.

5. Климов, Е.С., М.В. Бузаева. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод – Ульяновск: УлГТУ, 2011 – 201 с.

6. Boriskov D., Efremova S., Komarova N., Tikhomirova E.//Applicability of the modified diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals// E3S Web Conf. Том 247, 2021 Международная конференция по эффективному производству и переработке (ICEPP-2021).

**М.В. Комиссаренко, Е.А. Татаринцева**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В БЕТОННЫХ СМЕСЯХ**

В данной работе показаны результаты исследования, использования гальванического шлама (отход цеха гальванического производства) для получения бетонных смесей. По результатам исследования видно, что введение гальваншлама в соотношении 3-5% от общего объема смеси позволяет получить бетон, соответствующий требованиям по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости.

Анализ литературных данных показал возможность утилизации гальванических шламов в строительные изделия. При этом снижается себестоимость продукции и решается актуальная экологическая проблема по утилизации отходов промышленности [1-3].

Гальванические шламы (ГШ) образуются при очистке сточных вод гальванических производств реагентным методом. Используемый гальванический шлам в своём составе содержит в основном Ni и Fe и относится ко II классу опасности. В результате проведенного процесса ферритизации термическим методом при температуре 900 °С образуется порошок черного цвета, который состоит из тонкодисперсных активных частиц соединений металлов гидратированных окислов железа. При этом снижается класс опасности материала со II до IV, что подтверждается методом биотестирования с тест-объектами *Daphnia magna* и *Scenedesmus* [4].

Удельная поверхность ферритизированного гальваншлама (ФГШ) соответствует удельной поверхности портландцемента и составляет 1800-3000 см<sup>2</sup>/г [5]. Что показывает возможность частичной замены цемента модифицированным отходом.

Для эксперимента были выбраны два вида изделия. «Плиты железобетонные для покрытий городских дорог» марка бетона М 300 и



«Тротуарная плитка» марка бетона М 400. Объектом исследования, при процессе производства бетона был модифицированный гальванический шлам.

В составе бетона: цемент – портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н в разном количестве исходя и марки бетона (ГОСТ 31108-2016), щебень гранитный (марка 1400 фракции 5 - 20 мм), речной песок (модуль крупности песка 1,03), вода в различном соотношении в зависимости от марки бетона и модифицированный гальванический шлам (МГШ), который составлял 3 % масс. и 5 % масс. от всей массы цемента, рис.1.

Испытания образцов проводили в соответствии с ГОСТ7473-2010, 28570-90, 18105-2010, 10180-2012 при определении марочной прочности бетона (таблица).

Таблица

Результаты испытаний бетонных смесей

| Наименование             | М300  |       | ГОСТМ300 | М400       |            | ГОСТМ400   |
|--------------------------|-------|-------|----------|------------|------------|------------|
|                          | МГШ5% | МГШ3% |          | МГШ5%      | МГШ3%      |            |
| Прочность 28сут, МПа     | 27    | 28,9  | 29,45    | 35,7 ± 0,1 | 33,5 ± 0,1 | 39,3 ± 7,8 |
| Прочность после ТВО, МПа | 23    | 25,4  | 27       | 25,5 ± 0,1 | 24,0 ± 0,1 | 27,0 ± 5,4 |
| Осадка конуса, см        | 5     | 4     | 5-9      | 8 ± 1      | 8 ± 1      | 5-9        |



Рис.1. Изготовление образцов бетона

Результаты испытаний показали, что бетон с МГШ становится более текучим и пластичным, по осадке конуса относится к марке П1. Образцы, полученные в результате эксперимента, показали прочность, соответствующую ГОСТУ.



Образцы бетона испытывали согласно ГОСТу 12730.5-2018 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости» и ГОСТу 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».

Под воздействием низких температур происходит разрушение бетона. Основной причиной этого процесса является расширение воды в порах материала при замерзании. Показатели морозостойкости бетона отражают количество циклов заморозания-оттаивания, выдерживаемые бетоном. Изделия выдержали 5 циклов испытаний при минимальной температуре -20<sup>0</sup>С, что соответствует марке бетона по морозостойкости F200.

Испытания водонепроницаемости проводили за период 28 суток, при приложении давления воды от 0,2 МПа до 1,4 МПа. Контрольные образцы, изготовленные из бетонных смесей с добавкой для бетонов Кратасол ПФМ тип-5/1, выдержали 6 циклов испытания, что соответствует марке по водонепроницаемости не менее W12.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что возможно использовать отходы гальванического производства в виде МГШ в бетонных смесях в соотношении 3-5% .

#### Литература

1. Сметанин, И.С. Комплексное исследование гальванического шлама, а также установление возможности его использования для получения объемно-окрашенной тротуарной плитки с требуемым комплексом цветовых и физико-технических характеристик / И.С. Сметанин. - Курск: КЭМТ, 2017. - С.46-49.

2. Белкин, А.А. Исследование возможности переработки гальванических шламов путем введения их в строительные материалы / А.А. Белкин // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2017. № 16(16). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/16/26082> (дата обращения: 21.10.2021).

3. Баженов, Ю.М. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов / Ю.М. Баженов, П.Ф. Шубенкин, Л.И. Дворкин. - М.: Стройиздат, 1986. - 54с.

4. Влияние модификации на токсичность сорбционных материалов, предназначенных для очистки сточных вод / Е.А. Татаринцева, И.В. Долбня, Е.А. Бухарова, Л.Н. Ольшанская, Е.Н. Лазарева // Экологическая химия, 2019. № 28(3). С.140-146.

5. Долбня, И.В. Исследование процесса ферритизации гальванического шлама / И.В. Долбня, Е.А. Татаринцева, К.В. Козьмич // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. В 5 т. Т. 2. Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: материалы XIII Междунар. научно-практической конференции, Тольятти, 21-24 апреля 2016г. – Тольятти: Волжский университет имени В.Н. Татищева, 2016. С. 165-167.

А.Ю. Кушу, К.В. Пищева, А.С. Макарова

ФГБОУ ВПО Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИТОЭКСТРАКЦИИ РТУТИ ИЗ ПОЧВ РАСТЕНИЕМ *LEPIDIUM SATIVUM*

Развитие промышленности неразрывно связано с расширением использования химических веществ [1]. Среди промышленных токсикантов важное место занимают ртуть и ее соединения. В условиях загрязнения ртуть может накапливаться в верхних горизонтах почвы, что приводит к постепенному изменению химического состава, нарушению единства геохимической среды и увеличению негативного воздействия на биоту. В качестве экономичного метода для решения проблемы загрязнения почв ионами ртути в работе предложена фитоэкстракция. Естественная фитоэкстракция является медленно идущим процессом, поэтому для ускорения процесса и его повышения эффективности были использованы химические добавки. В представленной статье рассматривается эффективность фитоэкстракции ртути из почвы растением *Lepidium sativum* (кресс-салат широколистный) с использованием химических добавок. Проанализировав проделанные работы зарубежных ученых, определили наиболее подходящие растения для проведения фитоэкстракции – растения из семейства злаковые и крестоцветные. Поэтому для проведения эксперимента был выбран кресс-салат. В качестве химических добавок использованы препараты, в основе которых содержатся гибберелловые кислоты для повышения устойчивости растений в стрессовых условиях, моноэтаноламинная соль битиуксусной кислоты, тиосульфат натрия. В ходе работы был проведен вегетационный эксперимент. В лабораторных условиях в почвогрунт, загрязнение ртутью которого превышает предельно допустимые концентрации ртути в почве в 5 раз, высаживались семена *Lepidium sativum*, наблюдались и записывались морфометрические и физиологические показатели. По результатам эксперимента рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции ртути, а также составлены диаграммы коэффициентов биоаккумуляции ртути.

Ключевые слова: фитоэкстракция; сверхаккумуляция; транслокация; очистка почв от ртути; химические добавки.

Ртуть, аккумулирующаяся в почвенном покрове, практически не подвергается биодegradации, очень медленно удаляется при выщелачивании, водной и ветровой эрозии. Некоторыми из основных источников прямого поступления ртути в почву являются неучтенные потери предприятий по выпуску хлора и каустической соды, которые поступают непосредственно в почву на территории или вблизи производственных предприятий, предприятий цветной металлургии, попадание ртути в почву при использовании сточных вод в целях орошения и разработкой месторождений ртути [2]. К примеру, на территории бывшего химического предприятия «Усольехимпром» обнаружены высокие концентрации ртути (в частности, около цеха ртутного электролиза). Не меньше опасности представляет шламохранилище, где находится еще около 600 тонн ртутьсодержащих

отходов. Проанализировав концентрации металлической ртути в почве, отобранной с территории «Усольехимпром», превышение концентрации металлической ртути в почве более, чем в 100 раз.

В настоящее время приоритет по эколого-экономической эффективности признается за методом фиторемедиации [3] – технологией очистки почв и промышленных сточных вод с помощью естественных и генетически измененных растений. На основе свойства растений к гипераккумуляции металлов разрабатывается технология фитоэкстракции – интенсивное поглощение металлов корнями растений и их транслокация в надземные органы с последующей переработкой поглощаемой массы. Широкое распространение получила стратегия фитоэкстракции, при которой используются различные химические добавки [4].

Для повышения устойчивости растений в стрессовых условиях в почвогрунт добавлялись препараты Корневин (IAA) и Завязь (GA). Fe-хелат был предложен к использованию как препарат, препятствующий к заражению растений хлорозом и участвующий в фиксации азота. Моноэтаноламинная соль битиуксусной кислоты (МЭБТА) способствует усилению поглощения ионов ртути растениями и повышению эффективности процесса извлечения ртути из почвы [5]. Эффективность действия тиосульфата натрия обусловлена высоким химическим сродством ртути к атому серы и образованием селективных комплексных растворимых соединений ( $[Me(S_2O_3)]^{2-}$ ) [6].

В представленной работе был проведён вегетационный опыт. В лабораторных условиях в почвогрунт, загрязненный реактивом нитрат ртути на уровне 5 ПДК, высаживались семена кресс-салата широколистного, наблюдались и записывались морфометрические и физиологические показатели. По истечении вегетационного периода растения выкапывались, взвешивалась масса растений и оценивался их внешний вид. Высушенные растения и почвогрунт отправлялись в научно-исследовательский центр «Курчатовский институт» – ИРЕА для анализа концентраций ионов ртути в почвогрунте, корнях и побегах растений. После проведённого эксперимента растения сжигаются, а шлак захоранивается в герметичные контейнеры.

По результатам проведённого эксперимента был составлен график, показывающий рост кресс-салата широколистного при загрязнении почвогрунта ртутью на уровне, превышающей ПДК ртути в почве (2,1 мг/кг [7]) в 5 раз (рис. 1). По графику видно, что наилучшие результаты по росту растений при добавлении МЭБТА. Рост растений почти равномерно продолжался на протяжении всего вегетационного опыта. Небольшой скачок роста заметен при добавлении препаратов МЭБТА и Тиосульфат натрия в период с 26 по 30 дни (в эти дни в растения добавлялись препараты). Наихудший результат имеется у растений, в грунт к которым добавлялся Тиосульфат натрия с гормонами в комплексе с Fe-хелат.

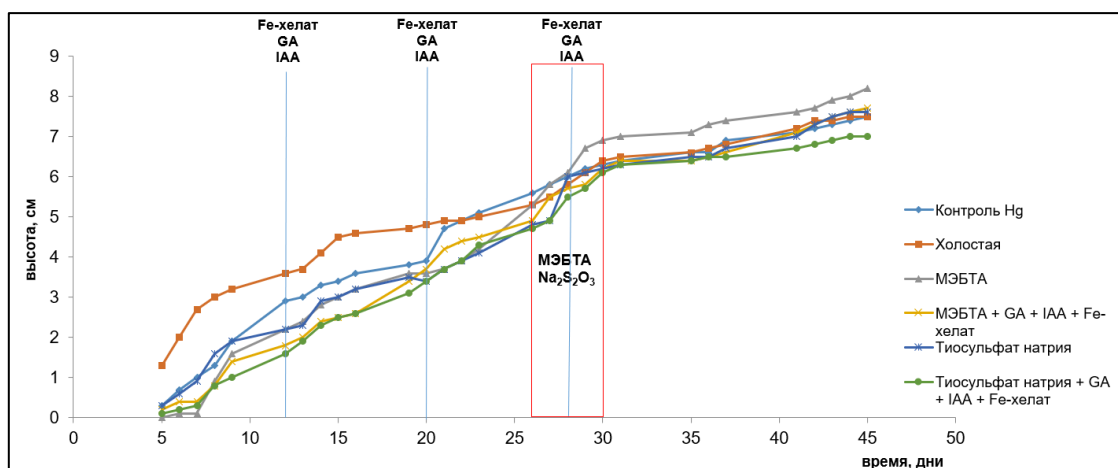


Рис. 1. График зависимости роста кресс-салата широколистного от времени

В таблице представлены сводные морфологические характеристики кресс-салата широколистного. Описан тургор побегов, их рост и листовые пластины, указаны признаки хлороза. По данным таблицы можно сделать вывод, что наилучшее влияние на растения произвели добавки МЭБТА и МЭБТА в комплексе с гормонами и с Fe-хелатом.

Таблица

Морфологические характеристики кресс-салата широколистного

| Препараты                               | Тургор побегов | Рост побегов             | Признаки хлороза | Листовые пластины |
|---|----------------|--------------------------|------------------|-------------------|
| Контроль Hg                             | средний        | незначительное угнетение | есть             | пожелтевшие       |
| Холостая                                | высокий        | нет угнетения            | есть             | бледно-зеленые    |
| МЭБТА                                   | высокий        | нет угнетения            | нет              | зеленые           |
| МЭБТА + GA + IAA + Fe-хелат             | высокий        | нет угнетения            | нет              | зеленые           |
| Тиосульфат натрия                       | низкий         | среднее угнетение        | есть             | пожелтевшие       |
| Тиосульфат натрия + GA + IAA + Fe-хелат | средний        | незначительное угнетение | есть             | пожелтевшие       |

По результатам эксперимента рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции ртути и составлена диаграмма при загрязнении почвогрунта ртутью на уровне, превышающем ПДК в 5 раз, представленная на рисунке 2.

Верхняя часть диаграммы представляет коэффициенты биоаккумуляции ртути в надземной части кресс-салата широколистного, а нижняя часть – в корневой части. Наибольший коэффициент биоаккумуляции у растений, в которые добавлялся препарат МЭБТА и комплекс МЭБТА с Корневином, Завязью и Fe-хелатом. Это означает, что процесс фитоэкстракции идет лучше при добавлении МЭБТА как самостоятельного препарата, так и в комплексе с Корневином и Завязью.

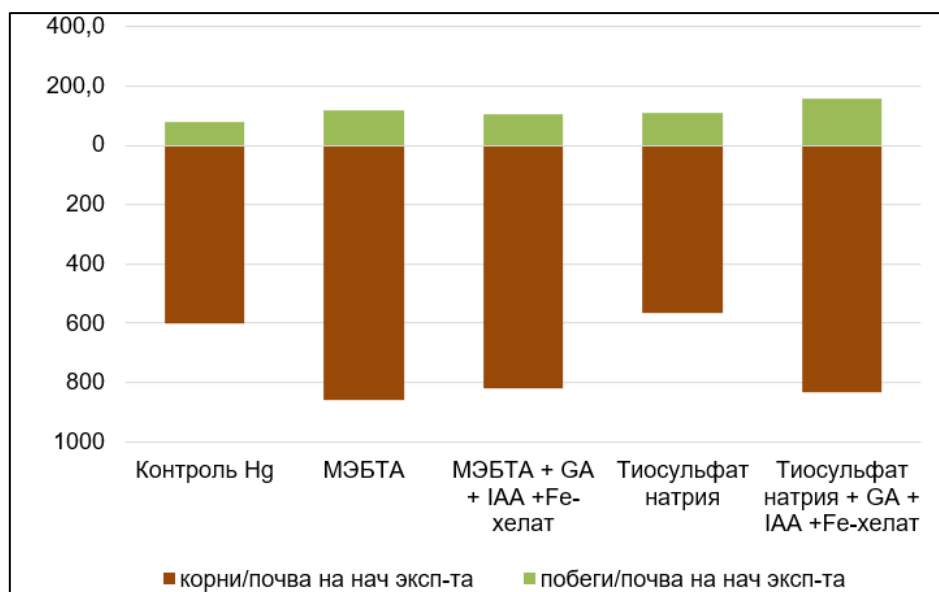


Рис. 2. Диаграмма коэффициентов биоаккумуляции ртути

Также был рассчитан коэффициент транслокации, показывающий отношение содержания ртути в побегах к содержанию ртути в корнях. Самый высокий коэффициент транслокации имеют растения, в горшки к которым добавлялся Тиосульфат натрия, он равен 20%.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18–29–24212).

#### Литература

1. Наумова А.Д. Экоотоксиканты: характеристика и воздействие. Саратов, 2014. С. 14.
2. Романов А.В., Игнатъева Ю.С., Морозова О.А. Ртутное загрязнение в России: проблемы и рекомендации. М., Россия, 2017. – 104 с.
3. Данилов М.А. Фиторемедиация как современный метод очистки почв / Тез. Дни студенческой науки, Москва, 02–06 марта 2020 г. – Москва, 2020. – С. 62-80.
4. Е.Н. Елизарьева, Ю.А. Янбаев, А.Ю. Кулагин. Особенности выбора фиторемедиационных технологий очистки почв и сточных вод от ионов тяжелых металлов // Экологические проблемы и природопользование. – Удмуртия: Удмуртский университет, 2016. - Т. 26, вып. 3. – с. 7-19.
5. Мальчик А.Г. Основы токсикологии. Лабораторный практикум: методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы токсикологии» для студентов I курса направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» / сост.: А.Г. Мальчик; Юргинский технологический институт. – Юрга: Типография ООО «МедиаСфера», 2016. – 14 с.
6. Moreno F. N., Anderson C. W. N., Stewart R. B., Robinson B. H. Phytoremediation of mercury-contaminated mine tailings by induced plant-mercury accumulation. // Environ. Practice. 2004. 6 (2), 165–175
7. ГН 2.2.5.1313-03 ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

А.З. Миндубаев,<sup>1</sup> Э.В. Бабынин<sup>2</sup>, Й.А. Акосах<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт энергетики и перспективных технологий

ФИЦ Казанского научного центра РАН,

<sup>2</sup>Татарский НИИАХП ФИЦ КазНЦ РАН

<sup>3</sup>ГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО РОДСТВА ГРИБА *ASPERGILLUS NIGER* AM1

В наших работах впервые выделена культура *Aspergillus niger* AM1, растущая в присутствии белого фосфора. Эта культура уникальна, и имеется только у нас. Проведено исследование филогенетического родства *A. niger* AM1 со способными к биодegradации штаммами *A. niger* и *A. fumigatus* из базы NCBI. Выяснилось, что его ближайшими родственниками оказались штаммы из Китая, извлекающие фосфаты из минералов.

Ключевые слова: биодegradация, белый фосфор, *Aspergillus niger*, филогенетическое дерево.

Одним из важнейших методов обезвреживания промышленных стоков, территорий и акваторий, загрязненных разнообразными неприродными веществами, в том числе самыми токсичными, является биодegradация [1]. Ее главное преимущество, по сравнению с существующими альтернативными методами обезвреживания, заключается в том, что при использовании биодegradации в окружающую среду не вносятся новые химические загрязнители.

В литературных источниках, изданных до начала наших исследований [2-6], не представлены сведения о доказанных примерах биологической дegradации белого фосфора.

Эволюционная история выделенного из технического белого фосфора штамма *Aspergillus niger* воспроизведена с использованием метода UPGMA. Показано наиболее достоверное филогенетическое дерево с суммой длин ветвей = 0.11183919. Длины ветвей соответствуют количеству замен на 100 пар нуклеотидов. Процент повторов на дереве, в котором ассоциированные таксоны сгруппированы вместе с помощью теста строгой выборки (1000 повторов), показан рядом с ветвями. Эволюционные расстояния (степени родства) были рассчитаны с использованием метода максимальной вероятности и выражены в единицах количества замен оснований на участке. Этот анализ включал 26 нуклеотидных последовательностей. Все неоднозначные позиции удалены (опция парного удаления) для каждой пары последовательностей. Всего в итоговом наборе данных содержится 475 позиций. Эволюционный анализ был проведен в MEGA 7. Результаты филогенетического анализа *A. niger* AM1 по секвенсам области ITS представлены на рисунке.

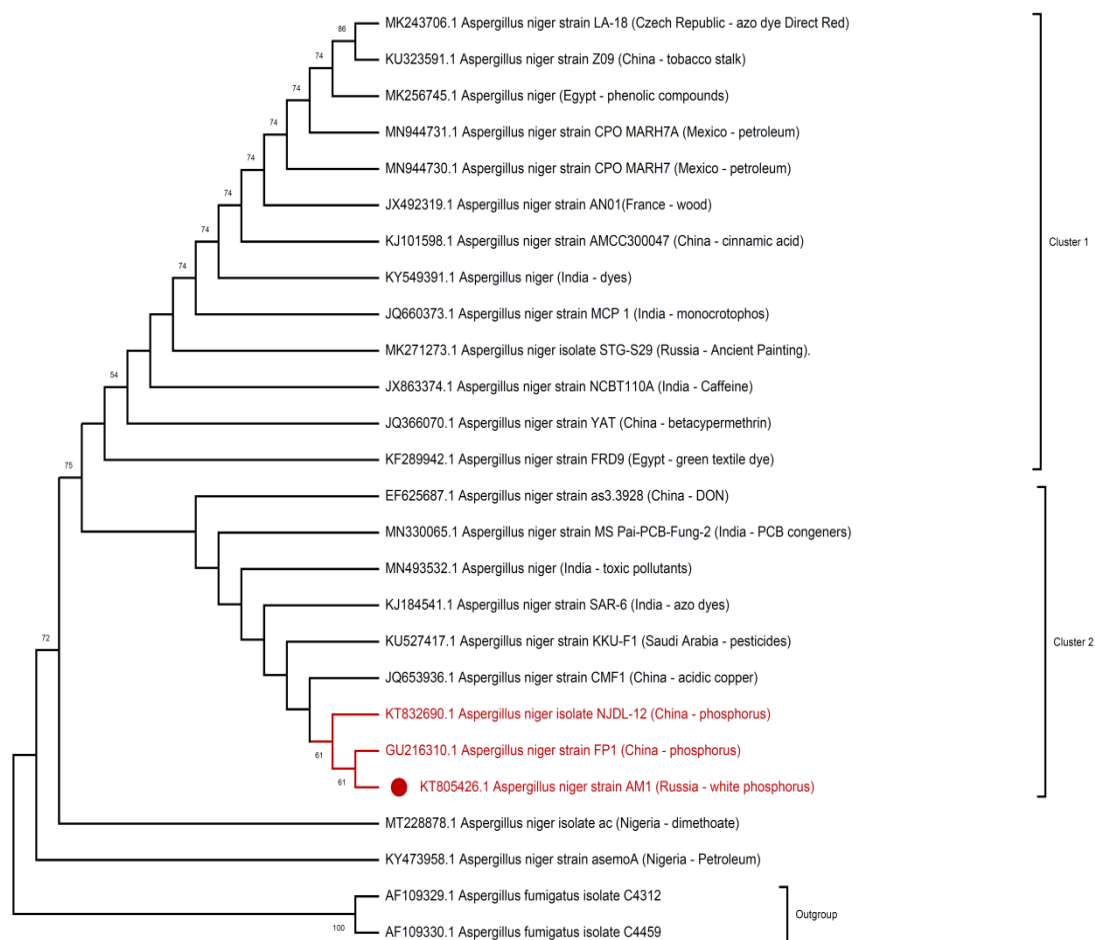


Рис. Филогенетическое дерево *Aspergillus niger*. Представлены штаммы из базы NCBI, способные к биодegradации.

Для сравнения использовались представленные в базе штаммы *A. niger*, для которых известна способность к биодegradации. Как видно, в наибольшем родстве со штаммом AM1 состоят штаммы из Китая, которые способны к растворению фосфатных минералов [7]. Они имеют 64% сходства по гену ITS. Вдобавок, осуществлен анализ 2 основных кластеров. Каждый кластер указывает на вероятного общего предка. Из этого следует предположение, что штаммы из одного кластера могут быть сходны по характеристикам. Внешняя группа ("Outgroup") – штаммы другого вида *Aspergillus fumigatus* (они выполняют роль контролей). Однако, следует иметь ввиду, что сравнительный анализ по областям ITS не достаточен для понимания полной картины родственных связей и свойств штамма. Для полного подтверждения нужно секвенировать полный геном штамма AM1. Это исследование нами запланировано.

Таким образом, можно предполагать, что штамм AM1 относится к кластеру, эволюционно возникшему на территории Китая и специализировавшемуся на биодеструкции фосфорных соединений.

Возможно, белый фосфор, из которого он выделен, был доставлен в нашу страну из Китая, и штамм завезен вместе с ним.

Чем больше мы знаем о признаках исследуемых грибов и веществах, которые они разлагают, тем лучше будем понимать результаты данного анализа. Например, такое свойство черных аспергиллов, как патогенность, четко связано с принадлежностью штамма к определенным кластерам. А оно имеет прямое отношение к практическому применению культур микроорганизмов.

Однако, следует иметь в виду, что сравнительный анализ по областям ITS не достаточен для понимания полной картины родственных связей и свойств штамма. Для полного подтверждения нужно секвенировать полный геном штамма AM1. Это исследование нами запланировано.

#### Литература

1. Wackett L.P. The Metabolic Pathways of Biodegradation // The Prokaryotes. 2014. Vol.2. P. 383–393. DOI: 10.1007/978-3-642-31331-8\_76
2. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т. Биодegradация белого фосфора стрептомицетами и грибами // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения» в рамках Всероссийского научно-практического Форума «Экологический форсайт» - Саратов, 26-28 октября 2020 г. С. 166-169.
3. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А. Биологическая деградация желтого (белого) фосфора - вещества первого класса опасности // Журнал неорганической химии. 2021. Т.66. №8. С.1137-1142. DOI: 10.31857/S0044457X21080158
4. Mindubaev A., Babynin E., Minzanova S., Badeeva E., Akosah Y. White phosphorus genotoxicity // Bio web of conference. 2021. Vol.31. No.00018.-P.1-3. DOI: 10.1051/bioconf/20213100018
5. Миндубаев А.З., Федосимова С.В., Григорьева Т.В., Романова В.А., Бабаев В.М., Бузурова Д.Н., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А., Караева Ю.В. Влияние белого фосфора на клеточную морфологию и белковый профиль штаммов гриба *Aspergillus niger* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2021. - Т.11. - №1. - С.69-79. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-1-69-79
6. Mindubaev A.Z., Babynin E.V., Bedeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G., Akosah Y.A. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard. Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2021. Vol.66. No.8. P. 1239-1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155
7. Li Zh., Bai T., Dai L., Wang F., Tao J., Meng Sh., Hu Y., Wang Sh., Hu Sh. A study of organic acid production in contrasts between two phosphate solubilizing fungi: *Penicillium oxalicum* and *Aspergillus niger* // Sci.Rep. 2016. Vol.6. No.25313. P.1–8. DOI: 10.1038/srep25313



**Л.Н. Ольшанская, Е.Н. Лазарева, Е.В. Яковлева**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

Рассмотрены экологические проблемы образования и накопления гальванических шламов и основные направления их утилизации. Предложен способ извлечения металлического никеля из гальваношлама электрохимическим методом в потенциостатическом режиме. Обоснована экологическая и экономическая эффективность процесса.

Ключевые слова: гальваношламы, электрохимическая обработка, потенциостатический режим, извлечение, металлический никель

Ежегодно на промплощадках и в шламонакопителях накапливаются тысячи тонн гальванических шламов (ГШ) производств. Они не только занимают полезные площади, но и загрязняют почвенный покров, поверхностные и подземные воды в результате вымывания токсичных компонентов под воздействием осадков. Их экологическая опасность обусловлена тем, что образующиеся отходы относятся к 3-му классу опасности, и содержат ионы тяжелых металлов ( $Pb^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и др.), обладающие высокими токсичными, канцерогенными и мутагенными свойствами. Период полужизни металлов из почв составляет: для цинка ~ 500 лет, кадмия ~ 1100 лет, меди ~ 1500 лет, свинца до нескольких тысяч лет [1]. Попадая с водой и продуктами питания в организм человека, ТМ не только влияют на здоровье человека, но и разрушают генофонд. Вместе с тем при нахождении эффективного способа утилизации металлов, входящих в состав гальванических шламов, они могут служить источником для получения ценных материалов, которые могут найти широкое применение.

В настоящее время утилизация шламов гальванических производств в России развивается в основном по трем направлениям [1-3]:

1. извлечение металлов пирометаллургическим или гидрометаллургическим способами. Однако данное направление не находит широкого применения по причинам высокой энергоёмкости, образования большого количества отходов и непригодностью для утилизации многокомпонентных смесей;

2. применение для изготовления керамических красок, пигментов, огнеупоров. Данное направление находит применение для моношламов с высоким содержанием гидроокисей отдельных металлов;

3. использование методов химической фиксации тяжёлых металлов для уменьшения экологической опасности. Данное направление является

перспективным в случае утилизации большого количества гальваношламов различного состава для многих предприятий.

Нами проведено извлечение из никельсодержащего ГШ ОАО «Роберт-Бош-Саратов» (рис.1) **металлического никеля** электрохимическим методом. Исходный ГШ на первом этапе растворяли в воде, затем добавляли серную кислоту и после тщательного перемешивания полученный раствор отделяли фильтрованием от твердого осадка. Отфильтрованный раствор, содержащий сульфаты металлов, использовали для выделения никеля. **Извлечение никеля проводили в потенциостатических условиях при потенциале катодного выделения никеля ( $E_p=250$  мВ [4]) и комнатной температуре.** Рабочим и вспомогательным электродами служили графитовые стержни, электродом сравнения - нормальный водный хлорсеребряный электрод ЭВЛ-1М в 1М растворе KCl ( $E_{хсэ}=223$  мВ [4]).

Для определения потенциала выделения никеля снимали потенциодинамическую кривую (ПДК) со скоростью развертки катодного потенциала 20 мВ/с (рис. 2). На ПДК  $j, E$  – кривых обнаружены характеристические пики, которые позволили выбрать необходимый интервал потенциалов для выделения никеля из раствора (рис. 2).

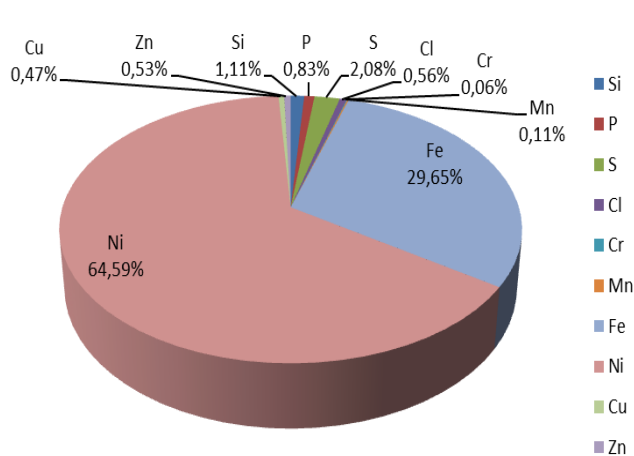


Рис. 1. Компоненты исходного ГШ ОАО «Роберт-Бош-Саратов»

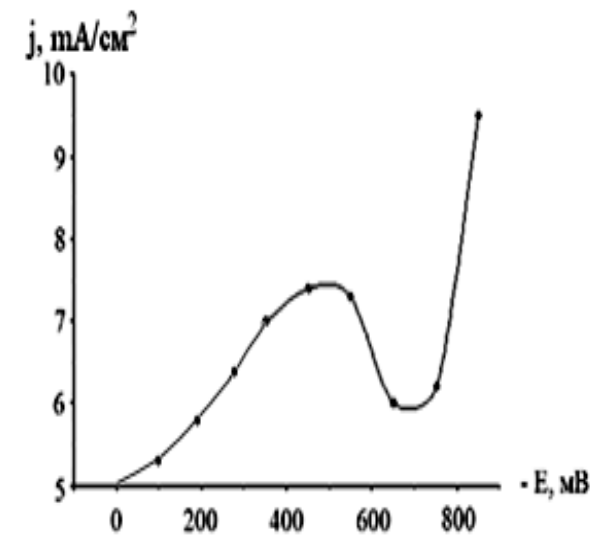


Рис. 2. ПДК  $i, E$  – кривые на графитовом электроде в растворе  $NiSO_4$  (ГШ)

Резкое снижение плотности тока от 9 до 6,5  $mA/cm^2$  в начальный момент времени может быть связано с процессами разрушения сольватоккомплексов  $Ni^{2+}$  с компонентами электролита. В области потенциалов  $-470 \div -520$  мВ (относительно хсэ) наблюдается пик тока характерный для присутствия катионов  $Ni^{2+}$  в растворе электролита в несольватированном виде. На следующем отрезке снижение скорости процесса указывает на обеднение раствора ионами никеля, а отрицательнее

-800 мВ протекает процесс разложения воды с выделением на катоде водорода (пузырьки газа наблюдали визуально).

Равновесный потенциал, характеризующий процесс выделения никеля на катоде в соответствии с реакцией:



составляет -250 мВ [4], а относительно хлорсеребряного электрода сравнения эта величина равна -473 мВ. То есть пик тока в области потенциалов -470÷-520 мВ, указывает на наличие катионов  $\text{Ni}^{2+}$  в объеме раствора. Анализа ПДК позволил выбрать диапазон потенциалов выделения никеля от -400 мВ до -500 мВ. Проведенная серия экспериментов по извлечению никеля в потенциостатическом режиме при потенциалах катодной поляризации  $-E_{\text{кп}}$ , мВ: 400; 425, 450; 473; 500 на графитовом электроде позволила оценить количественные характеристики процесса. Путем интегрирования площадей под  $j$ - $t$  кривыми при различных  $-E_{\text{кп}}$  определяли суммарное количество электричества, затраченное на выделение никеля при каждом потенциале [5, 6]:

$$Q = \Sigma (\Delta j \cdot \Delta t), (\text{мА} \cdot \text{ч}) \quad (2)$$

где  $j$  - плотность тока,  $\text{мА}/\text{см}^2$ ;  $t$  - время, затраченное на выделение никеля, часы.

Определив количество электричества, по закону М. Фарадея определяли массу выделившегося на катоде вещества (таблица):

$$m = q \cdot Q = q \cdot J \cdot t \text{ (г)} \quad (3)$$

где  $q = 1.095 \text{ г}/\text{А} \cdot \text{ч}$  — электрохимический эквивалент  $\text{Ni}^{2+}$  [4].

Сравнительный анализ полученных данных показал, что наибольшее количество никеля извлечено при потенциале  $E = -473 \text{ мВ}$ .

Таблица

Данные по извлечению никеля (пересчет на 1 тонну) ГШ ОАО «Роберт-Бош-Саратов» при различных потенциалах катодной поляризации и весовым методом

| $E_{\text{к.п.}}$ , мВ      | 400  | 425  | 450  | 473  | 500  |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| $m_{\text{Ni}}$ , кг        | 15,4 | 21,3 | 27,2 | 92,4 | 25,1 |
| $m_{\text{Ni}}$ весовой, кг | 15,2 | 21,6 | 27,4 | 92,1 | 24,7 |

### Экономическое обоснование

Согласно котировке «СЕТТЛИМЕНТ» цветных металлов на лондонской бирже металлов среднемесячные цены на никель в 2006 г. составили в долл. США за 1 т металла:  $\approx 6773,2$  \$ [7]. На ОАО «Роберт-Бош-Саратов» за год образуется около  $\sim 60$  тонн ГШ, что позволяет оценить

возможную прибыль предприятия при извлечении и продаже никеля. Если из одной тонны можно извлечь ~ 92,2 кг никеля, то, соответственно, из 60 тонн - 5532 кг. Годовая прибыль при получении и продаже никеля составит около трех миллионов рублей в год ( $5,532 \text{ т} \cdot 6773,2 \text{ \$} \cdot 74 \text{ руб.} = 2772731,3 \text{ руб./год}$ ). **Таким образом, проведенные нами исследования показали, что отходы гальванических производств могут успешно использоваться для извлечения металлов и приносить прибыль предприятию.**

Переработка ГШ позволит предприятиям снизить плату за хранение опасных отходов и одновременно с этим будет решен и ряд важных экологических проблем – уменьшение площадей для организации и содержания полигонов и свалок, снижение вредного воздействия гальваношламов на окружающую природную среду и здоровье населения.

#### Литература

1. Ремнева Т.А., Волков М.И. Утилизация гальваношламов // Экология и промышленность России. 2003. Август. С. 16-17.
2. Марьин В.К., Кузнецов Ю.С., Новокрещенов С.Ю. Опыт утилизации промышленных отходов в Пензенской области // Экология и промышленность России. 2005. Май. С 28-33.
3. Верболь, С.В., Запарий М.М., Козлов В.В. Обезвреживание гальваношламов с выделением металлов // Экология и промышленность России. 2000.-Апрель.- С. 28-29.
4. Рабинович, В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1978. 392 с.
5. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. М.: Мир, 1974.- 552 с.
6. Флеров, В.Н. Сборник задач по прикладной электрохимии: учеб. пособие для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 1976.- 291 с.
7. Рынок никеля. Мировой рынок никеля [Электронный ресурс] Globfin/info/nickmkt.htm (Дата обращения март 2021 г.).

**С.А. Остроумов<sup>1</sup>, С. Цай<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
биологический факультет, Россия;

<sup>2</sup>Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне; г. Шэньчжэнь, провинция  
Гуандун, Китайская народная республика; (Shenzhen MSU-BIT University,  
Shenzhen, Guangdong Province, China);

**РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ САМООЧИЩЕНИЯ ВОДЫ В МГУ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ  
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДОЕМОВ**

В Московском государственном университете (МГУ) в период с 2000 года в серии статей и книг первого из соавторов данной публикации разработана экологическая теория мультифункциональной роли биоты в экосистемном самоочищении воды (кратко – теория мультифункционального экосистемного самоочищения воды) [2-12]. В данной публикации кратко освещены существенные элементы этой теории и кратко сформулирован ответ на вопрос: каковы перспективы применения данной теории для научно обоснованной реабилитации загрязненных водоемов.

Ключевые слова: теория самоочищения воды, водные экосистемы, реабилитация загрязненных водоемов.

При функционировании водных экосистем [1] протекает множество процессов, влияющих на качество воды [2-6]. В Московском государственном университете первым из соавторов данной публикации разработана экологическая теория мультифункционального экосистемного самоочищения воды [2-12], которая была одобрена авторитетными учеными [13]. В данной публикации сделана попытка кратко осветить существенные элементы этой теории и ответить на вопрос: как данная теория могла бы быть полезной для научно обоснованной реабилитации загрязненных водоемов.

Необходимо отдельно рассмотреть следующее: (1) каким образом эта теория выделяет и анализирует основные типы механизмов и процессов, участвующих в самоочищении воды и (2) основные направления приложения этой теории на практике восстановления (реабилитации, ремедиации) и поддержания качества воды водных объектов.

Кратко осветим некоторые из основных элементов этой теории на основании публикаций автора теории [2-12], причем особенно выделим значение публикаций [9,10]. Необходимо отметить, что изложенное ниже не является обзором или суммированием публикаций различных авторов. Эта теория является инновационной разработкой конкретного исследователя, а именно автора научных публикаций [2-12] и при использовании текста приводимых ниже положений, сформулированных этим автором, необходимо цитирование этих публикаций.

**1. Механизмы самоочищения воды.** По мнению автора теории [9], необходимо выделить следующие основных типы механизмов самоочищения водных экосистем, которые мы назвали следующим образом:

- (1) Фильтрационная активность, или фильтры (filters);
- (2) Механизмы переноса, перекачивания химических веществ из одной экологической среды в другую - кратко говоря, насосы (pumps);
- (3) Расщепление молекул загрязняющих веществ – кратко говоря, мельницы (mills) [9].

Проведенный в публикациях [9,10] анализ выделяет в составе этих типов механизмов следующее.

### **1.1. Фильтры.**

Механизмами фильтров данная теория называет большой комплекс процессов и факторов, который включает в себя следующее:

(а) фильтрацию воды совокупностью беспозвоночных гидробионтов-фильтраторов (filter-feeders);

(б) функционирование сообществ высших водных растений (макрофитов, macrophytes), которые задерживают часть биогенов (азот, фосфор) и загрязняющих веществ, поступающих в экосистему с прилегающей территории;

(в) функционирование бентоса, задерживающего и поглощающего часть биогенов (nutrients) и загрязняющих веществ (поллютантов, pollutants), мигрирующих на границе раздела вода/донные осадки;

(г) функционирование микроорганизмов, сорбированных на взвешенных частицах, перемещающихся относительно водной массы вследствие гравитационного оседания частиц под действием сил тяжести. В результате водная масса и микроорганизмы перемещаются относительно друг друга, что эквивалентно ситуации, когда вода профильтровывается через зернистый субстрат с прикрепленными (attached) микроорганизмами; последние извлекают из воды растворенные органические вещества и биогены [9].

### **1.2. Механизмы переноса загрязняющих веществ (насосы).**

В механизмы переноса данная теория включает следующее [9]:

(а) функциональный насос, обеспечивающий перемещение части поллютантов из водной толщи в атмосферу – испарение;

(б) функциональный насос, определяющий перемещение части биогенов (nutrients) из воды на территорию окружающих наземных экосистем – совокупность миграционных процессов в связи с вылетом из воды взрослой стадии (имаго) тех насекомых, у которых личиночная стадия была проведена в воде;

(в) аналогичный функциональный насос, перемещающий часть биогенов из воды на территорию окружающих наземных экосистем – в связи с питанием рыбадных (piscivore) птиц гидробионтами (прежде всего рыбой); при питании рыбадные птицы изымают биомассу рыб из водной экосистемы и тем самым выносят из воды биогенные элементы, содержащиеся в этой биомассе, поскольку эти птицы гнездятся на территории, окружающей водоем или водоток [9].

### **1.3. Механизмы разрушения и фрагментации загрязняющих веществ (мельницы).**

К механизмам расщепления загрязняющих веществ предлагаемая автором теория относит следующие [9]:

(а) мельница внутриклеточных ферментативных процессов;

(б) мельница внеклеточных ферментов, находящихся в водной среде;

(в) мельница фотохимических процессов, сенсibilизированных веществами биологического происхождения;

(г) мельница свободно-радикальных процессов с участием лигандов биологического происхождения [4,9]. Некоторые из этих свободно-радикальных процессов были рассмотрены в публикациях Ю.И. Скурлатова (РАН) и соавторов.

В процессах расщепления, разрушения, деградaции (биодеградaции) загрязняющих веществ большую роль играют микроорганизмы. Роль микроорганизмов в самоочищении воды ни в коей мере нельзя недооценивать – так же, как и роль других групп водных организмов. Более подробно роль микроорганизмов в самоочищении рассмотрена в монографии [10]. Большую роль в познании и анализе роли микроорганизмов сыграли работы акад. Г.Г. Заварзина (РАН) и других микробиологов.

## **2. Основные направления использования вышеупомянутой теории для реабилитации) загрязненных водоемов**

В докладе первого из соавторов этой публикации, который он сделал 07.10.2021 на конференции «Экотоксикология-2021» (Тула), предложено выделить как минимум два направления использования указанной выше теории. Для более полного освоения этой теории необходимо ознакомиться с серией публикаций [2-12].

**Первое направление** – необходима максимальная охрана уже существующих популяций тех водных организмов, которые участвуют в вышеуказанных механизмах и процессах самоочищения. Подчеркнем, что эти организмы не просто вовлечены, а зачастую являются важнейшей движущей силой, драйверами этих процессов.

**Второе направление** – по мере необходимости необходимо проведение биоинженерных, биорекультивационных работ по воссозданию тех элементов биоты и водной экосистемы, а также прибрежных экосистем, которые нужны для самоочищения воды, но оказались нарушенными или утраченными при антропогенном воздействии.

Более подробное изложение – см. в публикациях [2-12], особенно [10].

### **ВЫВОДЫ**

1. Опубликована серия статей и книг, в которых изложены основы разработанной в МГУ инновационной теории мультifункционального экосистемного самоочищения воды.

2. Указанная теория может быть использована в практической работе по реабилитации (ремедиации, рекультивации, восстановлению) загрязненных водоемов.

## Литература

- 1.Алимов, А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф.Алимов. - Санкт-Петербург: Наука, 2000.-147 с. ; 22 см. -Рез.: англ. -Библиогр.: с. 139-146. -ISBN 5-02-026145-9.
- 2.Остроумов, С.А. Водная экосистема: крупноразмерный диверсифицированный биореактор с функцией самоочищения воды / С.А. Остроумов// Доклады академии наук. – 2000.– Т. 374 (3). – С.427-429. <https://www.academia.edu/1012207/>;
- 3.Остроумов, С. А. Ингибиторный анализ регуляторных взаимодействий в трофических сетях / С.А. Остроумов// Доклады академии наук. – 2000.– Т. 375 (6). – С.847-849. <https://www.academia.edu/45953417/> ;
- 4.Остроумов, С.А. Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы / С.А.Остроумов - Москва: МАКС-Пресс, 2001.- 334,[10] с. ; 21см. - Рез.: англ. -Библиогр.: с. 264-304.–ISBN 5-317-00323-7.
- 5.Остроумов, С.А. Синэкологические основы решения проблемы эвтрофирования /С.А. Остроумов// Доклады академии наук. –2001. –Т. 381 (5). – С.709–712. <https://www.academia.edu/790367/> ;
- 6.Остроумов, С. А. Идентификация нового вида опасности химических веществ: ингибирование процессов экологической ремедиации / С.А. Остроумов// Доклады академии наук. –2002.– Т. 385 (4). – С.571-573. <https://www.academia.edu/2525080/>;
- 7.Остроумов, С.А. Система принципов для сохранения биогеоэкологической функции и биоразнообразия фильтраторов /С.А. Остроумов// Доклады академии наук, –2002.– Т. 383 (5). – С.710-713. <https://www.academia.edu/49281720/>;
- 8.Остроумов, С.А. Сохранение биоразнообразия и качество воды: роль обратных связей в экосистемах / С.А. Остроумов // Доклады академии наук. –2002. –Т. 382 (1). – С.138–141. <https://www.academia.edu/790370/>;
- 9.Остроумов, С. А. О биотическом самоочищении водных экосистем. Элементы теории / С.А. Остроумов// Доклады академии наук. –2004.– Т. 396 (1). – С.136-141.
- 10.Остроумов, С.А. Гидробионты в самоочищении вод / С.А. Остроумов. Москва:МАКС-Пресс. 2008. - 200 с.; 21см. -Рез.: англ. -Библиогр.: с. 155-191. - ISBN 978-5-317-02625-7. <https://www.researchgate.net/publication/266200066>;
- 11.Ostroumov, S. A. Inhibitory analysis of top-down control: new keys to studying eutrophication, algal blooms, and water self-purification /S.A. Ostroumov// Hydrobiologia.– 2002. – V. 469(1). – P.117 – 129. <https://www.researchgate.net/publication/200587396>;
- 12.Ostroumov, S. A. Biological effects of surfactants / S. A.Ostroumov. - Boca Raton, London, New York: CRC Press, Taylor & Francis.2005.–279,[20]p.; 25cm. - Библиогр.: с. 203-243. - ISBN 0-8493-2526-9.<https://www.researchgate.net/publication/200637626>;
- 13.Malakhov, V.V. Review of the book (Ostroumov, S.A., 2004. Biotic Mechanism of Self-purification of Freshwater and Marine Water. MAXPress, Moscow) / V.V. Malakhov// EcologicalStudies, Hazards, Solutions. – 2004.–V. 10.-P.138.



**Л.В. Переломов, М. Б. Никишина, Л. Г. Мухторов, Е. В. Иванова,  
Ю.М. Атрощенко**

Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого

## **ПОГЛОЩЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ОКИСЛЕННЫМИ ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ**

Изучено поглощение ряда тяжелых металлов окисленными с использованием персульфата калия гуминовыми кислотами, выделенными из торфа. Окисление гуминовых кислот приводит к возрастанию количества карбоксильных групп, а также увеличение содержания кетонных и хиноидных фрагментов в их составе. Полученные окисленные препараты поглощают большее количество тяжелых металлов по сравнению с природными гуминовыми кислотами.

Ключевые слова: гумусовые вещества, персульфат калия, микроэлементы, адсорбция

Гумусовые вещества представляют собой смесь органических компонентов с различной структурой и разнообразными функциональными группами и поэтому обладают способностью образовывать комплексные соединения с тяжёлыми металлами (ТМ). Кроме того, гумусовые вещества проявляют окислительно-восстановительную активность по отношению к соединениям микроэлементов [1]. Известно также стимулирующее и адаптогенное действие органических веществ гумуса на почвенные микроорганизмы [2], роль которых в иммобилизации и трансформации соединений тяжелых металлов и металлоидов достаточно велика. Все это делает перспективным использование гумусовых веществ для ремедиации почв и грунтов, загрязненных тяжелыми металлами.

Реакционная способность гумусовых кислот в значительной степени зависит от содержания в их составе различных функциональных групп. Целенаправленная химическая модификация гумусовых кислот может изменить состав и увеличить содержание необходимых функциональных групп и тем самым улучшить их сорбционные свойства. К числу возможных способов модификации органических веществ гумуса относится их окисление. Для мягкого, неразрушающего окисления было предложено [3] использование персульфата калия.

Окисление гуминовых кислот (ГК), выделенных из низинного торфа, проводили по методу, предложенному для фенолов [4]. 3 г ГК растворяли в 50 мл 10%-ного раствора NaOH и добавляли 50 мл дистиллированной воды. К полученному раствору при интенсивном перемешивании в течение часа добавляли 15 ммоль насыщенного раствора  $K_2S_2O_8$ . Температуру смеси поддерживали на уровне 20°C. Смесь оставляли на 12 часов, после

чего производили отделение твердой фазы от жидкой центрифугированием.

Распределение углерода по структурным фрагментам исходных и окисленных ГК определяли методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса  $^{13}\text{C}$  в Ресурсном центре «Магнитно-резонансные методы исследования» Санкт-Петербургского государственного университета.

Для изучения поглощения катионов Pb, Zn, Cu и Ni природными и окисленными ГК использовали растворы их солей в среде 20 мМ  $\text{KNO}_3$  при pH 5. Поглощение ТМ исходными гуминовыми кислотами было изучено при концентрациях металлов в растворе 0,4 мМ/л, 0,8 мМ/л, 2 мМ/л и 4 мМ/л. Поглощение тяжелых металлов окисленными ГК изучали при максимальной концентрации металлов – 4 мМ/л. Концентрации тяжелых металлов в равновесном растворе определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре PerkinElmer Optima 5300 DV. Количество адсорбированных ТМ рассчитывали как разность между их концентрациями в исходном и равновесном растворах после разделения твердой и жидкой фазы центрифугированием.

Сравнительный анализ полученных количественных результатов из спектров ЯМР  $^{13}\text{C}$  демонстрирует, что наиболее существенными изменениями в структуре гуминовых кислот в результате их окисления  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  является возрастание количества карбоксильных групп, а также значительное увеличение содержания кетонных и хиноидных фрагментов в их составе.

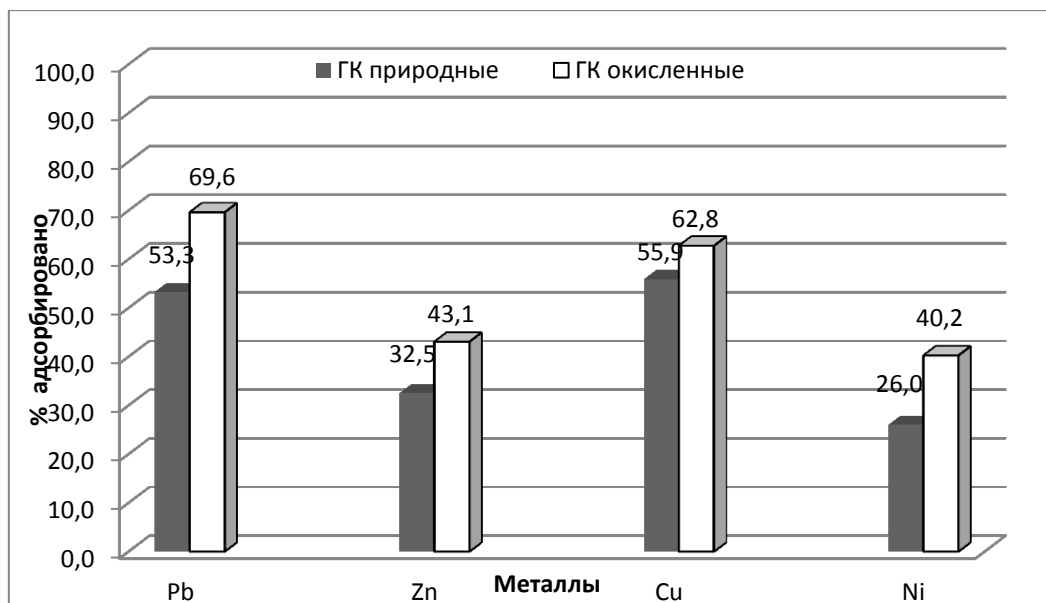
Адсорбция Pb, Zn, Cu, Ni на исходной ГК торфа удовлетворительно описывается уравнением Ленгмюра, параметры которого представлены в таблице.

Параметры уравнения Ленгмюра для адсорбции катионов ТМ природными торфяными гуминовыми кислотами

| Катионы | $K_L$ , л/М   | $Q_{\max}$ , мМ/кг | R     | $R^2$ |
|---------|---------------|--------------------|-------|-------|
| Cu      | $4,5 \pm 1,9$ | $286,5 \pm 32,7$   | 0,982 | 0,853 |
| Pb      | $7,4 \pm 2,7$ | $318,2 \pm 22,9$   | 0,992 | 0,984 |
| Zn      | $0,6 \pm 0,3$ | $225,0 \pm 58,5$   | 0,981 | 0,962 |
| Ni      | $3,2 \pm 0,5$ | $136,8 \pm 5,4$    | 0,997 | 0,994 |

Поглощение четырех ТМ при их концентрации в растворе 4 мМ/л (500 мг/кг сорбента) и pH 5 исходными и окисленными гуминовыми кислотами показано на рисунке.

Наш эксперимент наглядно демонстрирует, что окисление персульфатом калия ведет к увеличению поглощения гуминовыми кислотами всех изученных тяжелых металлов. Это увеличение для различных катионов выражено в разной степени.



Поглощение тяжелых металлов природными и окисленными ГК

Так, поглощение Pb увеличивается на 16,3%, Ni – на 14,2%, Zn – на 10,6%, Cu – на 6,9 %. Таким образом, окисление гуминовых кислот персульфатом калия приводит к росту поглощения ими тяжелых металлов, что возможно обусловлено ростом содержания в структуре этих гумусовых веществ карбоксильных групп (с 7,38% до 9,39%) и кетонных и хиноидных групп (с 0,2% до 4,67%).

#### Литература

1. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. 325 с.
2. Perelomov L.V., Sarkar B., Sizova O. et al. Zinc and lead detoxifying abilities of humic substances relevant to environmental bacterial species // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. V. 151. P. 178-183.
3. Martín, F., Sáiz-Jiménez, C., González-Vila, F. J. The persulfate oxidation of a soil humic acid // *Soil Science*. 1982. V. 132. No 3. P. 200-203.
4. Sethna, S.M. The Elbs persulfate oxidation // *Chem. Rev.* 1951. V. 49. № 1. P. 91-101.

**А.А. Подоксенов, О.В. Атаманова**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

**УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АРОМАТИЧЕСКИХ  
АМИНОСОЕДИНЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ ВОДООЧИСТКИ**

Результаты проведенных исследований показали, что исследованные сорбенты проявили сложный и неоднозначный характер изменения интенсивности адсорбции в зависимости от температуры и гидродинамических условий. При этом температура оказывает более существенное влияние на сорбционную способность изучаемых образцов бентонита по отношению к *o*-фенилендиамину. Наиболее перспективными вариантами сорбентов в целях извлечения из воды ароматических аминов можно назвать все фракции бентонита, прошедшего обжиг при 550° С и прошедшего обжиг при 570° С. Свойства этих сорбентов необходимо изучить более детально. Активирование бентонита гидроокисью магния не привело к повышению сорбционной способности.

Ключевые слова: водоотведение, водоочистка, адсорбция, перемешивание, сорбционные материалы, модифицированный бентонит.

При современных темпах развития промышленности становится все более актуальной проблема очистки сточных вод. Значительная часть промышленных стоков в настоящее время сбрасывается в природные водоемы в недостаточно очищенном виде. В результате этого около 70% пресной воды природных источников на территории России обладают недостаточным качеством для использования в целях питьевого водоснабжения [1].

К числу наиболее распространенных и токсичных веществ, которые загрязняют водные объекты в результате сброса сточных вод промпредприятий, относят ароматические аминосоединения [2].

В настоящее время наиболее оправданным из всех применяемых физико-химических методов водоочистки при водоотведении является адсорбционный метод [3]. Одним из ключевых факторов, который оказывает определяющее влияние на процесс адсорбции, является температура. Адсорбция при фильтровании через плотный слой адсорбента является одним из наиболее распространенных методов очистки воды [4].

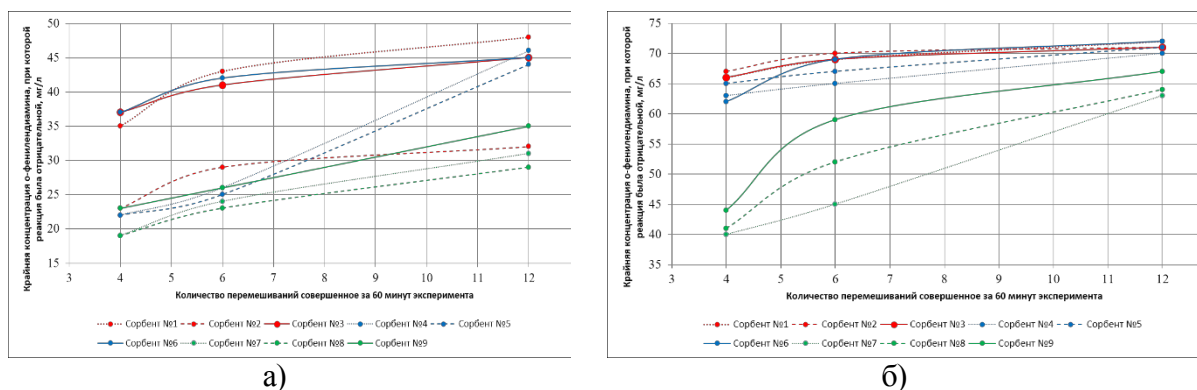
Установлено, что применение в качестве адсорбентов бентонитов, модифицированных разными способами, дает возможность повысить эффективность адсорбции веществ производных бензола до 95-98% [5].

Объект исследования представлял собой модельный раствор загрязняющего вещества – *o*-фенилендиамина нескольких концентраций.

В процессе исследований фильтрование осуществлялось через следующие адсорбенты: сорбент №1 – бентонит, модифицированный углеродными нанотрубками (УНТ), обжиг при 550° С, мелкая фракция; сорбент №2 – бентонит, модифицированный УНТ, обжиг при 550° С, средняя фракция; сорбент №3 – бентонит, модифицированный УНТ, обжиг при 550° С, крупная фракция; сорбент №4 – бентонит, модифицированный УНТ и глицерином, обжиг при 570° С, мелкая фракция; сорбент №5 – бентонит, модифицированный УНТ и глицерином, обжиг при 570° С, средняя фракция; сорбент №6 – бентонит, модифицированный УНТ и глицерином, обжиг при 570° С, крупная фракция; сорбент №7 – бентонит,

модифицированный УНТ и гидроокисью магния, обжиг при 570° С, мелкая фракция; сорбент №8 – бентонит, модифицированный УНТ и гидроокисью магния, обжиг при 570° С, средняя фракция; сорбент № 9 – бентонит, модифицированный УНТ и гидроокисью магния, обжиг при 570° С, крупная фракция. Предприятие ООО НПП «ЛИССКОН» (г. Саратов) занималось процессом модификации бентонита.

Проведенные исследования позволили вычертить графические зависимости, отражающие сорбционную активность по отношению к *o*-фенилендиамину изучаемых сорбентов при разной температуре среды и разной частоте перемешивания (рис.).



а) б)  
Сопоставление зависимости интенсивности адсорбции

*o*-фенилендиамина от частоты перемешивания для всех исследованных образцов сорбентов при температуре: а) 10 °С; б) 30 °С

Анализ графических зависимостей на рис.1 показал, что для всех изучаемых адсорбентов наблюдается возрастание сорбционной активности при большей частоте перемешивания. Это важно принять во внимание при выборе сорбционной загрузки в процессе проектирования адсорбционных фильтров в системах очистки сточных вод от аминопроизводных бензола.

При режиме перемешивания раз в 15 минут и температуре 10 ° С сорбционная способность изучаемых образцов модифицированного бентонита убывает в ряду: сорбент №3 и сорбент №6 – сорбент №1 – сорбент №5 – сорбент №9 – сорбент №4 и сорбент №5 – сорбент №7 и сорбент №8.

При режиме перемешивания раз в 10 минут и температуре 10 ° С распределение сорбентов по сорбционной способности несколько меняется и укладывается в следующий ряд: сорбент №1 – сорбент №6 – сорбент №3 – сорбент №2 – сорбент №4 и сорбент №9 – сорбент №5 – сорбент №7 – сорбент №8.

При режиме перемешивания раз в 5 минут и температуре 10 ° С: сорбент №1 – сорбент №4 – сорбент №3 и сорбент №6 – сорбент №4 и сорбент №9 – сорбент №2 – сорбент №7 – сорбент №8.

При режиме перемешивания раз в 15 минут и температуре 30 ° С сорбционная способность изучаемых образцов модифицированного

бентонита убывает в ряду: сорбент №2 – сорбент №1 и сорбент №3 – сорбент №5 – сорбент №4 – сорбент №6 – сорбент №9 – сорбент №8 – сорбент №7.

При режиме перемешивания раз в 10 минут и температуре 30 °С распределение сорбентов по сорбционной способности несколько меняется и укладывается в следующий ряд: сорбент №2 – сорбент №1, сорбент №3 и сорбент №6 – сорбент №5 – сорбент №4 – сорбент №9 – сорбент №8 – сорбент №7.

При режиме перемешивания раз в 5 минут и температуре 30 °С: сорбент №1 и сорбент №6 – сорбент №2, сорбент №3 и сорбент №5 – сорбент №4 – сорбент №9 – сорбент №8 – сорбент №7.

Предположительно, процесс адсорбции *o*-фенилендиамина на исследованных модификациях бентонита происходит, в основном, за счет хемосорбции. Также известно, что как способ модификации бентонита, так и гранулометрический состав являются важными факторами, которые оказывают влияние на интенсивность процесса адсорбции.

Был проведен дисперсионный анализ (табл.), который показал, что температура является значимым фактором практически для всех сорбентов, кроме сорбента №6 (однако справедливо сказать, что в случае данного сорбента разница между  $F$  и  $F_{\text{крит}}$  невелика).

Режим перемешивания является значимым фактором в случае сорбентов №№7-9 и не оказывает существенного влияния в случае остальных.

Таблица

Дисперсионный анализ влияния температуры и режима перемешивания на адсорбцию *o*-фенилендиамина модифицированным бентонитом

| Сорбенты   | Температура |                   | Режим перемешивания |                   |
|------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|            | $F$         | $F_{\text{крит}}$ | $F$                 | $F_{\text{крит}}$ |
| Сорбент №1 | 28,92       | 6,94              | 5,08                | 6,94              |
| Сорбент №2 | 21,57       | 6,94              | 2,34                | 6,94              |
| Сорбент №3 | 22,11       | 6,94              | 3,16                | 6,94              |
| Сорбент №4 | 16,42       | 6,94              | 6,57                | 6,94              |
| Сорбент №5 | 14,18       | 6,94              | 5,14                | 6,94              |
| Сорбент №6 | 6,68        | 6,94              | 3,15                | 6,94              |
| Сорбент №7 | 35,04       | 6,94              | 14,28               | 6,94              |
| Сорбент №8 | 64,68       | 6,94              | 15,27               | 6,94              |
| Сорбент №9 | 72,29       | 6,94              | 17,73               | 6,94              |

Нельзя сказать, что данный фактор абсолютно не является значимым, глядя только на данные дисперсионного анализа, в данном случае, вероятнее, имеет смысл сказать о том, что в сравнении с температурой для представленных сорбентов фактор режима перемешивания вносит менее существенный вклад в процесс.

На основе данных полученных в процессе исследования мы считаем, что из всех имеющихся сорбционных материалов наиболее перспективными вариантами с целью извлечения ароматических аминов из загрязненных сточных вод можно считать бентонит всех фракций, прошедшего обжиг при 550° С и при 570° С. Бентонит, активированный гидроокисью магния, никак не повлиял на сорбционную способность и показал не лучшие результаты.

В настоящее время исследование продолжается. Изучаются уже разработанные, а также новые модификации сорбционных материалов, полученных на основе бентонитов.

#### Литература

1. Истрашкина, М.В. Применение фильтрующих загрузок в системах водоотведения для очистки сточных вод / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, Е.И. Тихомирова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2017. Т. 17. № 5. С. 149-152.

2. Яковлев, С. В., Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности / С. В. Яковлев, Т.А. Карюхина, С.А. Рыбаков и др. – М.: Стройиздат, 1985. 252 с.

3. Tikhomirova E.I. The use of multicomponent adsorption filters in water purification systems and luminescent control of ecotoxicant content / E.I. Tikhomirova, O.A. Plotnikova, O.V. Atamanova et al. // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 1. С. 73-81.

4. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, А.В. Кошелев. // Фундаментальные исследования. 2018. № 1. С. 18-23.

5. Kasymbekov, Zh.K. Minihydroelectric power station at sewage treatment plants/ Zh.K. Kasymbekov, A.K. Turmashev, B. Tunganova // Scientific works SWorld. 2015. - Vol. 5. - No 1(38).

#### **А.А. Сапрошина**

ФГБУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛЕЙ ОКСИЭТИЛИДЕНДИФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

В представленной работе проводилась оценка эффективности использования солей К<sub>2</sub>ОЭДФ на искусственных корнях для очистки водных объектов. Для этого оценивались пригодность водного гиацинта (лат. *Eichhornia crassipes*) для целей фиторемедиации и возможность использования углеродного волокна в качестве сорбента тяжёлых металлов.

Ключевые слова: фиторемедиация, тяжёлые металлы, очистка сточных вод

Вмешательство человека в естественные биосферные процессы неизбежно. В условиях непрерывного роста численности населения оно постоянно увеличивается и выражается в загрязнении водной среды отходами производства. К числу наиболее опасных загрязняющих природную среду компонентов относятся тяжёлые металлы [1]. Сточные воды можно очистить от избытка металлов при помощи культивирования на водной поверхности растений-гипераккумуляторов тяжёлых металлов [2].

**Экспериментальная часть.** Для проведения эксперимента была собрана установка, которая представляет собой 7 контейнеров (табл.) с контрольной и экспериментальной группой растений. Над растениями были установлены фитолампы, которые позволяют поддерживать необходимые условия для их роста и развития.

Для приготовления раствора смешивалось 20 мл  $K_2OЭДФ$  с массовой долей 28,3% и 500 мл дистиллированной воды. В течение 2 недель в полученном растворе производилось вымачивание искусственных корней для проведения эксперимента в контейнерах №5-7.

Углеродное волокно использовалось для создания искусственных корней. К растениям, расположенным в контейнерах №3,5, были прикреплены по одному пучку углеродного волокна I типа (масса пучка 1,6 г), к растениям в контейнерах №4,6,7 – II типа (масса пучка 3,2 г), длина одного пучка составляла 20 см. Растения были помещены в контейнеры №2–7, в которые предварительно было добавлено по 60 мг/20л  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$  и  $ZnSO_4$ .

В результате проведенного эксперимента было проанализировано количество оставшихся тяжёлых металлов в воде (рис.1, 2), а также их содержание в наземной части и корнях водного гиацинта.

#### Описание эксперимента

| № | Обозначение                           | Описание  |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | КОНТР.                                | контрольный - без загрязнителей, без углеродного волокна (у/в)  |
| 2 | ТМ                                    | без у/в, с добавлением тяжёлых металлов (ТМ: Zn, Ni)  |
| 3 | ТМ + у/в I                            | с у/в I типа, с добавлением ТМ  |
| 4 | ТМ + у/в II                           | с у/в II типа, с добавлением ТМ   |
| 5 | ТМ + у/в I + $K_2OЭДФ$ (с промыв.)    | с у/в I типа, предварительно вымоченном в растворе $K_2OЭДФ$ , перед экспериментом искусственные корни промывались водопроводной водой в течение 5 минут; с добавлением ТМ  |
| 6 | ТМ + у/в II + $K_2OЭДФ$ (с промыв.)   | с у/в II типа, предварительно вымоченном в растворе $K_2OЭДФ$ , перед экспериментом искусственные корни промывались водопроводной водой в течение 5 минут; с добавлением ТМ |
| 7 | ТМ + у/в II + $K_2OЭДФ$ (без промыв.) | с у/в II типа, предварительно вымоченном в растворе $K_2OЭДФ$ , искусственные корни не промывались водопроводной водой; с добавлением ТМ                                    |



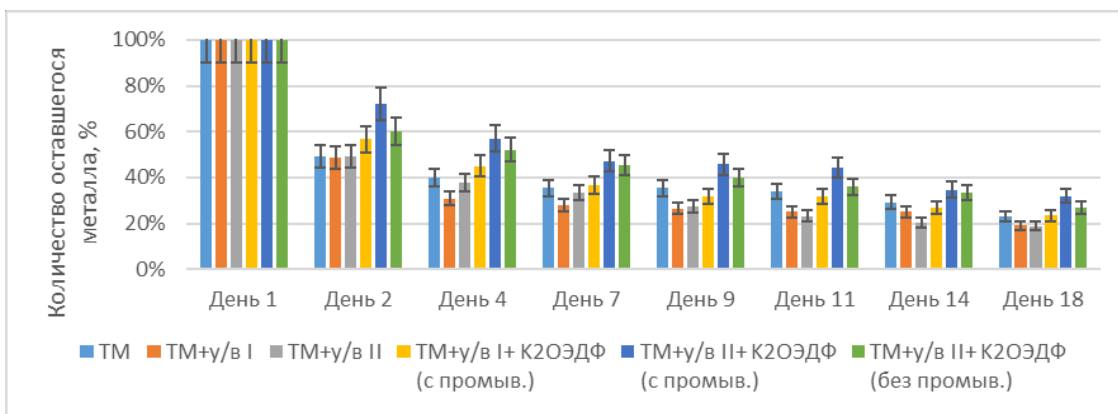


Рис. 1. Количество оставшегося Zn в воде, мг/кг

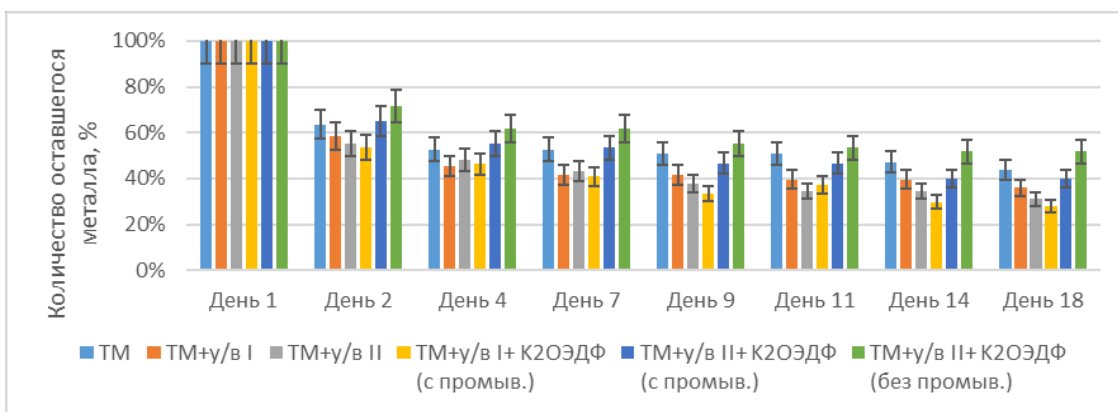


Рис. 2. Количество оставшегося Ni в воде, мг/кг

По гистограммам (рис.1, 2) можно сделать вывод, что с течением времени концентрация тяжёлых металлов в воде стремительно снижается.

По результатам, полученным в проведенном эксперименте, была рассчитана биоаккумуляция тяжёлых металлов, которая выражается отношением концентрации вещества в организме к концентрации вещества в окружающей среде. По полученным данным, приведенным на гистограммах (рис. 3, 4), можно сделать вывод, что наибольшая биоаккумуляция наблюдается у водного гиацинта без применения раствора K<sub>2</sub>OЭДФ на искусственных корнях растений.

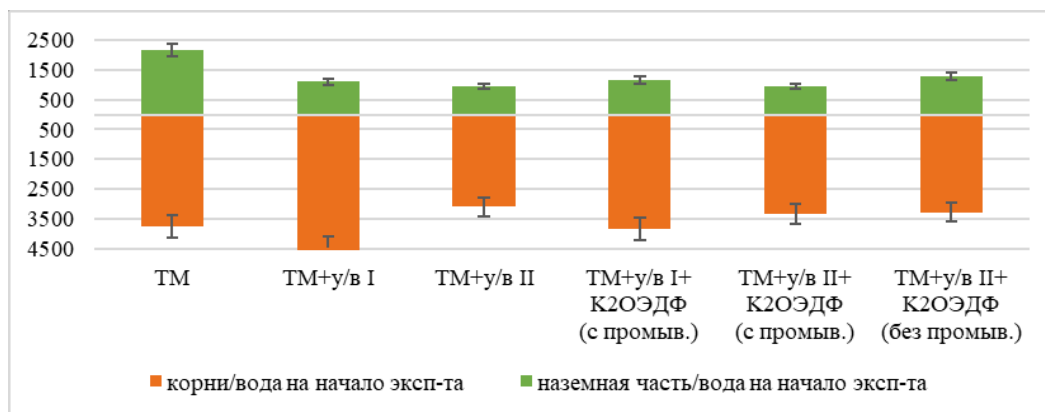


Рис. 3. Биоаккумуляция Zn в растениях, мг/кг

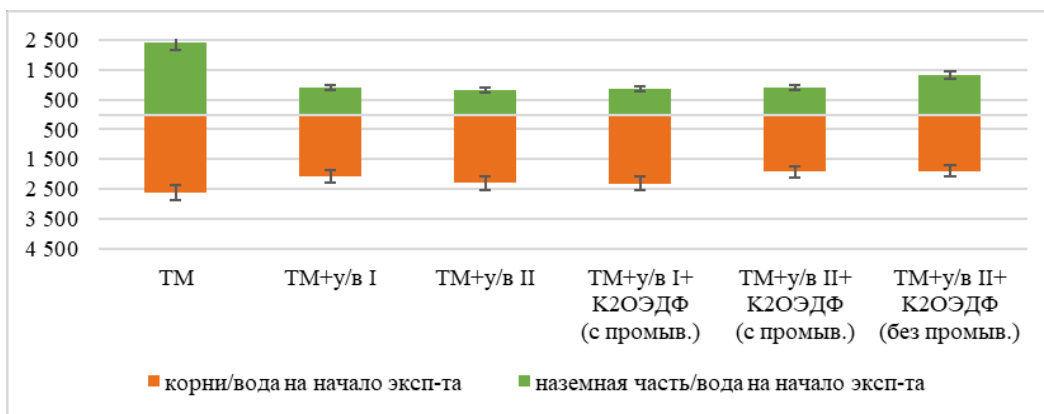


Рис. 4. Биоаккумуляция Ni в растениях, мг/кг

На гистограммах (рис. 5, 6) представлены данные по транслокации. Коэффициент транслокации показывает отношение содержания тяжёлых металлов в побегах к содержанию тяжёлых металлов в корнях растений. По гистограммам видно, что самый высокий коэффициент транслокации у водного гиацинта без использования углеродных волокон, а также у растений, которые находились в контейнерах с углеродным волокном II типа, предварительно вымоченном в растворе K<sub>2</sub>OЭДФ.

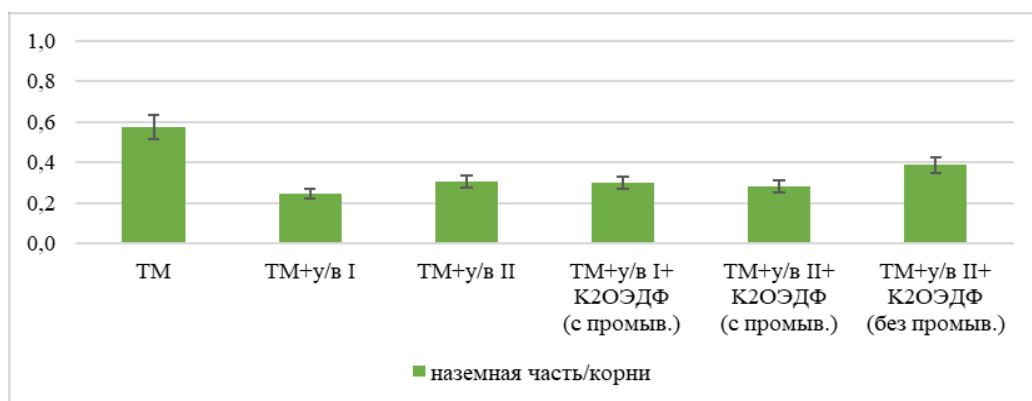


Рис. 5. Транслокация Zn в растениях, мг/кг

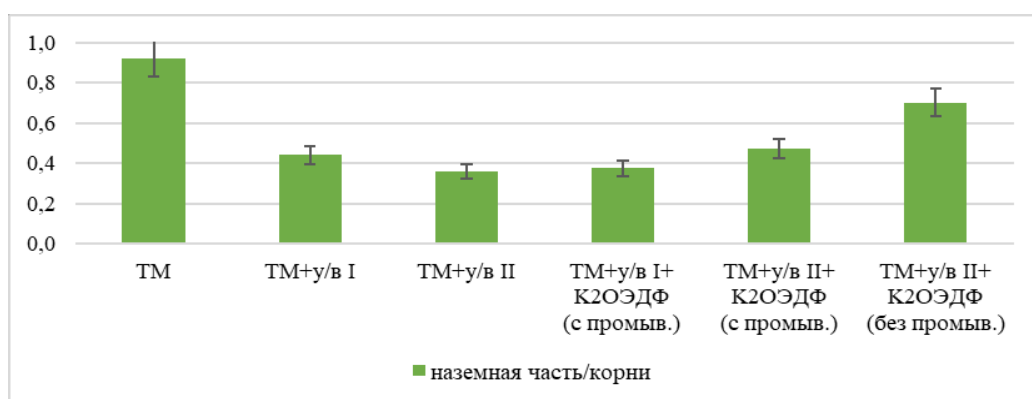


Рис. 6. Транслокация Ni в растениях, мг/кг

**Заключение.** В работе рассматривалось использование углеродного волокна в качестве носителя K<sub>2</sub>OЭДФ, что способствует лучшей сорбции

тяжёлых металлов в сточной воде. Было установлено, что водный гиацинт является эффективным растением для проведения фиторемедиации сточных вод. Коэффициент транслокации для Zn и Ni оказался  $<1$ , что указывает на иммобилизацию металлов в корнях растений. По результатам анализов можно сделать вывод, что искусственные корни эффективно сорбируют Zn и Ni, следовательно, возможно использование углеродного волокна в качестве сорбента для извлечения тяжёлых металлов из сточных вод.

#### Литература

1. Исидоров В.А. Введение в химическую токсикологию. - СПб.: Химиздат, 1999. – 144 с.
2. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам [отв. ред. Н.Н. Немова]; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. С. 172.

**Е.А. Сухинина**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

### **АЛГОРИТМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ «ЗЕЛЁНЫХ» СТАНДАРТОВ**

В статье рассматривается проблема несоответствия существующей городской среды современным требованиям экологичности, закрепленных в общемировых целях устойчивого развития (ЦУР). Предлагается авторский алгоритм экологической оценки архитектурно-градостроительных объектов с учетом требований систем экологической сертификации для районов и территорий.

Ключевые слова: экологический стандарт, «зелёное» строительство, методы экологической оценки, экологическое проектирование, архитектурно-градостроительная среда, городское пространство.

Города являются основными потребителями природных ресурсов, производителями загрязнения и отходов. К наиболее распространенным экологическим проблемам городов можно отнести: загрязнение воды, почвы, воздуха вредными выбросами от промпредприятий; электромагнитные, шумовые, световые загрязнения; рост свалок и полигонов по захоронению ТБО; истощение природных и энергетических ресурсов; транспортная загруженность улиц; недостаток зелёных насаждений и благоустроенных мест для отдыха; монотонность и повышенная плотность городской застройки пагубно влияют на наше

психическое и физиологическое здоровье, вызывая хронические заболевания [1].

Город развивается в результате многих инициатив – рыночных, демократических, экономических, социальных, но в первую очередь остается важен комфорт городских условий и благоприятная среда жизнедеятельности [2].

Важно влияние климатических и экологических факторов на архитектурно-градостроительное пространство, город рассматривается как целая система со своими иерархичными подсистемами [3].

Знаменитый датский архитектор и консультант по городскому дизайну Я. Гейл говорил, что «Город должен принадлежать пешеходам, а не машинам», а городское пространство должно быть «здоровым», «живым» и способствовать общению. «Сначала мы формируем пространство, а потом пространство формирует нас», – рассуждал политик У. Черчилль.

Среди основных аспектов пространственной организации города следует выделить: транспортно-функциональный; визуально-пространственный; инженерно-технический; природно-экологический; историко-культурный [4].

Непрерывное ухудшение экологической ситуации в российских городах создает острую необходимость формирования архитектурно-градостроительного пространства с учетом ЦУР и различных методов экологической оценки (далее *экооценки*) градостроительных решений.

Уже сейчас целями комплексного развития территории России являются «обеспечение сбалансированного и устойчивого развития поселений, городских округов путем повышения качества городской среды и улучшения внешнего облика, архитектурно-стилистических и иных характеристик объектов капитального строительства, создание необходимых условий для развития транспортной, социальной, инженерной инфраструктур, благоустройства территорий, повышение эффективности использования...».

Российскими и зарубежными специалистами предлагаются различные методологии по улучшению экологического состояния городского пространства. Среди них следует выделить: методы экологической стабилизации территорий док. арх. М.В. Перьковой; алгоритм оценки градостроительной деятельности д.т.н. Н.В. Бакаевой и к.т.н. И.В. Черняевой; оценку устойчивости территориальных экосистем Т. Толстых и др.; метод оценки индикаторов устойчивости Bellagio STAMP; метод Британского института строительных исследований «Green Print»; метод оценки проектных решений, заложенный в «зелёных» стандартах.

На сегодняшний день в развитых странах разработаны специальные версии рейтинговых систем для экологической сертификации территорий – LEED for Neighborhood Development (2007 г., США), CASBEE Urban

Development (2007 г., Япония), BREEAM Communities (2008 г., Великобритания), Citylab (2010 г., Швеция), PCRS (2010 г., Азия), DGNB Urban Districts (2011 г., Германия), HQE-A Urban Planning and Development (2011 г., Франция), Green Star Communities (20012 г., Австралия), GREEN ZOOM City (2018 г., Россия).

*Экологические стандарты для проектирования территорий* – это методика градостроительного планирования, включающая нормативный набор «строительных блоков» для устойчивой городской формы в виде контрольного списка компонентов [5].

Рейтинги объектов сертификации выставляются с помощью определенной балльной системы. При анализе структуры разделов «зелёных» стандартов установлено, что в обязательном порядке оценивается *территория, водоэффективность, энергосбережение, материалы, отходы, пространство*.

По мнению автора следует производить экооценку архитектурно-градостроительного пространства от общего к частному, с учетом трех уровней градостроительного проектирования – *макро-, мезо-, микро-*.

При математическом анализе количества критериев рейтинговых систем (LEED-ND, CASBEE-UD, BREEAM-C, DGNB-UD, GREEN ZOOM-C) по трем уровням градостроительного планирования (макро-, мезо-, микро-) определено, что в разделах больше всего требований по проектированию на *микро-уровне*, наименьшее количество критериев по формированию экобезопасных условий для территории *макро- и мезо- уровней*. Очевидно, что распределение экомероприятий на всех трех уровнях в действующих стандартах должно носить более сбалансированный характер.

В разработанном автором *алгоритме экооценки архитектурно-градостроительных объектов* важна последовательность принятия решений, определение приоритетов и их обоснование, приемлемость предложенных решений в соответствии со структурой действующих экостандартов, определенной автором как «константной»: *1. территория; 2. водоэффективность; 3. энергосбережение; 4. материалы; 5. отходы; 6. пространство, рисунок*.

*I. Этап подготовки.* Формулирования целевой установки, техническое задание на проектирование. Изначально при экооценке следует определить важные характеристики относительно потенциала места (природно-климатические, экологические, технологические, социально-экономические условия). Установить пригодность места для строительства (если это новое строительство), выбор приоритетных целей и проблем, которые необходимо решить (пустырь, шумная магистраль, свалка и пр.).

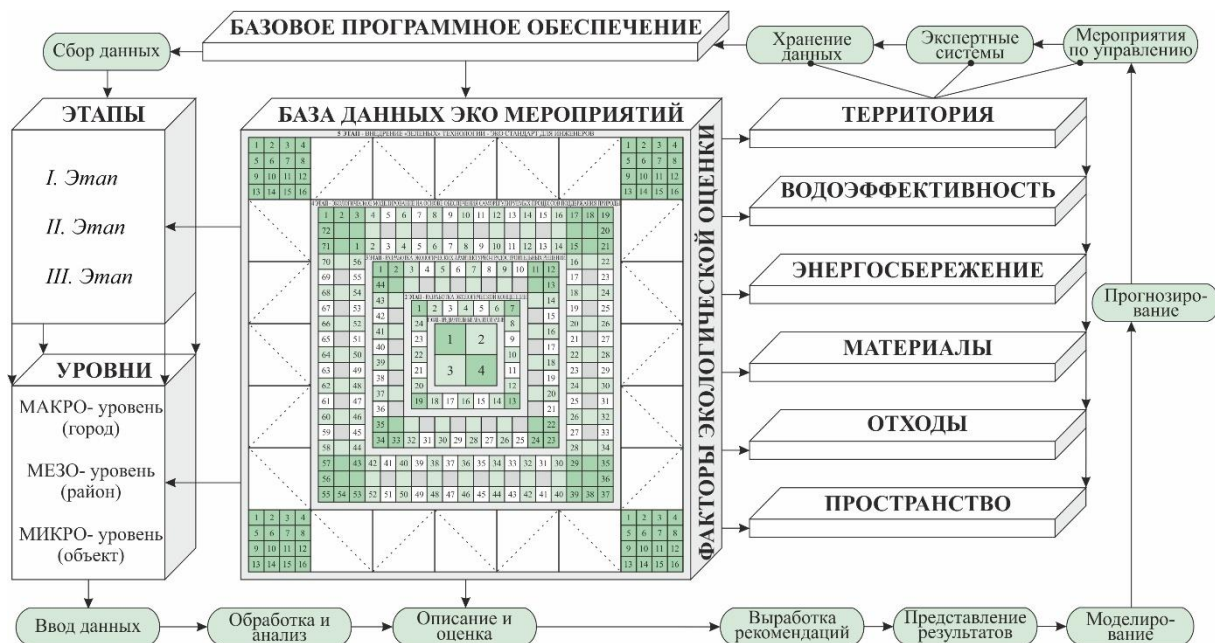


Рис. Алгоритм экооценки архитектурно-градостроительных объектов

II. *Этап разработки экомодели.* Предусматривает поиск архитектурно-планировочных приемов с учетом размера территории (*макро-, мезо-, микро- уровня*) и соответственно выбор экологических мероприятий для каждой зоны. Важна приоритетность размещения функциональных зон на территории, потенциал ресурсосбережения, учет нормативных требований и иные ограничения. К примеру, на *микро-уровне* учитывается для: *территории* (микроклимат, экология, озеленение); *водоэффективности* (водный источник, осадки, рельеф, переработка); *энергосбережения* (ориентация, планировка, альтернативный источник, объем); *отходов* (рециклинг, сортировка, повторное использование, биоочистка); *пространства* (время, культура, окружение, социум).

III. *Этап мониторинга экопроекта.* Используется метод постфактумной оценки, задействующего широкий набор средств и задач проекта, с последующим анализом качества решений.

Система итоговой экооценки – балльная: < 30 баллов – неудовлетворительно; 30-50 баллов – удовлетворительно; 50-80 баллов – хорошо; > 90 баллов – отлично. Критерии оценки делятся на: количественные, качественные, постоянные и изменяющиеся.

Сегодня особо остро стоит проблема пересмотреть традиционные приемы архитектурно-градостроительного проектирования в российских городах с применением *нового экодхода* к созданию безопасных условий для жизни в гармонии с окружающей природной средой без вреда экологии.

## Литература

1. Никонова Е.Р. Архитектурная экология: учеб. пособие для студентов направления подготовки 07.03.01 «Архитектура». – Пенза: ПГУАС, 2016. – 120 с.
2. Кияненко К.В. Парадигмы социального знания и обоснования в архитектуре // Социологические исследования. – 2018. – № 9. – С. 30-39. DOI: 10.31857/S013216250001956-4.
3. Сидоренко В.Ф. Научно-методологические основы теории и практики экологического строительства. Автореф. дис. док. тех. наук. – М., 2000. – 40 с.
4. Потаев Г.А. Градостроительство. Теория и практика: учебное пособие – М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2014. – 432 с.
5. Lewin S.S. Urban Sustainability and Urban Form Metrics // Journal of Green Building. – 2012. – № 7(2) – С. 44-63.

**И.В. Халепо, О.А. Плотникова**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

### **СИНХРОННОЕ СКАНИРОВАНИЕ В ФЛУОРЕСЦЕНЦЕНТНОМ АНАЛИЗЕ ПАУ**

Статья посвящена сравнительной оценке флуоресцентных и синхронных спектров для целей аналитического определения полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Экспериментально подобранный сдвиг  $\Delta\lambda$  при синхронном сканировании длин волн возбуждения и флуоресценции позволяет получить узкий пик флуоресцентного сигнала высокой интенсивности, характерный для конкретного ПАУ. Данная техника способствует значительному повышению селективности определения ПАУ в их смеси.

Ключевые слова: флуоресцентный анализ, синхронное сканирование, полициклические ароматические углеводороды.

Актуальность разработки эффективных и оперативных методов контроля содержания опасных химических веществ определяется возрастающей антропогенной нагрузкой. Этот процесс таит серьезную угрозу для здоровья людей и требует принятия своевременных мер для обеспечения экологической безопасности. К приоритетным экотоксикантам относятся полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) - органические соединения, для которых характерно наличие в химической структуре двух и более конденсированных бензольных колец. Данные вещества образуются при сжигании и переработке органического сырья, нефтепродуктов, угля, древесины, антропогенных отходов и т.д [1].

ПАУ характеризуются высокой мутагенной и канцерогенной активностью [2], и, в связи с этим, их содержание в объектах окружающей среды требует постоянного контроля.

Перспективным для этих целей является высокочувствительные люминесцентные методы. Однако нужно отметить, что люминесцентные методы могут обладать недостаточно высокой селективностью. Например, при анализе сложных смесей перекрытие широких полос флуоресценции при комнатной температуре обычно мешает процессу идентификации отдельных компонентов. Таким образом, сканирование с фиксированной длиной волны возбуждения может не давать достаточной количественной и даже качественной информации для многих реальных многокомпонентных образцов [3]. В случае сложных проб окружающей среды область применения флуориметрического анализа может быть расширена с помощью синхронной флуоресцентной спектроскопии [4]. Данный метод успешно применялся для идентификации ПАУ во взвешенных частицах городского воздуха [3,5], в почвенных [6] экстрактах, пробах воды [7].

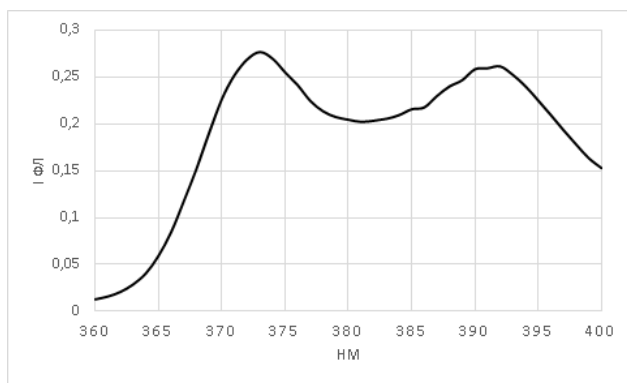
Таким образом, целью данной статьи является сравнительная оценка флуоресцентных и синхронных спектров ПАУ для целей их аналитического определения.

Для исследования были приготовлены водные растворы ПАУ (пирена, антрацена, фенантрена и флуорена) при концентрации  $3 \cdot 10^{-6}$  М, а также смесь из этих ПАУ. Исследования проводились на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама».

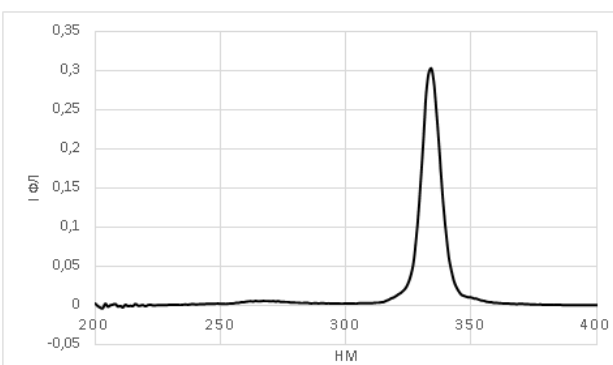
Спектры классической флуоресценции ПАУ регистрировались при постоянных длинах волн возбуждения флуоресценции: для пирена  $\lambda_{\text{возб.}} = 334$  нм, для фенантрена и антрацена  $\lambda_{\text{возб.}} = 250$  нм, для флуорена  $\lambda_{\text{возб.}} = 262$  нм (рис. 1-4 а). Экспериментально были зарегистрированы синхронные спектры всех изученных ПАУ по отдельности, полученные в результате синхронного сканирования длин волн возбуждения и флуоресценции с постоянным сдвигом  $\Delta\lambda$  в диапазоне от 5 до 150 нм с шагом в 5 нм. Для каждого ПАУ отобраны спектры, характеризующиеся наиболее интенсивным одиночным пиком, полученные при определенных  $\Delta\lambda$  (рис. 1-4 б).

Анализ смеси ПАУ позволяет заключить, что классический спектра флуоресценции имеет размытый вид, спектры флуоресценции ПАУ достаточно сильно перекрываются, что затрудняет идентификацию отдельных ПАУ в данной смеси. Повысить селективность метода и облегчить идентификацию отдельных ПАУ в их смеси позволяет применение синхронного сканирования. При этом регистрация синхронных спектров с определенным сдвигом  $\Delta\lambda$  позволяет выделить в спектре более узкие пики, характерные для конкретного ПАУ в данной смеси.



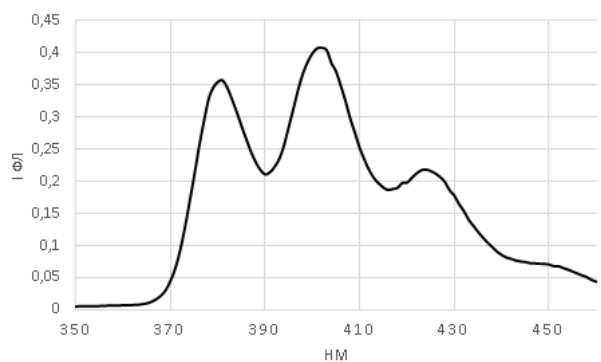


а

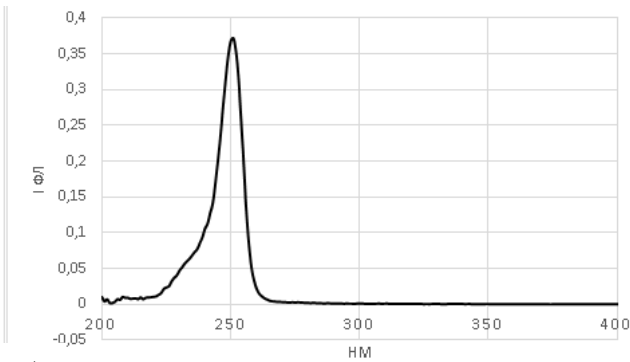


б

Рис. 1. Классический спектр флуоресценции (а) и синхронный спектр флуоресценции при  $\Delta\lambda = 40$  нм (б) пирена

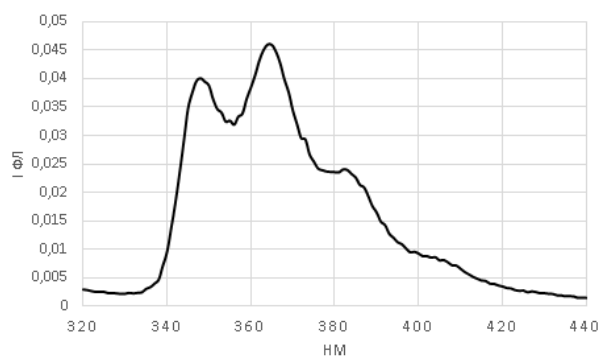


а

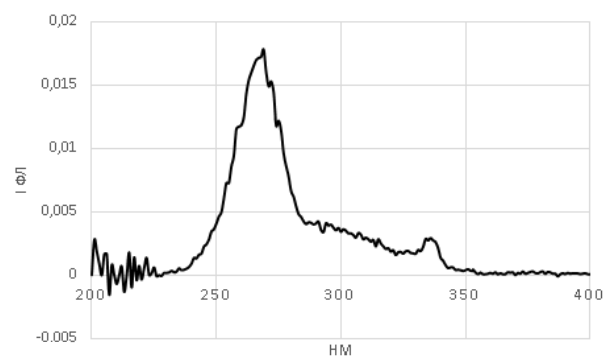


б

Рис. 2. Классический спектр флуоресценции (а) и синхронный спектр флуоресценции при  $\Delta\lambda = 150$  нм антрацена



а



б

Рис. 3. Классический спектр флуоресценции и синхронный спектр флуоресценции фенантрена при  $\Delta\lambda = 35$  нм фенантрена

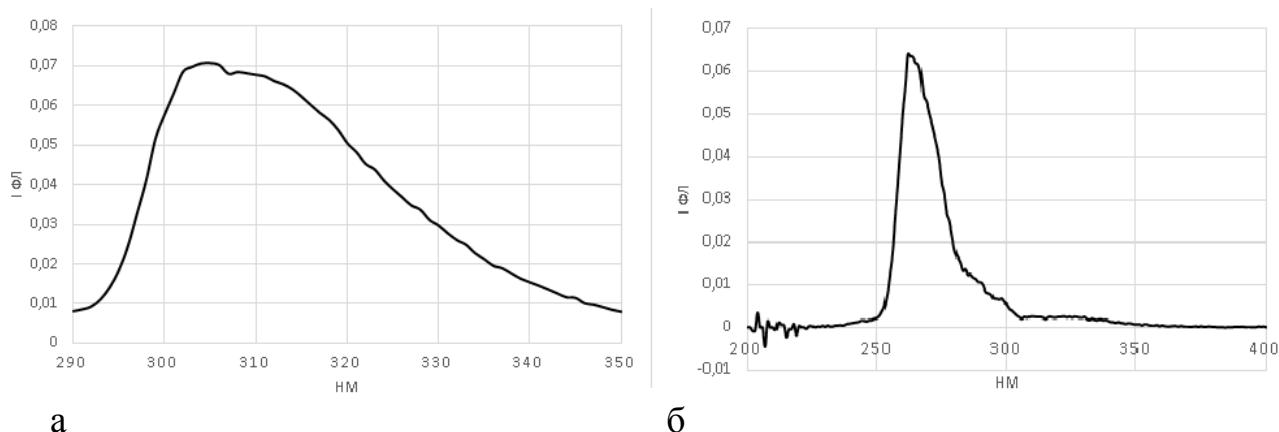


Рис. 4. Классический спектр флуоресценции и синхронный спектр флуоресценции при  $\Delta\lambda = 40$  нм. флуорена

Метод применим для экологического мониторинга экотоксикантов ПАУ в объектах окружающей среды и позволяет проводить, как качественный, так и количественный анализ ПАУ, поскольку интенсивность пиков в спектрах синхронной флуоресценции прямо пропорциональна содержанию ПАУ в пробе.

#### Литература

1. Смола В.И. ПАУ в окружающей среде: проблемы и решения: в 2 ч. Ч. 1. М.: Полиграф сервис, 2013. 383 с.
2. Impact of vehicular traffic emissions on particulate-bound PAHs: Levels and associated health risks / K. Slezakova [at al.] // Atmospheric Research. - 2013. - V. 127. - No 7. - P. 141-147. doi: 10.1016/j.atmosres.2012.06.009
3. Matuszewska, A. The use of synchronous fluorescence technique in environmental investigations of polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particulate matter from an industrial region in Poland. In environmental emission / A. Matuszewska, M. Czaja // IntechOpen. - 2021. - Article No. 72246. doi: 10.5772/intechopen.92402.
4. Patra, D. Recent developments in multi-component synchronous fluorescence scan analysis / D. Patra, A.K. Mishra // Trends in analytical chemistry. – 2002. - V. 21. - No. 12. - P. 787-798.
5. Sharma, H. Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in suspended particulate matter by synchronous fluorescence spectroscopic technique / H. Sharma, V. K. Jain, Z. H. Khan // Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. - 2007. - V. 68. - No 1. - P. 43–49. doi:10.1016/j.saa.2006.10.054
6. Rapid quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons in hydroxypropyl-beta-cyclodextrin (HPCD) soil extracts by synchronous fluorescence spectroscopy (SFS) / G. Hua [at al.] // Environ. Pollut. - 2007. - V. 148. - No P. 176–181. doi: 10.1016/j.envpol.2006.10.040.
7. Constant-wavelength synchronous fluorescence spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples / R. P. Zhang [at al.] // Advanced Materials Research. - 2012 - V. 490–495. - P. 3202–3206. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.490-495.3202

**А.О. Холуденева, С.Ю. Ефремова, В.В. Зупарова,  
А.В. Бодров, А.А. Медведева**

Пензенский государственный технологический университет

## **СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД БУМАЖНО-КАРТОННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОЧВЫ ПУТЕМ ИХ ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ**

Предложено использование метода электроосмоса для уменьшения объемов осадков сточных вод путем их обезвоживания. Предложено вторичное использование осадков сточных вод в качестве рекультиванта. Представленная инновационная разработка позволяет снизить площадь антропогенно нарушенных территорий.

Ключевые слова: осадок сточных вод, захламливание земель, электроосмос, дегидратор, отделение влаги, негативное воздействие

Ежегодный объем образования отходов производства в Российской Федерации составляет в среднем более 5 млрд. т. Значительный объем отходов образуется в добывающих и перерабатывающих отраслях.

Обезвреживанию и утилизации подлежит около 35 % промышленных отходов. Так, в России объем образования отходов производства и потребления составил в 2014 г. – 5,16 млрд. т, что на 16,3 % больше, чем в 2010 г.

Установлены отрасли, в результате производственной деятельности которых образуются крупнотоннажные отходы. К ним относятся в том числе целлюлозно-бумажная промышленность, в которой к крупнотоннажным относят осадки и илы механобиологической очистки сточных вод, скоп, кородревесные отходы, золы и лигносульфонаты.

Анализ объемов образования обезвреживания и утилизации отходов, указывает что, несмотря на продвижение технологических решений, крупнотоннажные отходы продолжают расти с ростом выпускаемой продукции. Существует множество технологий позволяющих вовлекать разнородные крупнотоннажные отходы производства в качестве сырья с низким показателями опасности для окружающей среды.

Объектом исследования стал влажный водоминерально-органический отход осадка сточных вод (ОСВ) – скоп, образующийся при производстве бумаги для гофрированного картона, образовавшийся на предприятии ОАО «Маяк».

Отделенный на локальных очистных сооружениях цеха целлюлозно-бумажных предприятий отход не используют повторно в технологических процессах производства бумаги, а передают на утилизацию в отвалы.

Согласно данным, приведенным на рисунке 1, можно сделать вывод о том, что за год работы бумагоделательной машины образуется около

20 000 т водоминерально-органического отхода. При осуществлении хозяйственной деятельности предприятие ОАО «Маяк», на предприятии имеется 5 таких машин.

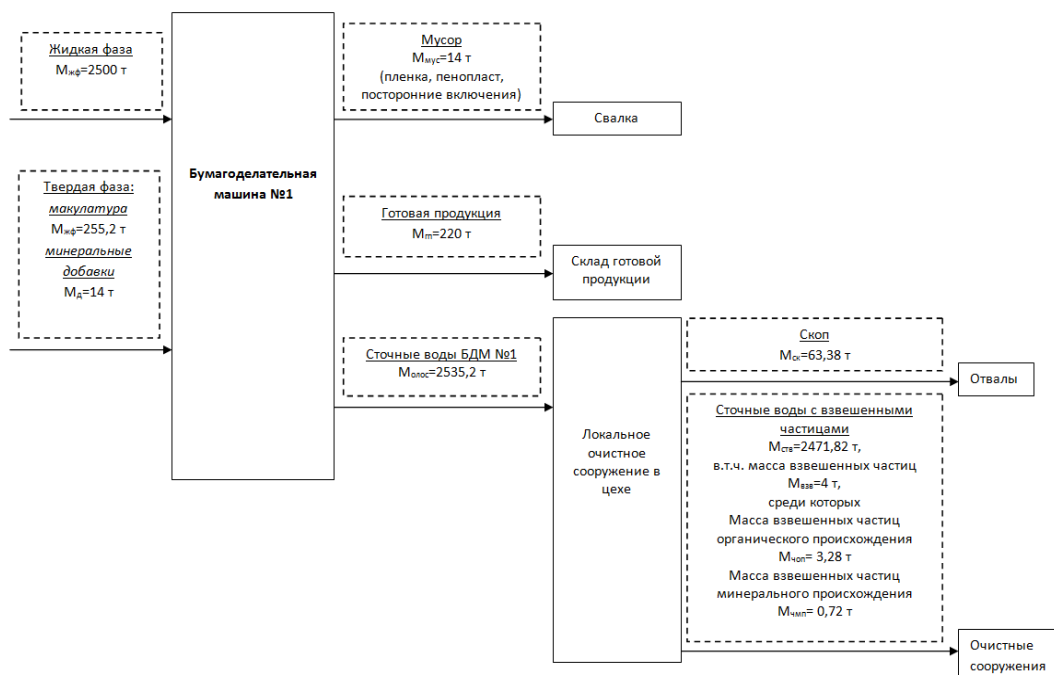


Рис. 1. Схема технологического процесса производства бумаги для гофрированного картона на бумагоделательной машине

Определенно, такое значительное количество отходов оказывают негативное влияние на состояние окружающей среды. В настоящее время отходы осадков сточных вод размещаются на территории Пензенской области (рис. 2). Площадь, необходимая для размещения отходов составляет примерно  $600\ 000\ \text{м}^2$  в год.



Рис. 2. Вид сверху одного из отвалов осадка сточных вод на территории Пензенской области

При очистке образуется большое количество осадка – скопа, состоящего из макулатурного волокна и механических примесей, оседающих на фильтрах очистных сооружений. Основную массу скопа составляют целлюлозные волокна со значительной долей неорганических и органических примесей.

В ходе проведения исследований по снижению влажности осадков сточных вод, были проведены эксперименты с использованием лабораторной электроосмотической установки, с площадью поперечного сечения электродов  $S_m=0,0049 \text{ м}^2$ .

Для изучения вариаций энергопотребления при различной загруженности для определения оптимального соотношения была проведена серия экспериментов при различном напряжении от 4 до 28 В.

Как было отмечено, в процессе обезвоживания были оценены значения остаточной массы осадков сточных вод. Получены данные снижения массы в процессе обезвоживания в процентном соотношении от начального значения.

Результаты экспериментальных данных позволяют получить необходимую информацию для проектирования электроосмотической установки для обработки отходов бумажного производства. Полученные уравнения регрессии на основе обработки статистических данных адекватны и позволяют моделировать ряд основных показателей изучаемого процесса.

После переработки осадка сточных вод при помощи электроосмотической установки, влажность отхода составляет 20-35% в зависимости от выбранного режима обезвоживания. Переработанный отход имеет сыпучую структуру, фракции размером зерен в интервале от 3 до 20 мм.

Обезвоженный осадок сточных вод может быть использован в различных отраслях деятельности, например, в качестве удобрения почвы для ее восстановления.

#### Литература

1. Харламова, М. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг: учебное пособие для академического бакалавриата / М. Д. Харламова, А. И. Курбатова; под редакцией М. Д. Харламовой. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 311 с.

2. Аксенов В.И. Проблемы обработки осадков смешанного состава машиностроительных и металлургических предприятий / Аксенов В.И., Царев Н.С., Ясницкая К.В. // Вода Magazine. - 2016. - V., 1. 8 (108). - P. 40-43.

3. Кичигин, В. И. Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод: учебное пособие / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2008. – 204 с.

4. Голованов, А. И. Рекультивация нарушенных земель: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин; под редакцией Голованова А.И. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 336 с.

5. Холуденева А.О. Исследование возможности энергоэффективного обезвоживания отходов целлюлозно-бумажной промышленности путем применения электроосмоса// В сборнике: СНК-2020. материалы Юбилейной LXX открытой международной студенческой научной конференции Московского Политеха. Москва, 2020. С. 515-520.

6. Черп, О.М.; Виниченко, В.Н.; Хотулева М.В., Молчанова Я.П., Дайман С.Ю. Экологическая оценка и экологическая экспертиза - М.: Социально-экологический Союз; Издание 3-е, пер

# Современные геоинформационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов

В.А. Алексеев<sup>1</sup>, В.П. Усольцев<sup>1</sup>, С.И. Юран<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

<sup>2</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

## ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД АНТИБИОТИКАМИ

В работе рассматривается автоматизированная оптоэлектронная система для устранения аварийной ситуации при сбросе в сточные воды загрязнений в виде антибиотиков, в которой используются несколько оптоэлектронных датчиков с различными длинами волн излучения. Проведенные исследования показали, что с помощью даже трехчастотного зондирования жидкой среды можно достаточно точно распознать вид загрязнения, тем самым улучшить показатели качества сточных вод.

Ключевые слова: антибиотик, аварийный сброс, спектроскопия, сточные воды, оптоэлектронный датчик

В сточных водах фармацевтических заводов, предприятий сельского хозяйства, в сточных водах которых содержатся продукты жизнедеятельности животных, городских очистных сооружениях, больницах (в результате утилизации лекарств), свалках и др. наиболее вероятно появление антибиотиков.

Известны способы контроля загрязнения природных водоемов и подземных вод, которые методологически можно разделить на группы: методы биотестирования и методы биоиндикации.

При биотестировании происходит отбор образцов воды из природных водоемов, обработке материалов отобранных проб тестовыми организмами и исследовании в лабораторных условиях реакций тестовых организмов на эту обработку. При этом реакция тестовых организмов служит критерием для выявления загрязнения. При биоиндикации о загрязнении судят по изменению временной и структурно-функциональной организации биоценоза в условиях воздействия загрязняющих веществ. При этом исследуют присутствие, поведение или интенсивность развития индикаторных организмов, по которым судят о степени загрязнения окружающей среды. Основные отличия между известными методами биотестирования и биоиндикации заключаются:

- в выборе тестовых организмов, в качестве которых могут быть использованы бактерии, водоросли, низшие и высшие растения,

насекомые, рыбы, млекопитающие и т.д. При выборе индикаторных организмов исходят из конкретных задач, так как для каждого (специфичного по составу) загрязнения требуется индивидуальный набор индикаторных организмов;

- в выборе регистрируемой реакции тестового организма на обработку материалов пробы, например, изменение продуктивности, мутации, летальный исход и т.д.

При контроле загрязнения сточных вод антибиотиками микробиологическими методами применяются штаммы, специфически резистентные к данному антибиотику, или же, так называемые, зависимые штаммы, т.е. такие, рост которых обусловлен присутствием определяемого антибиотика, определение степени задержки роста микроба, чувствительного к данному антибиотику. Задержка роста, вызванная определённым количеством используемого материала с неизвестным содержанием антибиотика, сравнивается с задержкой роста тест-культуры, вызванной определённым, известным количеством данного антибиотика.

Турбидиметрическим методом измеряется задержка роста тест-организма, проявляющейся в большем или меньшем помутнении питательной среды. Для измерения помутнения используют фотоэлектрические нефелометры. Путём сравнения интенсивности задержки роста, вызванной действием неизвестного количества антибиотика со стандартной кривой, выражающей степень задержки, вызываемой известными количествами антибиотика, производят вычисление активности анализируемого образца.

Эти способы обладают следующими недостатками:

- невысокая надёжность за счет того, что реакция тестового организма в лабораторных условиях не всегда адекватна реакции биоты реального природного объекта,

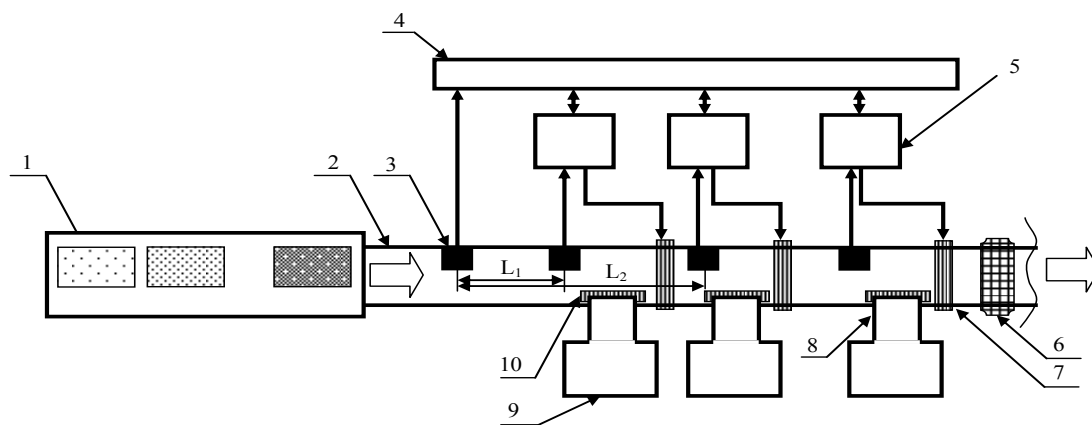
- низкая воспроизводимость за счет существенного влияния на результаты исследований природно-климатических, сезонных и ландшафтных факторов; значительных расхождений в результатах исследований при применении различных индикаторных организмов,

- высокая трудоемкость способа за счет необходимости соблюдения специальных требований по "чистоте" лабораторных исследований и квалификации исполнителей; наиболее достоверные результаты достигаются лишь путем многолетних исследований.

Для повышения надёжности, точности и экспрессности, при уменьшении трудозатрат и стоимости за счет того, что контроль ареалов загрязнения с неизвестным или частично известным составом загрязняющих компонентов, проводят по одному показателю. Преимущества этого показателя подтверждены результатами специальных исследований.



Физическая основа предлагаемого способа реализуется в устройстве устранения аварийного сброса (рисунок), которое работает с  $N+1$  типом жидкостей 1. Оно содержит канал 2 движения контролируемой среды (трубопровод), оптоэлектронные датчики 3, состоящие как минимум из одного источника и одного приемника излучения. С каждым из датчиков связаны блоки обработки и управления 5, а каждый блок обработки и управления связан с главным блоком обработки 4. От канала 2 отходят ответвления (отводы) 8, расположенные после каждого оптоэлектронного датчика. Элементы 7, 10 блокировки движения контролируемой среды (задвижки) установлены в канале 2 и отводах 8 соответственно. Управляющие входы элементов 7 и 10 соединены с выходами блоков обработки и управления 5. На выходе канала движения контролируемой среды установлен фильтр очистки 6, а на выходе каждого отвода 8 – блок утилизации 9 (резервуар, отстойник) загрязненной контролируемой среды.



Устройство устранения аварийного сброса

Рассматриваемое устройство устранения аварийной ситуации представляет собой систему из  $N+1$  датчиков ( $n=0, \dots, N$ ), на каждом из которых происходит процесс распознавания загрязняющего сгустка. Каждый датчик № $n$  ( $n=0, \dots, N$ ) характеризуется своим диапазоном оптической плотности  $[P_{n_{\min}}; P_{n_{\max}}]$ , поэтому тип жидкости № $n$  идентифицируется только датчиком № $n$ . Заметим, что датчики №0 и № $N$  являются вспомогательными: нулевой – для дальнейшего подсчета скорости сгустка, последний – для сброса всех неидентифицируемых жидкостей. Их диапазоны являются максимальными и равны между собой.

Формализованный вид аварийных ситуаций для датчика № $n$  представлен в системах неравенств (1)–(3) соответственно, где  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  – условия формирования сгустков, которые пересекаются или объединяются.  $S_t$  – текущее значение площади;  $T_t$  – текущее значение длительности сброса.

Первая ситуация: уровень загрязненности резко повысился и поддерживается в течение длительного времени:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 : P_{n_{\min}} \leq P_i \leq P_{n_{\max}}, \\ \alpha_2 : S_{n_{\min 1}} \leq S_{n_l} \leq S_{n_{\max 1}}, \\ \alpha_3 : T_{n_{\min 1}} \leq T_{n_l} \leq T_{n_{\max 1}}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Вторая ситуация: уровень загрязненности колеблется, то возрастая, то убывая:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_1 : P_{n_{\min}} \leq P_i \leq P_{n_{\max}}, \\ \beta_2 : S_{n_{\min 2}} \leq \sum_{l=1}^k S_{n_l} + S_{n_l} \leq S_{n_{\max 2}}, \\ \beta_3 : T_{n_{\text{ycr} 2}} \leq T_{n_l}, l \in [1, k], \\ \beta_4 : T_{n_{\min 2}} \leq \sum_{l=1}^k T_{n_l} + T_{n_l} \leq T_{n_{\max 2}}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Третья ситуация: уровень загрязненности периодически меняется с высокого на нормальный, с нормального – на высокий:

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_1 : P_{n_{\min}} \leq P_i \leq P_{n_{\max}}, \\ \gamma_2 : S_{n_{\kappa \min}} \leq S_{n_k} \leq S_{n_{\kappa \max}}, \\ \gamma_3 : S_{n_{\min 3}} \leq \sum_{l=1}^k S_{n_l} + S_{n_l} \leq S_{n_{\max 3}}, \\ \gamma_4 : T_{n_{\text{ycr} 3}} \leq T_{n_l}, l \in [1, k], \\ \gamma_5 : T_{n_{\min 3}} \leq \sum_{l=1}^k T_{n_l} + T_{n_l} \leq T_{n_{\max 3}}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Проведение натуральных экспериментов проводилось на специализированной экспериментальной установке [1], разработанной на основе имитационной модели поступления загрязнения сточных вод на очистные сооружения [2], позволяющей имитировать любое из распространенных загрязнений, а также содержание и концентрацию загрязнений.

В проведенных экспериментах использовано загрязнение антибиотиком амоксициллином концентрацией 0%, 5%, 10%, 15%. Применялись: источник излучения с длиной волны  $\lambda=0,5$  мкм и средней мощностью излучения  $P_{\text{cp}}=1$  мВт, приемник излучения с областью спектральной чувствительности 0,3-1,1 мкм, максимальной спектральной характеристикой 0,75-0,85 мкм, рабочим напряжением 10 В, интегральной токовой чувствительностью не менее 3,5 мА/лм. Аналогичные опыты проведены с источниками излучения с длиной волны  $\lambda =0,4$  мкм и  $\lambda=0,7$  мкм.

Эксперименты показывают, что с помощью даже трехчастотного зондирования можно наиболее точно распознать вид загрязнения, улучшить показатели качества на выходе сточных вод. По результатам экспериментов может быть составлена база данных, использование которой позволяет повысить экспрессивность метода.

## Литература

1. Alekseev V.A., Yuran S.I., Usoltsev V.P., Shulmin D.N. System of Laser Monitoring of Water Pollution with Application of Relative Description of Signal Shape // Devices and Methods of Measurements. - 2020, vol. 11, no. 2, pp. 114–121. DOI: 10.21122/2220-9506-2020-11-2-114-121

2. Патент 2710358 РФ МПК G01N 33/18, C02F 1/00 Способ интерполяционного контроля загрязненности сточных вод и промышленных стоков / Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И., Шульмин Д.Н. Заявка: 2019103060 от 04.02.2019. Опубл. 26.12.2019. Бюл. № 36.

**А.В. Васильев, В.А. Васильев, А.И. Ганин, А.В. Кленин**

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

### **ДИСКРЕТНО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ТРУБОПРОВОДАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ В ВИДЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

Для исследования акустических характеристик при распространении потока газа в трубопроводах энергетических установок различных типов разработана дискретно-временная модель. С использованием данной модели разработан программный продукт «Информационно-аналитическая система AcViLab». Показаны примеры реализации программного продукта.

Ключевые слова: шум, трубопровод, энергетические установки, дискретно-временная модель, программный продукт

Шум, генерируемый при работе энергетических установок и излучаемый в окружающую среду при прохождении по трубопроводным системам, является серьезным фактором акустического дискомфорта в рабочих и жилых зонах урбанизированных территорий [1-8].

Для исследования акустических характеристик при распространении потока газа в трубопроводах энергетических установок различных типов разработана дискретно-временная модель. Её назначение – моделирование цифровой системы управления, формирование различного рода сигналов, а также предоставления таких инструментов визуализации рассчитанных результатов, как осциллограф, анализатор спектра и т. п.

Дискретно-временная модель строится на основе дискретных цифровых элементов. Такой элемент имеет некоторое количество входов  $i$  и некоторое количество выходов  $o$ . На входы подаются сигналы (вещественные числа), согласно реализуемой элементом функции осуществляется вычисление выходных сигналов. Некоторые элементы,

например такие, как «осциллограф» ( $i=1, o=0$ ) только считывают информацию со входов и отображают её в своей экранной форме. Другие же, например «генератор гармонических сигналов» ( $i=0, o=1$ ) лишь формируют сигналы на своём выходе. Более сложные элементы, подобные модели контроллера осуществляют расчёт выходных сигналов по собственной подпрограмме.

На рисунке 1 представлена иерархическая схема применяемых в модели элементов.

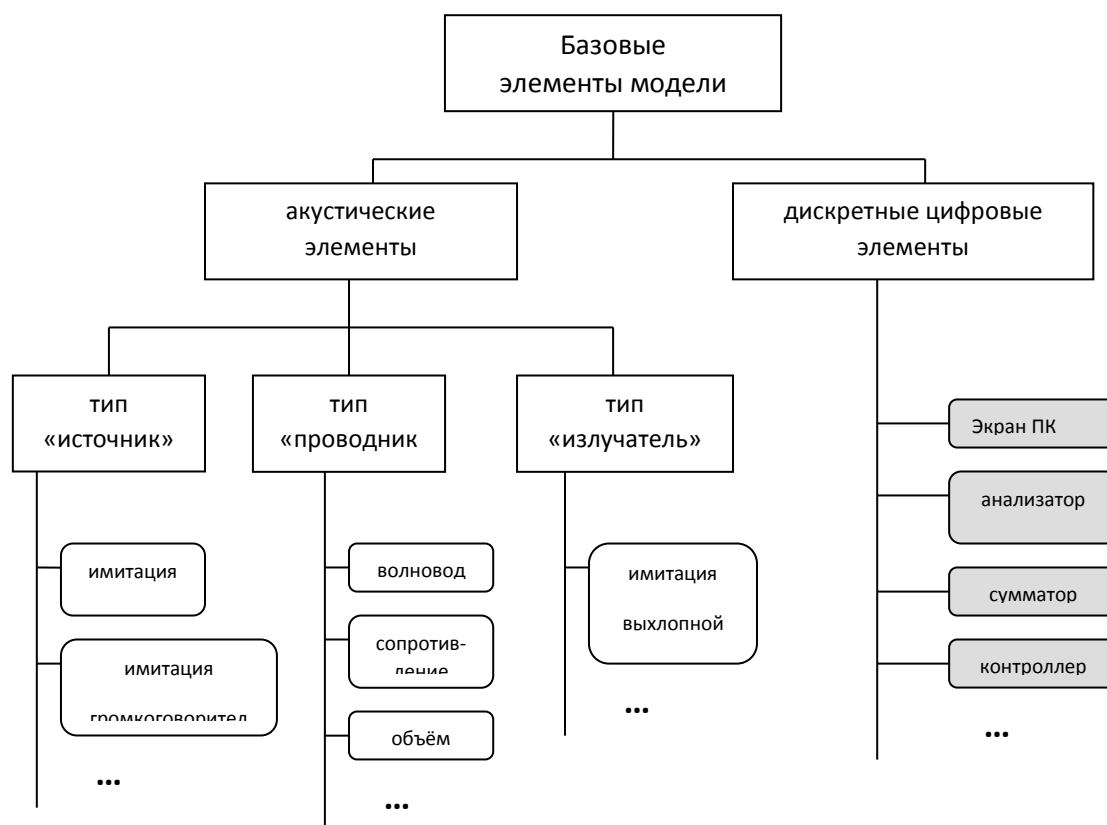


Рис. 1 - Иерархия элементов модели

Акустические элементы в данной модели делятся на три типа:

1. «Источник» – имитация реальных источников звука (громкоговоритель, ДВС); моделируется набором гармоник (частота, амплитуда, фаза).
2. «Проводник» – имитирует различные части газовада; моделируется матрицей передачи.
3. «Излучатель» – описывает передачу акустической мощности из газовада в окружающую среду и отражение от открытого конца трубы.

Каждый акустический элемент характеризуется следующими свойствами:

- Количество присоединений,  $n$ ;

- Математическое описание;
- Геометрическая форма и размер сечений волновода в местах стыковки.

Для каждого акустического элемента описываются выражения для каждого элемента матрицы передачи (пассивный четырехполюсник в терминологии электроакустических аналогий)

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}, \quad (1)$$

в виде

$$\begin{aligned} A &= a(\omega, \dots), \\ B &= b(\omega, \dots), \\ C &= c(\omega, \dots), \\ D &= d(\omega, \dots), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\omega$  – частота звуковой волны.

То есть все элементы матрицы представляются как функции от частоты и некоторых других параметров, индивидуальных для каждого акустического элемента (геометрические характеристики, например, для трубы площадь сечения и длина).

При этом подобные матрицы передачи акустического элемента составляются для всех направлений, т. е. всех возможных вариантов пар «вход-выход». Таким образом, для трубы будет определено две матрицы, для тройника – шесть. На рисунке 2 каждая линия изображает одно из возможных направлений передачи.

В общем случае источник является многомодовым, однако в простейших случаях представляется одной гармоникой. Для упрощения хранения набора гармоник и упрощения обработки посредством дискретного преобразования Фурье список мод представим в виде массива комплексных чисел, действительная часть которых определяет амплитуду, мнимая – фазу, а порядковый номер в массиве – соответствующую ему частоту.

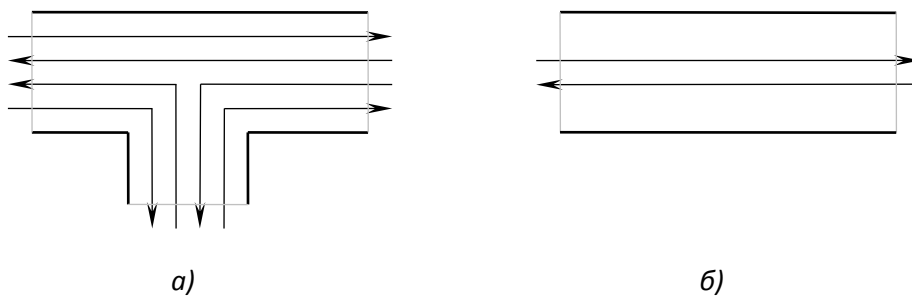


Рис. 2. Возможные направления прохождения звуковой волны

Сочленение временной и частотной моделей происходит путём введения специальных элементов обладающих входами/выходами обоих типов. Основные из них:

1. Одномодовый громкоговоритель. На входе: сигналы, задающие амплитуду волны  $A$ , частоту  $\omega$ , фазу  $\varphi$ . На выходе: гармоника с соответствующими характеристиками:

$$P = A \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$$

$$X = P / Z_a \quad , \quad (3)$$

2. Многомодовый громкоговоритель. На входе: сигнал задающий амплитуду волны  $A(t)$ . На выходе:  $N$  гармоник, пересчитанных быстрым преобразованием Фурье (FFT) по выборке из  $A(t)$ .

3. Излучатель с микрофоном. На входе: присоединение к волноводу. На выходе: рассчитанная по всем модам от всех источников  $P_{\Sigma}(t)$ .

На рисунке 3 показана расчетная схема при использовании дискретно-временной модели.

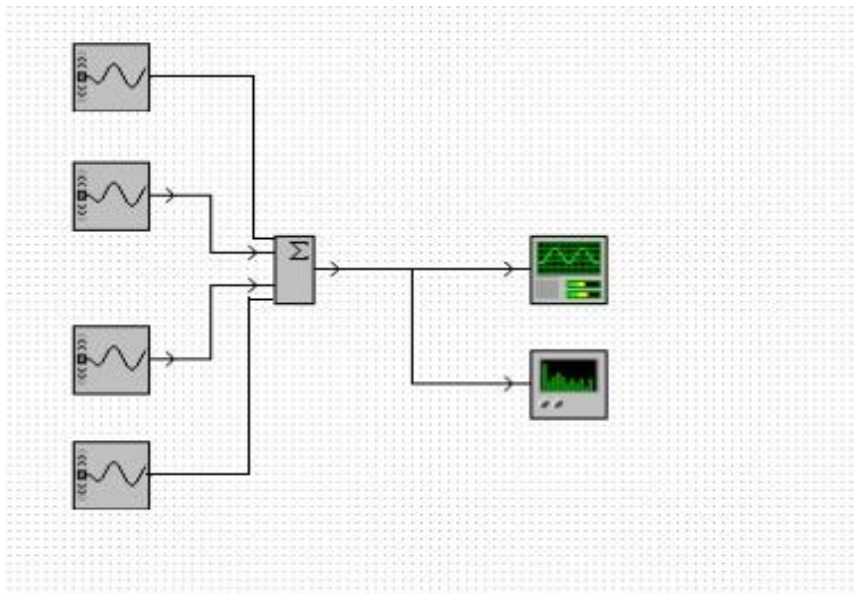


Рис. 3. Расчетная схема при использовании дискретно-временной модели

Обозначения:



– источники звука: первоначальные (нежелательные) и активные компенсирующие;



– суммарный звук с учетом активной компенсации;



– анализатор звука;



– экран персонального компьютера

С использованием вышеописанной модели разработан и направлен на регистрацию в Роспатент программный продукт «Информационно-аналитическая система AcViLab». Его основной задачей является создание единого информационного пространства по моделированию систем активной компенсации в рамках проведения экспериментов и научных исследований.

Информационно-аналитическая система позволяет выполнять централизованное моделирование процессов передачи и излучения шумов в газовадах систем энергетических установок с помощью аналитической одномерной модели, базирующейся на методе электроакустических аналогий. Система имеет возможность производить симуляцию распространения шума с использованием модели, сформированной из широкого спектра акустических элементов, относящихся к категориям «источник», «проводник» или «излучатель». В системе присутствуют встроенные средства для отображения полученной информации в графическом виде, в форме спектрограмм и осциллограмм. Имеется возможность расширения за счет быстрого добавления в систему других потенциально необходимых типов акустических элементов на базе шаблона.

Администрирование, ввод и редактирование данных могут осуществляться с любого компьютера, подключённого к сети Интернет, установка локального клиента для работы не требуется. Предусмотрена система аутентификации для запрета несанкционированного доступа, а также авторизация по ролям для разграничения полномочий на ввод данных и управление параметрами приложения. Присутствует возможность аудита входов, а также всех выполняемых в системе операций.

Для упрощения анализа в инструментах визуализации реализованы опции навигации (масштабирование, задание границ диапазона), а также возможность поставить визуализацию на паузу.

С использованием вышеописанного программного продукта можно произвести оценку эффективности активной компенсации шума с помощью инструментов визуализации (осциллографа и анализатора спектра) звуковых сигналов в заданных нами контрольных точках модели. На рисунках 4 и 5 показаны примеры реализации программного продукта для просмотра звуковых сигналов на узлах «Осциллограф -1» и «Анализатор спектра -1».

*Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда, соглашение №20-19-00222.*

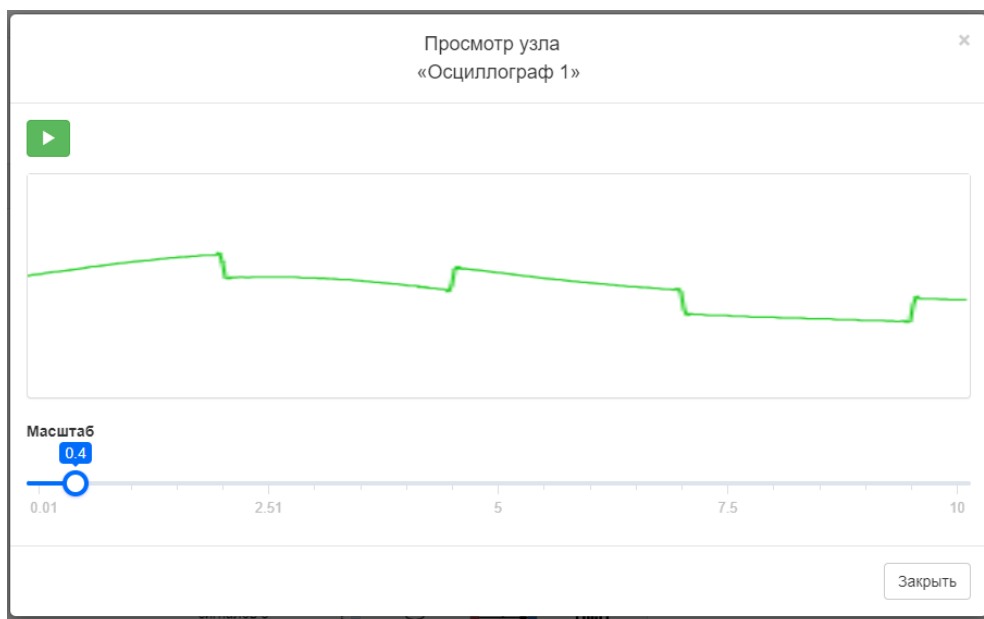


Рис. 4. Просмотр звуковых сигналов на узле «Осциллограф -1» при использовании дискретно-временной модели

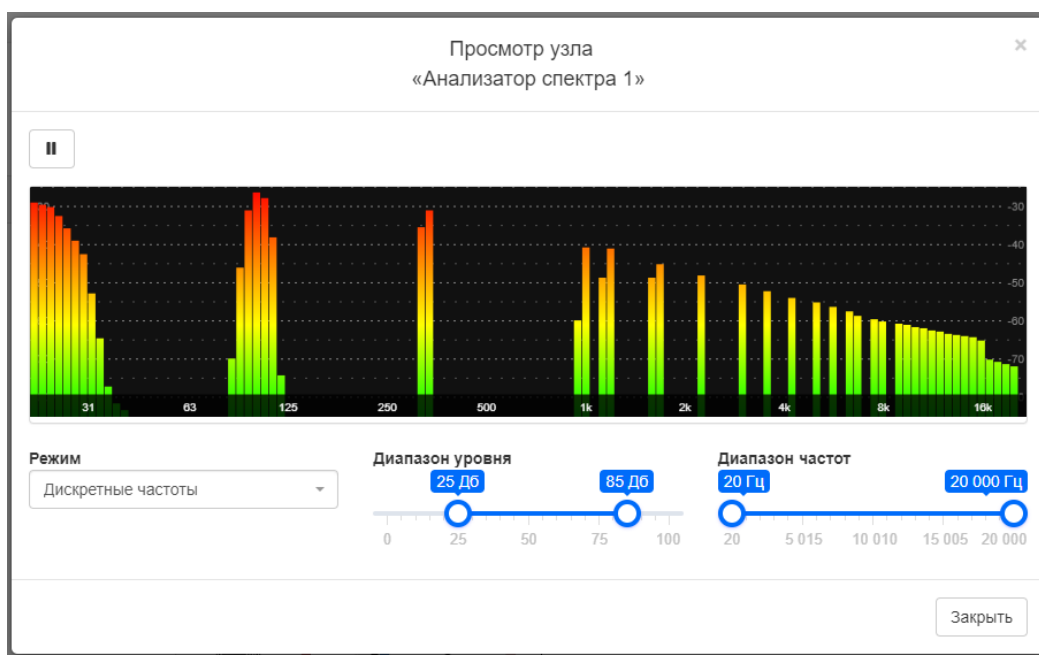


Рис. 5. Просмотр звуковых сигналов на узле «Анализатор спектра -1» при использовании дискретно-временной модели

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.В. Снижение низкочастотного шума и вибрации силовых и энергетических установок. «Известия Самарского научного центра РАН», г. Самара, том 5, №2, июль – декабрь 2003 г., с. 419-430.
2. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: Учебник для вузов - СПб.: Политехника, 2000. 482 с.: ил.
3. Munjal M.L. Acoustics of ducts and mufflers. New York, Wiley Interscience, 1987.



4. Vassiliev A.V. Compact active noise control units for automobile intake low-frequency noise attenuation. Proc. of "ACTIVE 97" Symp., Budapest, Hungary, August 1997, p.587-594.
5. Vasilyev A.V. Approaches to the estimation of ecological risk during the impact of acoustical pollutions. "Ecology and Industry of Russia", Moscow, 2018, Vol. 22, N3, pp. 25-27.
6. Vasilyev A.V.. New methods and approaches to acoustic monitoring and noise mapping of urban territories and experience of it approbation in conditions of Samara region of Russia. Procedia Engineering. 2017. Volume 176. pp. 669-674.
7. Vasilyev A.V. Russian experience of transport noise estimation and mapping. Journal "Akustika", Czech Republic, Volume 32, March 2019, pp. 105-109.
8. Vasilyev A.V. Automobile internal combustion engine low frequency noise reduction using active noise control solutions. Journal "Akustika", Czech Republic, Volume 34, November 2019, pp. 113-117.

**А.Н. Журавлева, А.П. Корепанова**

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

В статье рассмотрена возможность создания системы экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленных объектов на основе использования геоинформационных технологий. Предложено использовать возможности ГИС для сбора, анализа, моделирования и отображения результатов модельных расчетов выбросов от стационарных источников, а также результаты контроля на стационарных и передвижных постах.

Ключевые слова. Геоинформационные системы, экологический мониторинг, загрязнение атмосферного воздуха, промышленные предприятия.

Для организации работы системы мониторинга на территориях и в зонах воздействия опасных промышленных объектов с использованием геоинформационных технологий необходимо использовать следующие методы и средства:

- навигатор системы глобального местопределения (GPS);
- программные продукты математического моделирования распространения химических примесей в объектах окружающей среды и воздействия шумового фактора, имеющие функции визуализации расчетных данных на электронной картографической основе: УПРЗА «Эколог», версии 4.6 с дополнительным модулем ГИС-стандарт (графического блок по работе с различными форматами ГИС),

позволяющий рассчитать максимальные значения концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха;

- региональная тематическая ГИС на основе различных программных продуктов ArcGis, ArcView GIS; MapInfo Professional; Quantum GIS; AutoCAD и др.

Система GPS (глобальная система местопределения) в мониторинге используется для определения географических координат мониторинговых точек контроля факторов окружающей среды, постов наблюдения, которые имеют единую нумерацию и привязаны к карте местности.

Программы математического моделирования распространения химических примесей в объектах окружающей среды (УПРЗА «Эколог») позволяют выполнять расчеты рассеивания выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнений, расположенных на территории предприятий в двухметровом слое атмосферного воздуха над поверхностью Земли при: определении нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух; разработке перечня мероприятий по охране окружающей среды в составе разделов проектной документации; обосновании ориентировочных размеров санитарно-защитных зон.

Результатами модельных расчетов являются поля максимальных концентраций в приземном слое воздуха по всему спектру веществ, выбрасываемых всеми источниками загрязнения на территории промышленного предприятия. Максимальные приземные концентрации рассчитываются согласно формулам Методы 2017 [1] по данным о параметрах источников выбросов загрязняющих веществ и данным о характеристиках рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В каждой расчетной точке определяется максимальная по направлениям и скоростям ветра концентрация примеси. Поскольку максимальные приземные концентрации рассчитываются с учетом неблагоприятных направлений ветра, корректная привязка и ориентация в пространстве источников выбросов являются важным условием точного расчета максимальных приземных концентраций. Без использования возможностей современных ГИС выполнение корректной привязки промышленных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух к топографической основе местности практически невозможно [2, 3].

Пример ситуационной карта-схемы с нанесенными изолиниями расчетных концентраций загрязняющих веществ от стационарных источников на примере нефтяного куста приведены на рисунке 1.

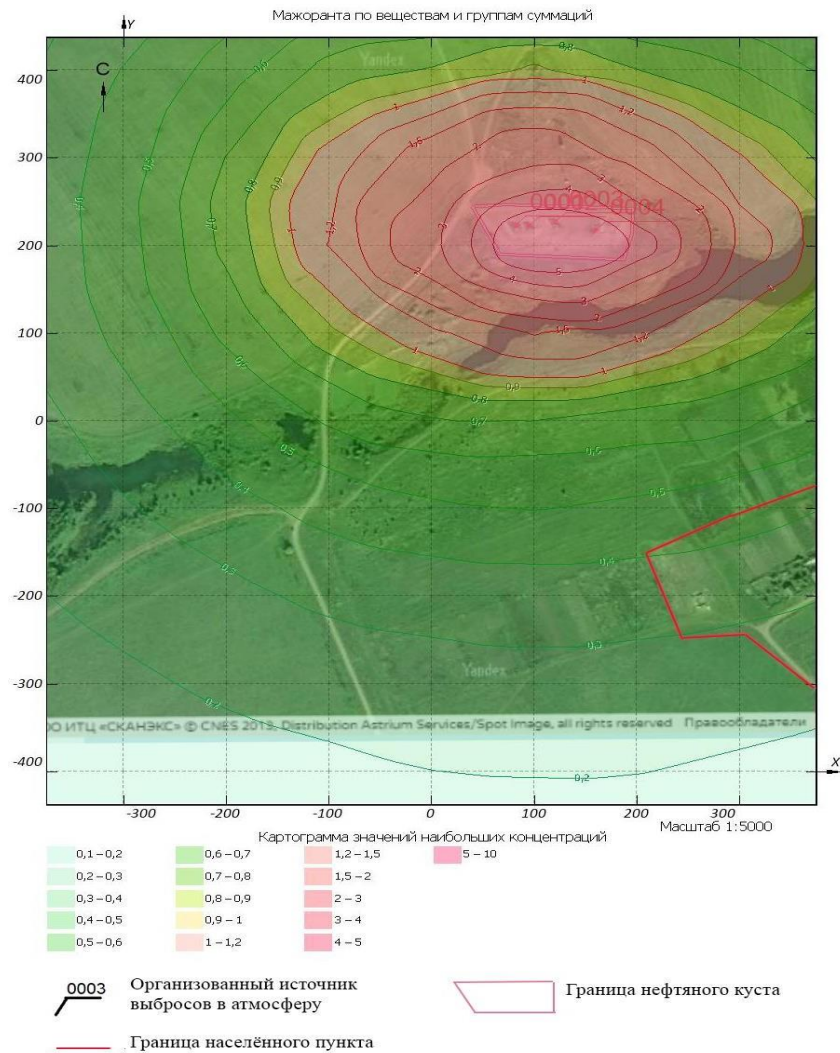


Рис. 1. Ситуационная карта-схема района размещения предприятия, с нанесенными изолиниями расчетных концентраций

В настоящее время мощными ресурсами для отображения информации об уровнях загрязнения атмосферного воздуха, в привязке к карте местности, обладают геоинформационные системы. ГИС на основе различных программных продуктов (ArcGis, ArcView GIS; MapInfo Professional; Quantum GIS; AutoCAD) используются для представления и анализа данных в точках контроля качества окружающей среды и от источников загрязнения, расположенных на территории промышленных предприятий, а также ранжирования территории по уровню концентрации загрязняющих веществ. Преимущество ГИС состоит в предоставлении возможности установления связи между типами данных и выделении пространственных взаимоотношений между объектами на карте. Пример карты территориального распределения хрома в биомассе мхов с использованием метода интерполяции IDW представлен на рисунке 2.

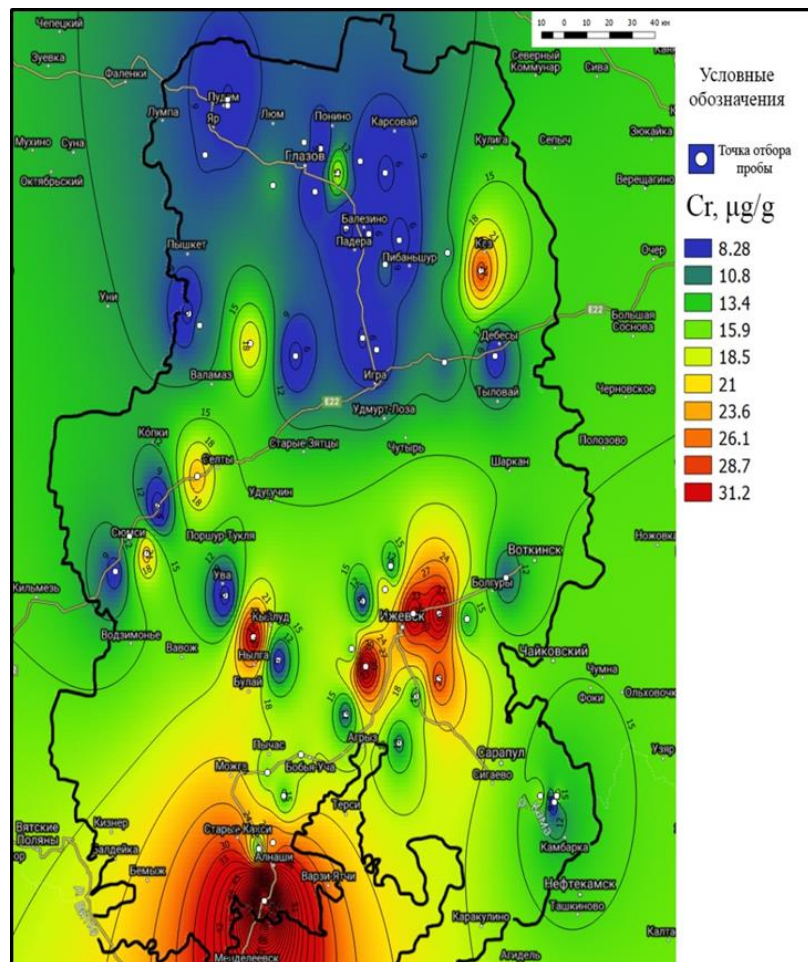


Рис. 2. Карта территориального распределения хрома в биомассе мхов, мг/г

С помощью ГИС можно моделировать влияние и распространение загрязняющих веществ от источников выбросов, а результаты модельных расчетов совмещать с цифровыми картографическими материалами.

Применение геоинформационных систем и технологий для мониторинга окружающей среды является перспективным средством управления экологической ситуацией на региональном уровне. Задачи информационного обеспечения в системе экологического мониторинга промышленных территорий могут быть решены благодаря возможностям ГИС-технологий обеспечивать поддержку и всесторонний анализ комплексной многоаспектной пространственно-распределенной информации.

#### Литература

1. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»

2. Волкодаева М.В., Лёвкин А.В., Полуэктова М.М Геоинформационные системы и их практическое применение при проведении расчетов загрязнения

атмосферного воздуха // Проблемы охраны атмосферного воздуха: Сб. тр. / НИИ «Атмосфера». СПб, 2009. С.169-178.

3. Волкодаева М.В., Лёвкин А.В. Использование результатов сводных расчетов для совершенствования систем качества мониторинга атмосферного воздуха в городах // Ученые записки РГГМУ. 2012. № 26. С. 27-31.

## **А. В. Сасим**

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки

### **ПРЕСС-МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМАТИКЕ КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ**

В статье рассматривается понятие экологического PR и пресс-мероприятия, которые могут быть использованы в формировании общественного мнения относительно экологической проблематики и промышленных предприятий.

Ключевые слова: экологический PR; общественное мнение; пресс-мероприятия; экология; информационный инструмент; брифинг; пресс-конференция; пресс-тур; телемост; парадокс общественного мнения.

Экологический PR (часто называют «зелёный» PR) занимает значительное место в позиционировании многих современных компаний. Экологический PR – это комплекс мероприятий, направленный на формирование социальной ответственности у предприятий и широкой общественности в сфере защиты флоры и фауны, окружающей среды человека.

Очень часто в настоящее время и государственные, и коммерческие предприятия подчеркивают при позиционировании организации именно работу с населением в постановке и решении экологических проблем. Многие промышленные предприятия постоянно изучают общественное мнение, касающееся деятельности вредных производств, переработки и дальнейшей утилизации отходов, а также влияние этих процессов на качество жизни обычных граждан.

Зачастую большинство активной общественности относится резко отрицательно из-за недостатка информации к строительству, в частности, заводов по переработке пластика. Например, в Московской области планируется строительство завода в Подмосковье по переработке пластика мощностью до 43 000 т готовой продукции в год. Существует договоренность по данному вопросу между мусорным оператором г. Москвы и Московской области «Эколайн» и компанией «Вторпласт» [1]. Ещё один пример, по информации сайта района Печатники, в Курьянове и в Некрасовке планируется строительство предприятия по переработке

осадка сточных вод [2]. Это всего лишь несколько примеров строительства объектов по переработке, но алгоритм формирования общественного мнения и панических настроений практически будет одинаковым и в отношении других предприятий, которые уже введены в эксплуатацию и работают, а также в отношении тех, которые только планируют построить. Этот парадокс общественного мнения относительно предприятий перерабатывающей промышленности объясняется следующим образом:

1. население не информируется должным образом о безопасной работе завода и системах очистки промышленных отходов;

2. на просторах Интернета скопилось много информации об утечках, выбросах, мини-авариях на заводах переработки, и зачастую отсутствуют комментарии специалистов в данной области, но есть комментарии псевдоспециалистов;

3. активная деятельность экологов, которые пропагандируют своё видение ситуации (экологи бывают правы в прогнозировании ситуации, но существуют случаи, когда паника и негатив создается искусственно);

4. медийные личности и общественные деятели, которые рассказывают населению о необходимости строительства предприятий по переработке мусора, не являются авторитетными в сфере экологии и не воспринимаются, соответственно, как «лидеры мнений» целевой аудиторией;

5. в значительной мере агрессивная информационная политика предприятий сырья вторичной переработки приводит к спекуляции общественным мнением и запускает различного вида экологические флешмобы.

Одним из вариантов решения сложившейся ситуации в формировании общественного мнения относительно заводов по переработке является использование пресс-мероприятий как информационных инструментов. Традиционно к пресс-мероприятиям (медиамероприятиям) принято относить варианты взаимодействия с прессой (средствами массовой информации), касающиеся передачи новостной информации с учётом сложившейся ситуации и официально определенного времени реагирования на неё.

Классификация основных пресс-мероприятий:

- брифинг;
- пресс-конференция;
- пресс-тур;
- пресс-завтрак;
- телемост;
- интервью;
- «горячая» линия и др.

Для информирования населения о безопасной работе перерабатывающих предприятий рекомендуется использовать серию

грамотно продуманных пресс-туров, когда журналисты посещают завод и могут увидеть, а, соответственно, организовать онлайн-трансляцию процесса утилизации вредных веществ, газов и других продуктов переработки. Важно, чтобы в видеоматериалах и при онлайн трансляции соблюдалась техника безопасности, как в отношении сотрудников, так и в отношении журналистов (иногда корреспонденты не желают одевать каску или защитный костюм).

Пресс-тур даёт возможность составить своё собственное мнение относительно работы очистительных сооружений завода, несмотря на то, что информацию размещает на сайте, в газете или на ином информационном ресурсе журналист. Гражданин оценивает работу завода изнутри и проверяет достоверность информации, сопоставляя с фактами о предприятии, находящимися в открытом доступе. Журналист выступает посредником в данной ситуации, поэтому желательно очень тщательно выбирать журналистов для подготовки информационных видео- и печатных материалов на экологическую тематику.

В идеальном варианте нужно приглашать на пресс-тур журналистов, пишущих по экологической тематике и понимающих производственный процесс, чтобы у граждан формировалось мнение об источнике и трансляторе информации как достоверном и авторитетном в данных вопросах.

В экологическом PR промышленных предприятий необходимо использовать различные пресс-мероприятия в зависимости от ситуации, привлекать профессиональных журналистов, изучать общественное мнение и всё это рекомендуется делать на постоянной основе. Следует помнить, что социальная ответственность в сфере экологии предприятий перерабатывающей промышленности становится флагом в современном социально-этическом маркетинге.

#### Литература

1. В Подмосковье построят крупнейший в России завод по переработке пластика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/07/09/2021/61361ebc9a7947335d832f15> (дата обращения: 20.10.2021).

2. В Москве построят два завода для сушки ила из очистительных сооружений. Москвичи боятся новых МСЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://federalcity.ru/index.php?newsid=10252> (дата обращения: 21.10.2021).

3. Каминская Т.Л. Коммуникативные тренды российского экологического PR // Мир русского слова. 2019. № 2. С. 32-36.



**А.В. Семакина**

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

**ИНТЕРАКТИВНАЯ ПЛАТФОРМА «МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ Г.ИЖЕВСКА, КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ МОНИТОРИНГОВОЙ СЕТИ»**

Многолетние наблюдения кафедры экологии и природопользования Удмуртского государственного университета за состоянием окружающей среды г. Ижевска легли в основу картографического и текстового содержания Медико-экологической платформы г. Ижевска. Она содержит комплексный, представленный в формате картографических материалов, анализ уровня химического и физического загрязнения территории города, влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Медико-экологическая платформа адресуется практическим работникам в области управления природопользованием, экологического проектирования и экспертизы, практической природоохранной деятельности на уровне предприятий, организаций и муниципальных образований, планирования развития городской системы.

Ключевые слова: интерактивная платформа, медико-экологические условия, состояние природных сред, заболеваемость населения, комфортность окружающей природной среды.

**Введение.** Длительное развитие города на основе устаревших планировочных решений, в Ижевске промышленные зоны часто пересекаются с жилыми, на фоне чего образовались острые экологические проблемы, неудовлетворительное состояние окружающей среды. В связи с этим, необходима разработка комплексной системы анализа и обработки данных, обеспечивающей решение задач по оценке антропогенной нагрузки на состояние окружающей среды, химической нагрузки на состояние здоровья населения. Для реализации этих задач требуется создание интерактивной медико-экологической платформы, содержащего информацию об источниках загрязнения окружающей среды, о приоритетных загрязнителях атмосферного воздуха, вносящих наибольший вклад источниках загрязнения и влиянии их на здоровье населения. Многолетние наблюдения кафедры экологии и природопользования Удмуртского государственного университета за состоянием окружающей среды г. Ижевска, комплексный анализ уровня химического и физического загрязнения территории города [1,2], представленный в формате картографических материалов, легли в основу картографического и текстового содержания Медико-экологического атласа г. Ижевска (<https://sites.google.com/view/ecologicheskii-atlas-izhevskii>) [3]. Для эффективного прогнозирования, оперативного принятия эколого-градостроительных, архитектурно-пространственных и хозяйственных решений, анализа тенденций изменения экологической ситуации в городе,



а также для обеспечения связи планировочных решений с территориальными и ресурсными возможностями, может стать одним из наиболее эффективных способов просвещения населения в связи с общедоступностью и наглядностью необходимо формирование интерактивной платформы, отражающей медико-экологические условия на территории г. Ижевска.

Цель исследования: Создание и внедрения интерактивной платформы «Медико-экологические условия г. Ижевска», как результата взаимодействия высшей научной школы, государственных структур и представителей общественности, с применением методов количественного анализа, математического моделирования, ГИС-технологий, веб-разработки и анализа. Данное исследование выполняется при поддержке гранта ФГБОУ ВО «УдГУ» «Научный потенциал-2021» (номер заявки 2021-05-01). Создание такого продукта будет способствовать повышению экологической информированности и цифровой зрелости населения и административно-управленческого аппарата.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Размещение рабочего варианта интерактивной платформы с картографическим материалом о состоянии окружающей природной среды, влиянии на здоровье населения и уровне заболеваемости на территории г. Ижевска на платформе github.

2. Насыщение информационного пространства интерактивной платформы пояснительными графическими, текстовыми и видеоматериалами.

3. Создание автоматического ресурса для двухсторонней связи по вопросам состояния окружающей природной среды.

Медико-экологическая платформа адресуется практическим работникам в области управления природопользованием, экологического проектирования и экспертизы, практической природоохранной деятельности на уровне предприятий, организаций и муниципальных образований. Потенциальными партнерами в продвижении платформы рассматриваются: Администрация г. Ижевска, Министерство природных ресурсов, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, коммерческие организации (покупатели конечного готового продукта)

**Методика проведения исследования:** Все варианты карт создавались на одной картографической основе, включенной в географическую информационную систему QGIS Desktop версии 3.18.2. С помощью модуля qgis2web этой программы данные выгружались в формат HTML, что позволило разместить их в общем доступе в сети Internet. Интерактивная платформа является совокупностью HTML страниц. Значительная часть страниц содержат только картографические

материалы, но некоторые страницы могут содержать пояснительный текст, информацию в табличном виде, пояснительные изображения, такие как картинки, графики и диаграммы.

Карты состояния окружающей природной среды, уровня заболеваемости и экологического риска, характеризующие разные временные периоды были приведены к единой картографической основе и единому оформлению при помощи многофункционального графического редактора Adobe Photoshop версии 2020 года (21.0.3.91). Оформление карт выполнено в единой цветовой гамме для удобства восприятия и понимания информации.

В структуре атласа, были выделены следующие тематические подразделы (сокращения визуализируемых заголовков обусловлены оптимизацией процесса восприятия экранного пространства):

1) состояние атмосферного воздуха (в описании сокращенное до «атмосферный воздух»);

2) состояние водной среды (в описании сокращенное до «водная среда»);

3) состояние депонирующих сред (в описании сокращенное до «депонирующие среды»);

4) заболеваемость детского населения (в описании сокращенное до «детская заболеваемость»);

5) состояние растительного покрова (в описании сокращенное до «растительный покров»);

6) экологический риск здоровью детского населения (в описании сокращенное до «риск детскому здоровью»);

7) экологическая обстановка в городе Ижевске.

В рамках рабочей версии интерактивной платформы «Медико-экологические условия г. Ижевска», для размещения полученных HTML-документов был выбран веб-сервис Гитхаб (Github). Такой выбор обусловлен возможностью бесплатного создания проектов, размещения в них различных медиафайлов, наличием доступа к совместному редактированию. В дальнейшем планируется разместить интерактивную платформу на сервере ФГБОУ ВО «УдГУ» [udsu.ru](http://udsu.ru)

**Результаты и их обсуждение:** На данный момент интерактивная платформа «Медико-экологические условия г. Ижевска» <https://marikirn.github.io/izh-ecomед-atlas/index.html> создана. Необходимо отметить, что данный ресурс не статичен и предполагает насыщение информационного пространства платформы новым картографическим, графическим, текстовым и видео материалом.

Функционирующая в режиме двухсторонней связи интерактивная платформа «Медико-экологические условия г. Ижевска» способствует формированию цифровой зрелости экоинформационного пространства г. Ижевска. Материалы интерактивной платформы создают возможности

прогнозирования и предотвращения реализации медико-экологических рисков. Расширение экоинформационного пространства сузит возможности применения околоэкологического («зеленого») пиара при конфликтных ситуациях в природопользовании.

Опираясь на картографический материал интерактивной платформы, можно отметить, что сравнивая микрорайоны г. Ижевска по уровню экологического благополучия (рассчитанном с применением упрощенной методики интегральной оценки комфортности среды, основанная на выявлении связи между уровнем заболеваемости детского населения и отдельными показателями состояния окружающей среды), следует отметить, что 62 % из выделенных территориальных единиц характеризуются удовлетворительной медико-экологической ситуацией. На долю микрорайонов с напряженной медико-экологической ситуацией приходится 20 % территории города. Комфортная медико-экологическая ситуация отмечается на данный момент в 18% микрорайонах. Учитывая результаты, полученные в ходе исследования, представленные в картографическом виде на платформе «Медико-экологические условия г. Ижевска» и доступные широкому кругу пользователей, появляется возможность сформировать рекомендации по адаптации сети мониторинга состояния окружающей среды с целью размещения мониторинговых точек в наиболее репрезентативных точках (территории характеризующихся наибольшей степенью напряженности экологической ситуации).

#### Литература

1. Гагарин С.А., Малькова И.Л., Семакина А.В. - Оценка уровня медико-экологического благополучия территории г. Ижевска // ж. «Вестник Удмуртского Университета» серия «Науки о Земле», 2019.
2. Малькова И.Л., Семакина А.В. – Социально-гигиенический мониторинг состояния атмосферного воздуха г. Ижевска, 2018, стр. 47, 85-94.
3. Медико-экологический атлас г. Ижевска: атлас / Под ред. Семакиной А.В. – Ижевск, Издательский центр «Удмуртский университет», 2020г.-72с.

**А.Х. Хакимова, В.В. Кудря, И.А. Каракотина**

«ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского  
Минздрава России»

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАК ИНСТРУМЕНТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ**

Социально-гигиенический и экологический мониторинг представляют собой единую государственную систему наблюдения за состоянием здоровья населения и среды обитания, их анализа, оценки и прогноза, а так же определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием антропогенных факторов среды обитания. Таким образом, социально – гигиенический и экологический мониторинг служат основой для принятия управленческих решений в социально-экономической сфере. В соответствии с Указом Президента России от 20.04.1993г. № 468(с изменениями и дополнениями от 7 ноября 1997 года) разработана и внедрена система наблюдения и контроля (мониторинга) здоровья населения РФ.

Ключевые слова: информационная система, цифровая картография, экологический мониторинг, социально-гигиенический мониторинг.

Основными задачами экологического и социально-гигиенического мониторинга являются:

1. Изучение и прогнозирование состояния среды обитания и здоровья населения, гигиеническая диагностика влияния среды обитания на здоровье населения;

2. Выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием антропогенных факторов среды обитания на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;

3. Подготовка предложений для принятия федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъекта РФ и органами местного самоуправления необходимых мер по устранению, выявленных вредных воздействий факторов среды обитания человека;

4. Формирование федерального и регионального информационных фондов, информационных ресурсов в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

Функциями экологического и социально-гигиенического мониторинга являются:

1. Выявление и систематизация источников загрязнения среды обитания (объектов, процессов, химических веществ и т.д.) определяющих их вредное воздействие на здоровье населения, природные комплексы, инфраструктуру населенных мест.

2. Установление и контроль предельно допустимых нормативов вредного воздействия, обеспечивающих безопасные и благоприятные условия среды обитания.

3. Разработка, планирование и организация практической реализации мер по предупреждению, сокращению и ликвидации последствий вредного воздействия факторов среды обитания.

В настоящее время развитие и повышение эффективности систем экологического и социально-гигиенического мониторинга во многом зависит от применяемых информационных технологий. Для решения комплекса задач на современном этапе наиболее приемлемы географические информационные системы (ГИС), которые позволяют осуществлять не только сбор и хранение исходных данных, географическую привязку объектов, но и проводить анализ ситуации, отображать полученный результат на картографической основе в виде тематических карт, характеризующих санитарно-гигиеническое состояние территорий. ГИС Arc View используется для гигиенической диагностики влияния факторов среды обитания на состояние здоровья населения. Это позволяет с помощью ГИС Arc View получать визуальный анализ данных мониторинга, который ранее был невозможен при табличном представлении данных.

Основными преимуществами ГИС Arc View являются создание данных посредством инструментов редактирования шейп-файлов и персональных баз геологических данных, а также возможность управлять посредством инструментов импорта объектов и легенд.

Целью данной работы является оценка эффективности применения информационных технологий и реализации целенаправленных мероприятий по охране здоровья населения. Улучшение ситуации по состоянию здоровья населения Саратовской области возможно только при совокупной работе всех взаимосвязанных инструментов экологического и социально-гигиенического управления здоровьем населения, а именно:

- сбора информации;
- формирования Регионального информационного фонда данных;
- анализа ситуации;
- ранжирования территории по отдельным показателям химического загрязнения окружающей среды с учетом направленности их действия на организм человека;
- формирования списков приоритетных химических загрязнителей атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы;
- определения территорий, превышающих среднеобластные показатели по заболеваемости;
- слежения за изменением показателей в динамике.

И как результат:

- информирования органов исполнительной власти и контроля, населения, министерств и ведомств;
- принятия управленческих решений, направленных на улучшение ситуации по окружающей среде;
- реализации медико-профилактических мероприятий и пропаганды здорового образа жизни.

Для обмена данными территорий с Управлением осуществляется иерархическая система сбора, обработки и анализа данных в регионе. Региональная база данных формируется из сведений, поставляемых в электронном виде территориями. Территориальные базы данных в свою очередь могут получать консолидированную информацию с верхнего уровня.

В 2021 стартовал федеральный проект «Чистая вода» Национального проекта «Жилье и городская среда», которая является мощной аналитической системой, предоставляющей возможности в области проведения интерактивного анализа данных, включая новейшие методы, а также создание эффективных решений в различных областях человеческой деятельности, в том числе и в медицине.

Объектами исследования в системе социально-гигиенического мониторинга являются: состояние здоровья населения и факторы среды обитания:

- медико-демографические показатели;
- здоровье населения;
- токсикологический мониторинг;
- атмосферный воздух;
- вода питьевая систем централизованного питьевого водоснабжения;
- санитарно-эпидемиологическая безопасность почвы населенных мест;
- показатели радиационной безопасности объектов окружающей среды и среды обитания людей;
- водный реестр.

В рамках действующего Постановления Правительства Саратовской области № 258 П от 18.06.2008 г. «Об участии в проведении социально-гигиенического мониторинга Саратовской области» продолжается оперативный обмен информацией между Управлением Роспотребнадзора по Саратовской области, министерствами, ведомствами области, изучение проблемных вопросов и принятие управленческих решений.

Указанные направления являются приоритетными и проводятся на постоянной основе, в режиме оптимизации проведения мероприятий и внедрения новых форм и методов работы.

В заключение, следует отметить, что на территории Саратовской области сложилась тесная взаимосвязь и достигнуто активное взаимодействие по вопросам организации оперативного обмена

информацией между всеми министерствами, ведомствами и федеральными органами исполнительной власти в системе мониторинговых наблюдений санитарно – эпидемиологического благополучия населения области.

#### Литература

1. Химическое загрязнение поверхностных водоемов агропромышленных районов Саратовской области и здоровье населения/Мусаев Ш.Ж [и др.]. Саратов, 2017.96 с
2. Геоинформационная система ГИС «Панорама». Руководство пользователя..-Панорама. -Ногинск, 1991 -2013. -161 с.
3. Ванеева М.В. Геоинформационные системы в экономике/М.В. Ванеева//Использование информационных технологий в образовательной деятельности и управлении социально-экономическими процессами в потребительской кооперации (Информатика-2001): Научно-практическая конференция. -Новосибирск: СУПК, 2001. - С. 51-55.
4. О неотложных мерах по обеспечению здоровья населения Российской Федерации: указ Президента РФ от от 07.11.97 г. N 1175
5. Об участии в проведении социально-гигиенического мониторинга Саратовской области : постановление Правительства Саратовской области № 258 П от 18.06.2008 г.

**Е.В. Худякова, М.Н. Степанцевич, И.В. Сластя**

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ВРЕДНЫХ ОТХОДОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ И ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Система организации экологического в сельском хозяйстве является частью общегосударственных систем экологического мониторинга. Основной целью агроэкологического мониторинга является получение оперативной информации, в том числе больших данных, по тому набору показателей, который характеризует выброс вредных веществ в окружающую среду. Он также включает всевозможные алгоритмы оценки получаемой информации. Обработка информации ведется по алгоритмам, применяемым при обработке больших данных. Целью данной обработки является не только информирование общественности о состоянии окружающей среды, но и прогноз возможного изменения состояния агроценоза. А окончательной целью агроэкологического мониторинга является выработка решений по управлению сложившейся негативной ситуацией.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, защита окружающей среды, агроэкологический мониторинг, информационная система, бизнес-процессы в сельском хозяйстве.

Сельское хозяйство является той отраслью, где биологические объекты, являющаяся как средствами, так и предметами труда, являются также источниками загрязнения окружающей среды. Агроэкологический мониторинг – это система включающая, во-первых, мониторинг земель. При мониторинге земель оценивается состояние почвы, растительности, приземного слоя атмосферы. В качестве исследуемых объектов установлены земли сельхозназначения, леса, земли промышленных предприятий, а также реки и водоемы.

В эпоху цифровизации экономики биологический мониторинг может и должен осуществляться с помощью информационных систем. При проектировании структуры таких информационных систем учитывается производственное направление предприятия, система земледелия и севооборота, используемая на предприятии, способы обработки почвы.

При разработке такой системы первоначально нужно сформировать систему контролируемых показателей. Обычно эти показатели объединяют в три группы [2]: показатели ранней диагностики развития явлений; показатели, отражающие устойчивые изменения, происходящие в атмосфере под действием вредных веществ; показатели устойчивых изменений окружающей среды.

При проектировании информационной системы агроэкологического мониторинга первоначально необходимо определить последовательность бизнес-процессов в исследуемой подотрасли сельскохозяйственного предприятия по каждому виду производимой продукции. На каждом этапе необходимо выделить и определить те вредные вещества, которые выбрасываются в атмосферу, почву или воду. Важным моментом является учет того, что сельскохозяйственное предприятие представляет собой систему, все элементы которой находятся в тесной взаимосвязи и взаимодействии. Изменение одного из элементов системы сказывается на экологическом состоянии всей системы.

Для проектирования информационной системы агроэкологического мониторинга первоначально нами представлена схема бизнес-процессов в их логической взаимоувязке при производстве различных сельскохозяйственных культур и выращивании сельскохозяйственных животных [1, 3]. Здесь приведем схемы бизнес-процессов и сопровождающие их выбросы вредных веществ в окружающую среду по при производстве зерновых культур (Рисунок 1).

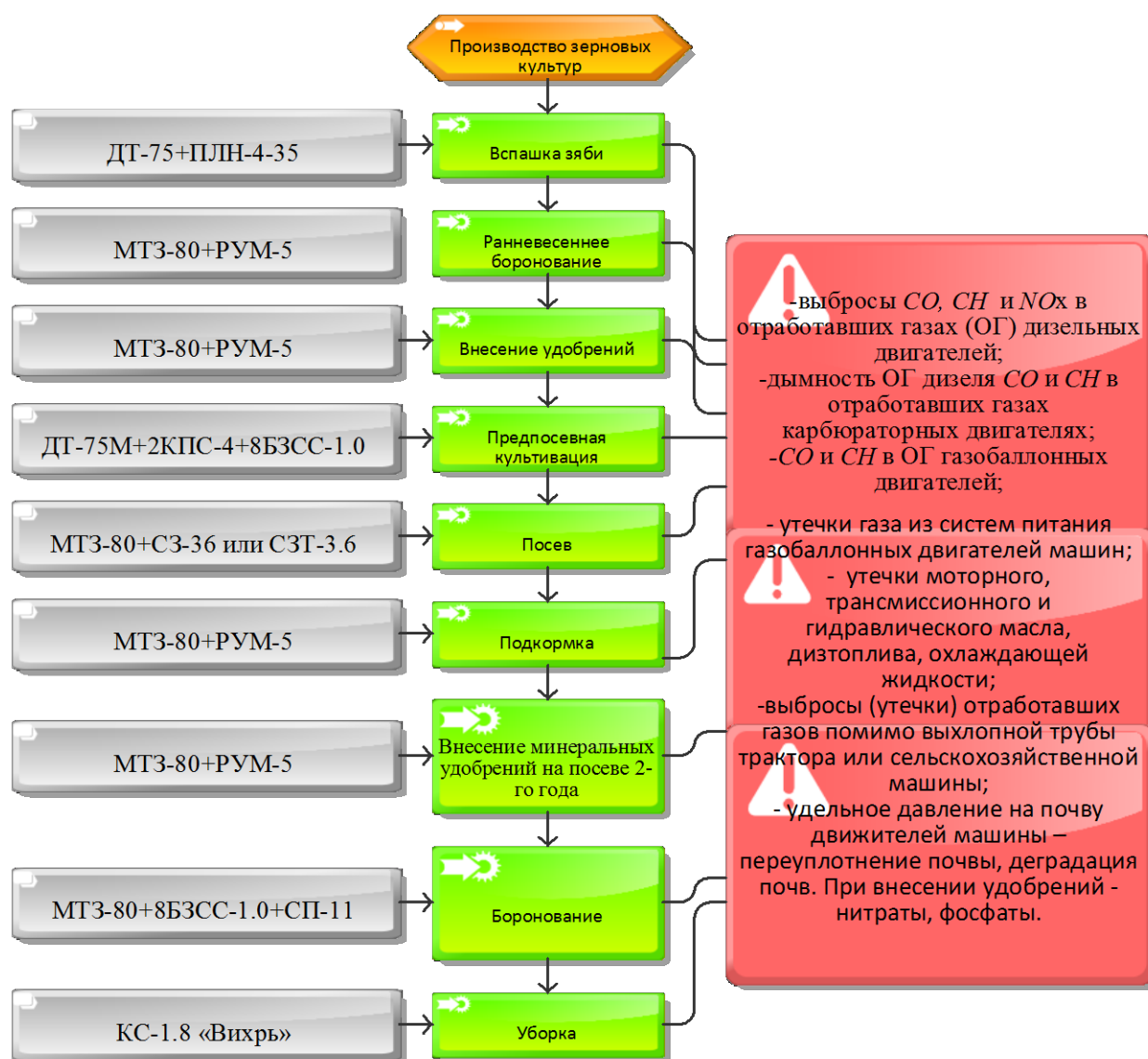
По оценкам специалистов доля выбросов вредных веществ отработанных газов растет в связи со снижением качества топлива и масел, частого отсутствия соответствующих приборов учета.

При обработке пестицидами (гербициды, фунгициды, инсектициды, дефолианты) при несоблюдении технологии отравляющие вещества попадают в почву и воды. При эксплуатации машинно-тракторного парка происходит загрязнение водоемов отходами топливно-смазочных



материалов. Переуплотнение почв, особенно при использовании интенсивных технологий также является важным фактором антропогенного воздействия на природную среду, так как приводит из-за возможной при этом водной и ветровой эрозии к деградации почв и ландшафтов.

Проблема переуплотнения почв в последние десятилетия выдвинулась на одно из первых мест в ряду антропогенных воздействий на природную среду. Переуплотнение ведет к усилению основного антропогенного фактора деградации почв и ландшафтов – водной и ветровой эрозии.



При внесении минеральных удобрений в атмосферу (почву, подземные и поверхностные воды) попадает аммиак ( $NH_3$ ), оксида диазот ( $N_2O$ ) и нитратов ( $NO_3^-$ ). Около половины вносимых азотных

удобрений попадают в пищу и корма, а оставшаяся часть переходит либо в атмосферу в виде аммиака ( $\text{NH}_3$ ), оксида азота ( $\text{NO}$ ), оксида диазота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) или азота ( $\text{N}_2$ ), либо в воду как нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ). Оксид азота и диоксид азота могут способствовать нарушению озонового слоя.

При производстве молока (молочно-товарные фермы) выбросы вредных веществ в атмосферу происходят при таких производственных процессах, как: поддержание микроклимата животноводческих помещений, Кормление и поение скота, Удаление и транспортировка навоза, Содержание коров.

При поддержании микроклимата животноводческих помещений используются для отопления помещения Электрокалориферные установки, воздушно-отопительные агрегаты, газовые теплогенераторы; газовые воздухонагреватели, которые при работе выбрасывают в окружающую среду в основном такие вещества, как оксид азота  $\text{NO}$ , и оксид углерода  $\text{CO}_2$ .

Непосредственно само содержание скота различных половозрастных групп приводит к попаданию в окружающую среду таких продуктов жизнедеятельности скота в результате ферментативного расщепления аминокислот и деструкции остатков не переваренного корма, как Микроорганизмы, аммиак, сероводород, фенол, альдегид пропионовый, капроновая кислота, метилмеркаптан, диметилсульфид, диметиламин, пыль меховая (шерстяная).

При доении скота для промывки молокопроводов и другого оборудования используются кислотные моющие средства, поэтому в окружающую среду попадают фосфорная и азотная кислоты, входящие в состав моющих средств.

Итак, агроэкологический мониторинг является важной составляющей экологического мониторинга страны. В настоящее время наиболее эффективным способом его проведения является применение информационных технологий в реализации данной задачи.

## Литература

1. Агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения: ретроспектива и современность [Текст] : монография / [П. А. Чекмарев и др.] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Мордовский гос. ун-т им. Н. П. Огарёва". - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2015. - 359, [1] с. : граф., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-7103-3141-5.

2. Худякова, Е.В., Степанцевич, М.Н., Горбачев, М.И. и др. Моделирование бизнес-процессов на предприятиях АПК. Учебник. – СПб.: Лань, 2020. – 172 с.

3. Черников, В.А. Агроэкология. Биоразнообразие и устойчивое развитие : Модуль 13. Интерактивная форма. - Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2002 (ОНТИ Пушкин. науч. центра РАН). - 50 с.; ISBN 5-201-14514-0.

**Г.Р. Шадрина, А.И. Купцов, Ф.М. Гимранов**

ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ АВАРИЙНОЙ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ЕМКОСТИ**

Модели, построенные на основе искусственных нейронных сетей, могут быть использованы для предсказания нескольких независимых параметров в задачах прогнозирования аварийной разгерметизации емкости: длина зоны по ветру, длины зоны против ветра, максимальная полуширина зоны, а также расстояние, на котором достигается максимальная ширина зоны. Созданная нейросетевая модель на основе процессов распространения газа прогнозирует расчетные данные, полученные с помощью программного комплекса ТОХИ.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, выброс газа, ПДК.

Для создания искусственной нейросетевой модели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Первоначальный расчет зон концентраций и токсодоз на программном комплексе ТОХИ [1];
- 2) Специальная подготовка полученных данных для обучения с помощью искусственных нейронных сетей;
- 3) Обучение искусственной нейросетевой модели, которая высокой точностью воспроизведет результаты расчетов зон концентраций и токсодоз, полученных на программном комплексе ТОХИ.

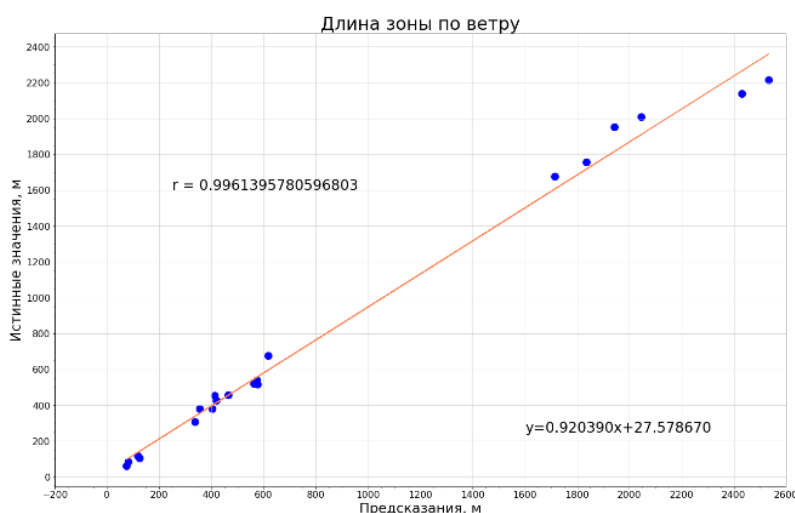


Рис. 1. Диаграмма распределения результатов моделирования для показателя длины зоны по ветру. Коэффициент детерминации равен 0.98

Авторами, ранее в работах [2-5] подробно рассмотрены различные способы построения и процессы обучения искусственных нейросетевых

моделей, а также выбор тех или иных параметров нейронной сети в процессах обучения.

По полученным данным из расчетов на программном комплексе ТОХІ выбран целевой параметр – токсодоза. В ТОХІ также получены различные характеристики: длина зоны по ветру; длина зоны против ветра; максимальная полуширина зоны; расстояние, на котором достигается максимальная полуширина зоны.

На диаграммах ниже подробно представлены результаты прогнозирования для каждого из параметров – зависимость предсказанных данных от реальных значений.

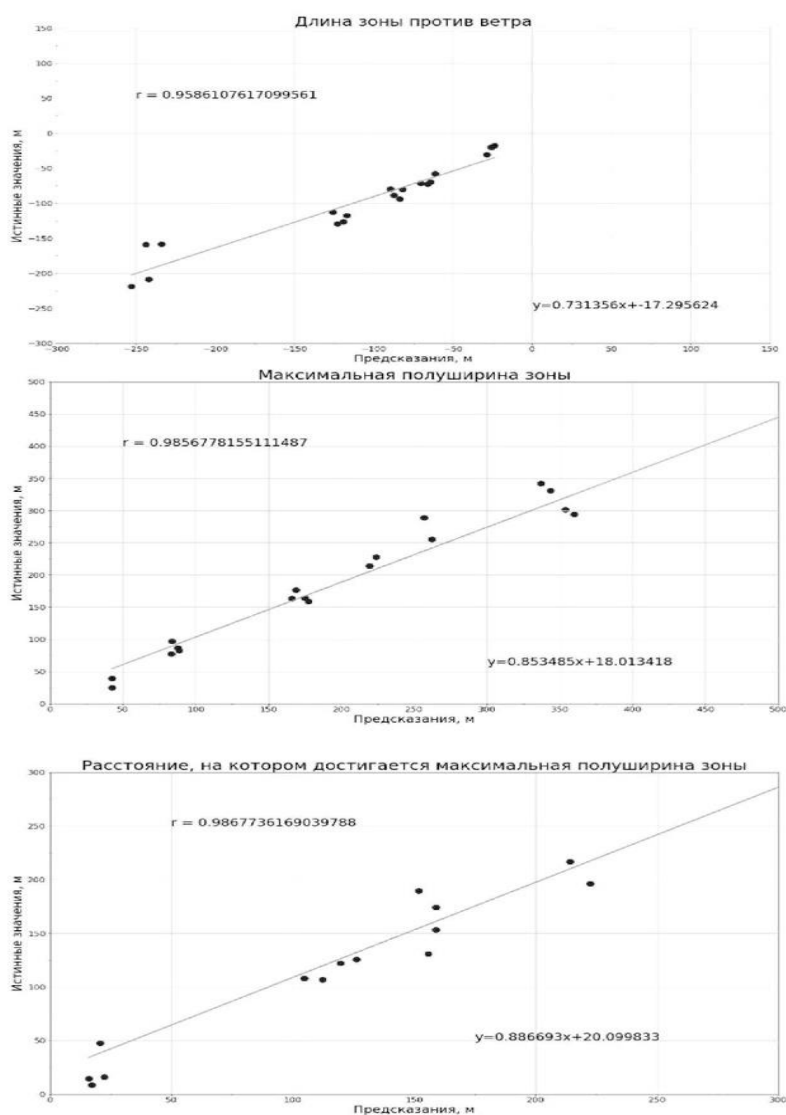


Рис. 2. Диаграмма распределения результатов моделирования для показателя длины зоны против ветра. Коэффициент детерминации равен 0.85; Диаграмма распределения результатов моделирования для показателя максимальной полуширины зоны. Коэффициент детерминации равен 0.94; Диаграмма распределения результатов моделирования для показателя расстояния, на котором достигается максимальная полуширина зоны. Коэффициент детерминации равен 0.96

Модели, построенные на основе искусственных нейронных сетей, показывают хорошую точность.

По результатам данной работы можно сделать следующие выводы:

1) Модели, построенные на основе искусственных нейронных сетей, могут быть предложены для прогнозирования большого количества параметров в задачах экологии и промышленной безопасности. В данном конкретном случае: длина зоны по ветру, длины зоны против ветра, максимальная полуширина зоны, а также расстояние, на котором достигается максимальная ширина зоны;

2) Построенная искусственная нейросетевая модель позволяет спрогнозировать расчетные данные границ зоны рассеивания опасных концентраций газа чуть менее точно, чем ТОХИ, но за короткий промежуток времени, что очень актуально при аварийной ситуации.

3) Наиболее точные результаты получены для показателя длины зоны по ветру.

Для получения более точных прогнозов необходимо увеличивать объем обучающей выборки.

#### Литература

1. URL: <https://toxi.ru/> Дата обращения – 03.02.2021
2. Кузнецова А.С., Купцов А.И., Гимранов Ф.М. Использование нейросетевой модели для прогнозирования в режиме реального времени последствий выброса опасного газа из технологического оборудования / А.С. Кузнецова и [др.] // Вестник технологического университета. 2019. №.7. – С. 114-120.
3. Кузнецова А.С., Купцов А.И., Гимранов Ф.М. Использование нейросетевой модели для прогнозирования последствий аварийного истечения газа в режиме реального времени / А.С. Кузнецова и [др.] // Вестник технологического университета. 2019. №.10. – С. 123-126.
4. Миндубаева Г.Р., Купцов А.И., Гимранов Ф.М. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования последствий выброса газа на примере экспериментов «Prairie Grass». Часть 1. / Г.Р. Миндубаева и [др.] // Вестник технологического университета. 2020. №.11. – С. 96-100.
5. Миндубаева Г.Р., Купцов А.И., Гимранов Ф.М. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования последствий выброса газа на примере экспериментов «Prairie Grass». Часть 2. / Г.Р. Миндубаева и [др.] // Вестник технологического университета. 2020. №.11. – С. 106-109.

# **Современные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценка их воздействия на экосистемы и здоровье человека**

**А.А. Анциферова <sup>1</sup>, М.Ю. Копаева <sup>1</sup>, П.К. Кашкаров <sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт», Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

## **ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ И КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ПРИМЕРЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА**

Активное использование наночастиц серебра в различных отраслях промышленности приводит к их внедрению в био- и экосферы. Это повышает необходимость понимания процессов, происходящих между соединениями серебра и живой клеткой. В данной работе исследовали влияние наночастиц серебра размером 34 нм, стабилизированных поливинилпирролидоном, на поведенческие и когнитивные функции лабораторных мышей линии C57Bl/6. Наночастицы вводили перорально с питьевой водой в течение 30, 60, 120 и 180 суток. По окончании введения животных тестировали в открытом поле, приподнятом крестообразном лабиринте, темно-светлой камере и модели условно-рефлекторного замирания. В результате оказалось, что поведенческие и когнитивные функции животных при постоянном введении наночастиц серебра проходили через три этапа: нарастание тревожности, включение адаптационного механизма и нарушение долговременной контекстуальной памяти. Поэтому длительное экспонирование наночастицами серебра может быть небезопасно для млекопитающих.

Ключевые слова: наночастицы серебра, наночастица, поведенческие функции, когнитивные функции, млекопитающие, открытое поле, приподнятый крестообразный лабиринт, темно-светлая камера, модель условно-рефлекторного замирания

Серебро известно с древних времен благодаря своим выраженным антибактериальным, противовирусным и фунгицидным свойствам [1]. Его применяли в медицинских целях еще в Древнем Египте и Месопотамии. В древнеиндийской (аюрведической и религиозной литературе) упоминается об обеззараживании воды путем помещения в нее раскаленного серебра [2]. Начиная с XIX в. серебро начали применять в виде коллоидных растворов (аргирол, протаргол) и солей (ляпис) [3]. С 2000-х гг. в связи с развитием нанотехнологий стали широко использоваться наночастицы серебра в пищевой, косметической, легкой промышленности, медицине и фармацевтике.

Активный оборот серебра в различных формах привел к внедрению этого слабобиофильного элемента в био- и экосферы, повысил необходимость понимания процессов, происходящих между соединениями

серебра и живой клеткой. Серебро и, в частности, его наночастицы способны оказывать токсическое действие не только на патогенные организмы, но и на здоровые клетки, приводя к нарушению метаболизма, генетическим изменениям и апоптозу [4].

Наночастицы серебра, стабилизированные гидрофильной оболочкой, могут быть весьма устойчивы при рециркуляции в окружающей среде. Использование наночастиц серебра в качестве удобрений приводит к их попаданию в трофические цепи и загрязнению окружающей среды. Также для экологической обстановки представляет опасность рециркуляция наночастиц серебра и других его соединений в сточных водах после их использования в составе зубных паст, стиральных порошков, антибактериальных мыл, неконтролируемой утилизации серебрясодержащих отходов.

В данной работе была проведена оценка влияния длительного перорального введения наночастиц серебра на когнитивные и поведенческие функции лабораторных мышей.

В качестве наночастиц использовалась коммерчески доступная биологически-активная добавка Арговит-С со стабилизирующей оболочкой из поливинилпирролидона (ООО НПЦ «Вектор-Вита», Россия). Наночастицы характеризовали методами динамического рассеяния света и просвечивающей электронной микроскопии. В качестве модели млекопитающих использовали мышей-самцов линии С57В1/6, начиная с возраста 2 месяца (Филиал Столбовая ФГБУН Нцбмт ФМБА России).

В эксперименте моделировали длительный ежедневный прием наночастиц серебра. Животные были разделены на четыре группы по срокам приема наночастиц: 30, 60, 120 и 180 суток. Каждая из этих групп была разделена на 2 подгруппы – экспериментальную и контрольную. Экспериментальные животные получали по 50 мкг наночастиц серебра в сутки в течение указанных периодов. Контрольные животные получали очищенную воду (Milli Ro, США) в режиме неограниченного доступа. Все животные содержались в индивидуальных клетках во время эксперимента в помещении при 12/12 часовом цикле день/ночь, с контролируемой температурой и влажностью воздуха. По окончании каждого этапа введения наночастиц животных тестировали в открытом поле, приподнятом крестообразном лабиринте, темно-светлой камере, модели условно-рефлекторного замирания с интервалом в 1 сутки.

Размер наночастиц составил  $34 \pm 2$  нм.

Все животные нормально развивались и набирали вес в течение всего эксперимента. Удельный вес органов животных экспериментальных групп не отличался от контрольных, за исключением веса легких в группах '30 суток' и '180 суток': удельный вес легких животных, получавших наночастицы серебра был статистически ниже удельного веса легких контрольных животных.

Анализируя данные, полученные из поведенческих тестов, можно заключить, что начиная с 30 суток до 120 суток у экспериментальных животных нарастала тревожность, заключающаяся в уменьшении числа перемещений из отсека в отсек и числа выглядываний из темного отсека в темно-светлой камере, а также увеличении времени, проведенного в переходной и пристеночной зонах открытого поля. Также для 60 и 120 суток наблюдалось уменьшение пройденного пути в переходной зоне экспериментальными животными. Вместе с тем, для 120 суток повышалось исследовательское поведение в экспериментальной подгруппе, выражающееся в увеличении количества стоек. Статистически значимых поведенческих изменений для группы 180 суток не наблюдалось. Однако животные, получавшие наночастицы серебра в течение 180 суток демонстрировали снижение долговременной контекстуальной памяти.

В заключении можно отметить, что длительное введение наночастиц серебра размером 34 нм, стабилизированных поливинилпирролидоном, приводит к поведенческим и когнитивным изменениям, проходящим через три этапа: нарастание тревожности, включение адаптационных механизмов и нарушение долговременной памяти [5,6]. Такие нарушения могут быть связаны с накоплением серебра в головном мозге и его отделах у экспонированных животных [6]. Поэтому активное использование наночастиц серебра и их неконтролируемая утилизация могут нести определенную угрозу для психического здоровья млекопитающих.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Москвы (грант № 21-315-70016).

#### Литература

1. Анциферова А.А. Наночастицы в биосфере / Анциферова А.А.// Синтез, строение и свойства металл/полупроводник содержащих наноструктурированных композитов: учебн. пособие / Анциферова А.А., Кашкаров П.К., Ковальчук М.В. М., Техносфера, 2016. – 624 с. 100 экз. ISBN 978-5-94836-464-3.
2. Just J., Germicidal properties of silver in water. Journal / Just J., Szniolis A. // American Water Works Association . 1936. V. 28. N. 4. P. 492-506.
3. Щербаков А.Б. Препараты серебра: вчера, сегодня, завтра / Щербаков А.Б., Корчак Г.И., Сурмашева Е.В., Скороход И.М., Михиенкова А.И. // Фармацевтический журнал. 2006. N 5. С. 45-57.
4. Ghooshchian M. Apoptosis-mediated neurotoxicity and altered gene expression induced by silver nanoparticles / Ghooshchian M, Khodarahmi P, Tafvizi F. // Toxicol Ind Health. 2017. V. 33. N. 10. P. 757-764.
5. Antsiferova A. Effects of Prolonged Silver Nanoparticle Exposure on the Contextual Cognition and Behavior of Mammals / Antsiferova A., Kopaeva M., Kashkarov P. // Materials. 2018. V. 11. N. 558.
6. Antsiferova A.A. Disturbance in Mammalian Cognition Caused by Accumulation of Silver in Brain // Antsiferova A.A., Kopaeva M.Yu., Kochkin V.N., Kashkarov P.K., Kovalchuk M.V. // Toxics. 2021. V. 9. N. 30.



## **ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОГNETУШАЩЕЙ ПЕНЫ**

В работе произведена оценка экотоксикологического воздействия пенообразователей разных марок на живые организмы. Оценка производилась методом биоидикации, в качестве тест-организма использован овес посевной. Исследования показали, что даже пенообразователь низкой концентрации проявляет значительное негативное на овес – замедляя образование корней и вегетативной массы.

Ключевые слова: пенообразователь для тушения пожаров, окружающая среда, биотестирование, биоразложение, семена овса.

При тушении пожаров наиболее эффективным является применение водных растворов с пенообразователем. Огнетушащие пены с правильно подобранной концентрацией пенообразователя и другими добавками (антифризы, минеральные соли) могут оперативно ликвидировать пожар и уменьшать расход воды при тушении [4].

Различают природные и искусственные пенообразователи. Первые встречаются в живой природе (морская пена, животный протеин и др.), вторые, созданы человеком.

Стоит понимать, что продукты сгорания намного вреднее, чем используемый пенообразователь. Оперативно потушенный пожар, как правило перевешивает последствия негативного воздействия огнетушащего вещества. Пенообразователи – это неустойчивая система, подверженная быстрым изменениям из-за скопления пузырьков воздуха, образующихся при вспенивании раствора. В последние годы законодательство REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) обращает внимание на экотоксикологические свойства огнетушащей пены по отношению к окружающей среде и здоровью человека. Если противопожарная пена используется для тушения больших пожаров, существует вероятность, что продукты разложения пены и продукты горения попадут в почву или в водную среду. По составу и получаемым свойствам пена имеет разные экологические характеристики, поскольку ее компоненты определяют скорость биоразложения.

Такие пенообразователи как ПО-НСВ, «Аквафом» относят к синтетическим углеродным соединениям, способным к биоразложению. С другой стороны считаются особенно опасными с экологической точки зрения катионоактивные пенообразователи, так как они устойчивы к окислению, а содержание азота в органической части молекулы делает эти соединения токсичными для микроорганизмов [6].

В соответствии с порядком использования огнетушащей пены, возникает ряд сложностей успешной регенерации и утилизации

огнетушащих веществ. Абсолютно противопоказано сбрасывать или сливать огнетушащие вещества без дополнительной обработки.

Пенообразователи, потерявшие свои первоначальные свойства и не подлежащие регенерации, используются в виде смачивателей при тушении пожаров класса «А» или в качестве водных растворов для очистки загрязненных металлических поверхностей.

Обезвреживание биологически «жестких» пенообразователей проводят различными способами. К примеру, основной метод – сжигание концентрата в специальных печах либо путем захоронения на специальных полигонах. Удаление всех активных веществ является основной задачей утилизации пенообразователя.

Актуальность: применяя при тушении пожаров, или подвергая утилизации огнетушащую пену, в состав которой входят относительно безопасные вещества, можно минимизировать воздействие на окружающую среду. С целью изучения экотоксикологического воздействия пенообразователей разных марок на живые организмы хорошо зарекомендовал себя метод биотестирования [5].

Биотестирование – это возможность без применения сложных, дорогостоящих физико-химических исследований определить токсическое воздействие на живые организмы [1].

Материалы и методы: Проведение лабораторных исследований с целью изучения экотоксикологических свойств пенообразователей общего и целевого назначения исследовали методом биотестирования. В качестве тест-объекта выбрали семена овса, так как они дают быстрые дружные всходы и имеют чётко выраженную реакцию на присутствие поллютантов.

В качестве предмета исследования применяли два мягких биоразлагаемых пенообразователя ПО-НСВ и «Аквафом» и жесткий неионогенный ПАВ «Сульфолон НП-3».

Моделировали стандартные условия для всех проб. Поддерживали температуру среды 25<sup>0</sup>С, освещение 15 тыс. люкс. Время экспозиции – 7 дней. В качестве определения токсичности подсчитывали элементарный прирост корневой массы, и увеличение вегетативной части [2].

Основным контролируемым параметром для оценки теста являлось средняя длина корней семян овса. Значение, определенное в исследуемом опыте, сравнивали с контрольными значениями, и рассчитывали процент ингибирования (снижения) или стимуляции (удлинение корня).

Результаты: Показателем жизненной функции или критерием токсичности являлась длина корней проростков семян овса и длина вегетативной части. Величину длины корней  $L_{\text{ср.к}}$  и среднюю длину вегетативной части  $L_{\text{ср.в}}$  для контрольных и опытных образцов овса определяли по формуле [3]:

$$L=(\sum L_i)/n,$$

где  $n$  – общее количество семян, взятых в опыт ( $n=50$ ).

Были получены следующие результаты:

$L_{\text{ср.к}1} = 9,53$  см;  $L_{\text{ср.в}1} = 5,14$  см – контроль (чистая вода);

$L_{\text{ср.к}2} = 0,22$  см;  $L_{\text{ср.в}2} = 0,067$  см – контроль (хлорид кадмия  $\text{CdCl}_2$ );

$L_{\text{ср.к}3} = 8,69$  см;  $L_{\text{ср.в}3} = 4,58$  см – образец с раствором ПО-НСВ;

$L_{\text{ср.к}4} = 8,65$  см;  $L_{\text{ср.в}4} = 4,96$  см – раствора «Аквафом»;

$L_{\text{ср.к}5} = 4,93$  см;  $L_{\text{ср.в}5} = 1,25$  см – раствор неионогенного ПАВ «Сульфенол НП-3»;

Установлено, что развитие и рост корневой системы биоиндикаторов напрямую зависит от степени токсичности системы. Экотоксикологические тесты показали, что даже пенообразователь низкой концентрации проявляет значительную токсичность на тест-объект.

Прирост корней в присутствии раствора неионогенного ПАВ «Сульфенол НП-3» снижается на 51% по сравнению с контролем, что свидетельствует о токсичном влиянии на тест-объект пенообразователя.

При рабочих концентрациях 10 мг/л при воздействии неионогенного пенообразователя на овес посевной наблюдается «эффект торможения». Экотоксикологический тест показывает, что повышение концентрации пенообразователя является опасным для исследуемого вида растения.

Таким образом, при использовании пенообразователей целесообразно учитывать следующие моменты:

– контролировать процесс распада и утилизации пены. Обращать внимание, чтоб продукты разложения не попадали с полигонов в водную среду и почву;

– для уменьшения опасных последствий попадания ПАВ в окружающую среду следует использовать менее вредные пенообразователи (фторпротеиновую и протеиновую пену) и сокращать расход пены на тушение;

– для сбора пены целесообразно устраивать обвалование, а также использовать синтетические поглотители ПАВ.

#### Литература

1. Агилова Ю.Н., Григорьев Ю.С. Метод биотестирования токсичности вод на рачках цеериодафний в условиях вращения тест-культур // Экологические проблемы промышленных городов. Сборник научных трудов 5-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2011. - С. 6-8.

2. Биохимия растений / Л. А. Красильникова, О. А. Авксентьева, В. В. Жмурко, Ю. А. Садовниченко; Под ред. Л. А. Красильниковой. - Ростов н/Д : Феникс; Харьков : Торсинг, 2004. - 224 с.

3. Исаева Л.К., Власов А.Г. Методические указания расчета показателей, характеризующих опасность загрязнения окружающей среды выбросами от пожаров и аварий [Текст] / Л.К. Исаева, А.Г. Власов. - М.: Академия ГПС МЧС, 2003. - 44с.

4. Исаева, Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: учебное пособие [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Академия ГПС МВД России, 2001. - 301 с.
5. Коваль Ю.Н. Применение биотестирования при оценке экологических рисков на пожарах // Сибирский пожарно-спасательный вестник. - 2019, - №3(14). С. 37-39
6. Таратанов Н. А., Лебедева Н. Ш. Экологически безопасные добавки к огнетушащим средствам, повышающие устойчивость пены // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 4(33). С. 61-73;

**Н.Б. Жаксылыков, Л.А. Безбердая, М.Ю. Лычагин**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

### **ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ В ПОЧВАХ г. СЕВАСТОПОЛЯ**

Выполнена оценка загрязнения почв г. Севастополя тяжелыми металлами и металлоидами (ТММ) и их накопления в гранулометрических фракциях РМ1, РМ1-10, РМ10-50, РМ>50, выделенных методом центрифугирования. Содержание 19 ТММ в них и в общих пробах определено методом ICP-MS и ICP-AES. Основная масса ТММ в городских почвах сконцентрирована во фракциях РМ1 и РМ1-10, но накопление ТММ в тонких частицах меньше, чем в фоновых почвах. Приоритетными загрязнителями почв города являются Sb, Sr, Cu, Pb, Cd, Zn, поступающие из техногенных источников. Суммарное загрязнение общих проб городских почв опасное (средний  $Z_c$  34). Загрязнение тонких фракций умеренно опасное: РМ1 ( $Z_c$  16), РМ1-10 (19), а более крупных – опасное: РМ10-50 (37), РМ>50 (64), что обусловлено разными фоновыми концентрациями ТММ в отдельных гранулометрических фракциях.

Ключевые слова: микрочастицы почв, загрязнение, приоритетные поллютанты, экологическая опасность

**Территория исследования.** Южный берег Крыма (ЮБК) обладает высоким рекреационным потенциалом и поэтому ежегодно принимает большое количество туристов. Севастополь – крупный промышленно-портовый город и центр туризма – расположен на юго-западной окраине Крымского полуострова. В восточной и юго-восточной части Севастополь ограничен отрогами внешней и внутренней гряды Крымских гор. В северной части – бухтами акватории Черного моря.

Климат Севастополя близок к субсредиземноморскому типу. Поздняя осень и зима характеризуются большим увлажнением (50-55 мм/мес.) по сравнению с другими сезонами. Территория Севастополя расположена в бассейнах рр. Черная и Бельбек.

Почвенный покров города составляют луговые и черноземно-луговые, дерново-карбонатные, коричневые почвы сухих лесов и горно-луговые почвы [1]. В южной, юго-восточной и восточной частях города

произрастают широколиственные леса, на побережье и прибрежных склонах распространена степная растительность.

**Источники техногенного воздействия.** Загрязнение в Севастополе имеет многолетний характер в связи с промышленной ориентацией города. Промышленная зона глубоко интегрирована в городскую инфраструктуру и пользуется ее мощностями. Она включает предприятия нефтехимии, судостроения и ремонта, металлообработки, пищевой промышленности, производства строительных материалов, объекты теплоэнергетики.

Основными источниками загрязнения окружающей среды в Севастополе являются автомобильный транспорт и предприятия теплоэнергетического комплекса. Автотранспорт дает 80% атмосферного загрязнения Крыма и Севастополя. Автомобильный парк Севастополя за последние 3 года вырос на 30%, уровень автомобилизации в 2020 г. составил около 350 автомобилей на 1000 жителей [2]. От стационарных источников, включая теплоэнергетический комплекс, в 2019 г. в атмосферу поступило 5,51 тыс. т загрязняющих веществ [3].

**Методы и материалы.** Городские почвы опробовались по регулярной сети с шагом 1 км, которая охватывала 5 функциональных зон: промышленную, транспортную, селитебную зону низкой этажности, селитебную зону высокой этажности и рекреационную. Всего на территории города отобрано 26 смешанных образцов из верхнего (0-10 см) горизонта почв. В 2 км к северо-востоку от территории Севастополя заложена фоновая катена и в 10 точках отобраны пробы из гумусовых горизонтов дерново-карбонатных почв, развитых на элювии и элюво-делювии известняков.

Содержание 19-ти ТММ в почвенных пробах определено методом атомно-эмиссионной и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS и ICP-AES). Фракции почв PM<sub>1</sub>, PM<sub>1-10</sub>, PM<sub>10-50</sub> выделены методом центрифугирования, частицы PM<sub>>50</sub> – ситованием.

Для оценки загрязнения ТММ почв и их гранулометрических фракций рассчитывались геохимические ( $KK$ ,  $Kc$ ) и эколого-геохимические ( $Ko$ ,  $Zc$ ) показатели. Содержание ТММ в фоновых почвах сравнивалось с кларками элементов по [4]. Кларки концентрации рассчитывались как  $KK = C\phi / K$  (при  $C\phi \geq K$ ), где  $C\phi$  – содержание элемента в фоновой почве,  $K$  – его кларк, при  $C\phi < K$  рассчитывался кларк рассеяния  $KP = K / C\phi$ . Коэффициент накопления  $Kc$  характеризует концентрацию  $i$ -ого элемента в городских почвах  $Ci$  относительно фонового содержания:  $Kc = Ci / C\phi$ .

Экологическая опасность загрязнения почв ТММ оценивалась путем расчета коэффициентов экологической опасности  $Ko = Ci / ПДК(ОДК)_i$ , где  $ПДК(ОДК)$  – нормативные показатели, установленные для Pb, Cd, Cu, Zn, Sb, As, V, Ni [5]. Полиэлементное загрязнение оценивалось по показателю суммарного загрязнения  $Zc = \sum Kc - (n-1)$ , где  $n$  – число ТММ с  $Kc > 1$ , который имеет 5 уровней: низкий, неопасный ( $Zc < 16$ ), средний,

умеренно-опасный (16–32), высокий, опасный (32–64), очень высокий, очень опасный (64–128) и максимальный, чрезвычайно опасный (>128) [6].

### Результаты исследований

**Содержание ТММ в фоновых и городских почвах.** Относительно верхней части континентальной земной коры [4] в верхнем горизонте фоновых почв накапливаются Zn, Bi, Sb, Pb, As, Cd, Sn (*КК* 1,6–4,1) и рассеиваются Rb, Cs, La, Co, W, Ba, Sr (*КР* 1,3–4,6). Околокларковые значения у Cu, Mo, Cr, Ni и V (табл. 1). В фоновых почвах все ТММ, за исключением Sr, аккумулируются преимущественно в тонких частицах. Интенсивнее всего в тонких фракциях накапливаются Sn, Cd, Zn, V, Cs, Bi, Rb, доля фракций РМ1 и РМ1-10 в общем загрязнении почв – более 70%.

Содержание ТММ в верхнем (0-10 см) горизонте фоновых дерново-карбонатных почв ( $\phi$ ) и почв Севастополя ( $\varepsilon$ ) и доля их накопления

| Элемент | С $\phi$ , мг/кг | КК/КР | С $i$ , мг/кг | Кс/Кр | К $o$ | Вклад гранулометрических фракций в общее накопление, % |               |        |               |         |               |        |               |
|---------|------------------|-------|---------------|-------|-------|--|---------------|--------|---------------|---------|---------------|--------|---------------|
|         |                  |       |               |       |       | РМ1  |               | РМ1-10 |               | РМ10-50 |               | РМ>50  |               |
|         |                  |       |               |       |       | $\phi$   | $\varepsilon$ | $\phi$ | $\varepsilon$ | $\phi$  | $\varepsilon$ | $\phi$ | $\varepsilon$ |
| Sb      | 0,9              | 2,3/- | 3,3           | 3,6/- | 0,7   | 7  | 8             | 58     | 39            | 26      | 29            | 9      | 23            |
| Sr      | 69               | -/4,6 | 244           | 3,5/- | -     | 5  | 3             | 39     | 18            | 39      | 32            | 17     | 47            |
| Cu      | 28               | 1     | 78            | 2,8/- | 0,6   | 8  | 9             | 51     | 47            | 39      | 28            | 2      | 17            |
| Cd      | 0,3              | 3,4/- | 0,8           | 2,5/- | 0,4   | 13   | 10            | 69     | 49            | 16      | 29            | 2      | 13            |
| Pb      | 46               | 2,7/- | 115           | 2,5/- | 0,9   | 4  | 8             | 73     | 43            | 21      | 29            | 2      | 20            |
| Zn      | 109              | 1,6/- | 231           | 2,1/- | 1,1   | 12   | 12            | 69     | 49            | 16      | 24            | 3      | 15            |
| Mo      | 0,9              | -/1,2 | 1,4           | 1,6/- | -     | 10   | 10            | 55     | 42            | 32      | 29            | 4      | 20            |
| Ba      | 225              | -/2,8 | 319           | 1,4/- | -     | 8  | 8             | 49     | 39            | 34      | 38            | 9      | 15            |
| W       | 0,8              | -/2,4 | 1,1           | 1,4/- | -     | 8  | 8             | 55     | 41            | 30      | 35            | 8      | 15            |
| Co      | 8,7              | -/2   | 7,5           | -/1,2 | -     | 9  | 11            | 59     | 48            | 28      | 29            | 4      | 11            |
| Bi      | 0,3              | 1,6/- | 0,2           | -/1,3 | -     | 13   | 12            | 63     | 51            | 21      | 29            | 4      | 8             |
| Cs      | 3,6              | -/1,4 | 2,8           | -/1,3 | -     | 17   | 16            | 60     | 56            | 18      | 21            | 5      | 7             |
| La      | 20               | -/1,5 | 15            | -/1,3 | -     | 7  | 8             | 51     | 42            | 36      | 40            | 6      | 10            |
| Rb      | 63               | -/1,3 | 46            | -/1,4 | -     | 15   | 15            | 56     | 54            | 23      | 24            | 5      | 7             |
| Ni      | 41               | -/1,2 | 29            | -/1,4 | 0,4   | 11   | 11            | 54     | 47            | 32      | 28            | 4      | 14            |
| Sn      | 8,6              | 4,1/- | 5,7           | -/1,5 | -     | 5  | 7             | 83     | 33            | 11      | 33            | 1      | 27            |
| As      | 14               | 2,9/- | 8,1           | -/1,7 | 0,8   | 14   | 9             | 55     | 33            | 22      | 16            | 10     | 42            |
| Cr      | 81               | -/1,1 | 47            | -/1,7 | -     | 13   | 11            | 49     | 42            | 35      | 26            | 4      | 20            |
| V       | 99               | 1     | 47            | -/2,1 | 0,3   | 8  | 8             | 73     | 60            | 16      | 23            | 2      | 10            |

В верхнем слое городских почв относительно фона накапливаются Ba, W, Mo, Zn, Pb, Cd, Cu, Sr, Sb (*Кс* 1,4–3,6), рассеиваются Co, Bi, La, Cs, Rb, Ni, Sn, As, Cr, V (*Кр* 1,2–2,1). Интенсивнее аккумулируются Sb, Sr, Cu, Pb, Cd, Zn (*Кс* 3,6–2,1), поступающие в основном из антропогенных источников: промышленных предприятий, автотранспорта, объектов энергетики, где сжигается каменный уголь (табл. 1). Pb, Cd, Zn, Sb, Cu содержатся в выбросах автотранспорта и поступают от истирания шин и износа тормозных механизмов, Pb также поступает при износе дорожного

полотна и барьерных ограждений, а Zn, Cu, Sr – от объектов энергетики, при сжигании топлива в отопительный период. Сжигание ТБО обеспечивает поступление Pb, Cd, Sb, Cu, Zn [7].

Частицы PM1 и PM1-10 концентрируют около 68-72% массы V, Rb и Cs и около 50-67% массы Sb, Cu, Cd, Pb, Zn, Mo, Co, Bi, Ni, Cr в городских почвах. Доля остальных элементов (Sr, Ba, W, Sn, As) выше во фракциях PM10-50 и PM>50. Доля большинства ТММ увеличивается в частицах PM>50 городских почв по сравнению с фоновыми, но уменьшается во фракции PM1-10. Это может быть связано с поступлением поллютантов от антропогенных источников в составе крупных частиц.

Поскольку основная масса ТММ сконцентрирована в частицах PM1 и PM1-10 городских почв с наибольшей миграционной способностью, их можно отнести к наиболее экологически значимым и опасным.

**Экологическая опасность загрязнения городских почв.** Сравнение концентраций восьми ТММ с гигиеническими нормативами ПДК (ОДК) показало незначительную степень загрязнения почв Севастополя. Наибольшая экологическая опасность у Zn, его концентрации превышают ПДК в 31% исследуемых проб. Локальные превышения наблюдаются у Sb (19%), Pb (19%), Cd (15%), As (15%), Cu (12%), эти ТММ характеризуются высокой степенью экологической опасности ( $Ko > 1,1$ ) в небольшом количестве исследуемых проб (менее 10). Суммарное загрязнение общих проб городских почв относится к опасному уровню (средний  $Zc$  34). Загрязнение тонких фракций умеренно опасное: PM1 ( $Zc$  16), PM1-10 (19), а более крупных – опасное: PM10-50 (37), PM>50 (64). Высокие значения суммарного показателя загрязнения для крупных фракций городских почв связаны с интенсивным рассеянием Co, Cr, Ni, Cu, Zn, Mo, Ba, W, Bi и Pb ( $KP$  4-12) в частицах PM10-50 и PM>50 фоновых почв. Кроме того, крупные фракции не создают серьезной угрозы здоровью горожан из-за слабой способности к выдуванию и проникновению в дыхательные пути.

В основу работы положены материалы, собранные Крымской комплексной экспедицией при поддержке РГО в 2017 г., и материалы 2021 г., собранные по проекту РФФИ № 19-05-50101.

#### Литература

1. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: ДОЛЯ, 2004. 208 с.
2. Косовская М.А., Лямина Н.В., Хренова Т.К., Каширина Е.С. Оценка состояния атмосферного воздуха примагистральных территорий г. Севастополя // Энергетические установки и технологии. 2020. № 6 (1). С. 159–164.
3. Ежегодный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2019 г.”. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор), 2020. 316 с.
4. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry. 2014. Vol. 4. P. 1-51.
5. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению

безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". 2021, 987с.

6. Касимов Н.С., Битюкова В.Р., Кислов А.В., Кошелева Н.Е. и др. Проблемы экогеохимии крупных городов // Разведка и охрана недр, 2012. № 7, с. 8–13.

7. Kong S., Lu B., Ji Y. et al. Risk assessment of heavy metals in road and soil dusts within PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and PM<sub>100</sub> fractions in Dongying city, Shandong Province, China // Journal of Environmental Monitoring. 2012. Vol. 14. P. 791-803.

**А.Н. Кизеев<sup>1,2</sup>, М.Ю. Меньшакова<sup>2</sup>, С.Ф. Ушамова<sup>3</sup>, В.В. Кульнев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»;

<sup>3</sup>Федеральное государственной бюджетное учреждение «Лапландский государственный природный биосферный заповедник», Мончегорск;

<sup>4</sup>Центрально-Черноземное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Воронеж

## **УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ И ЦЕЗИЯ-137 В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА**

В работе представлены результаты радиационно-экологических исследований, проведенных на территории Мурманской области. Дана оценка уровням удельной активности естественных радионуклидов и цезия-137 в почве и в компонентах наземного растительного покрова. Установлены основные источники поступления рассматриваемых нуклидов в природные объекты региона. Максимальные значения удельной активности находились в рамках установленных нормативных показателей. Отмечена необходимость продолжения подробных радиоэкологических исследований северных территорий.

Ключевые слова: Кольский Север, естественные радионуклиды, цезий-137, удельная активность, природные объекты.

В арктических областях наземные экосистемы более уязвимы к радиоактивному загрязнению, по сравнению с районами умеренного климата. Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ), составляющая значительную часть Северного полушария Земли, длительное время загрязнялась техногенными радионуклидами от глобальных выпадений радиоактивных веществ, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия. Как известно, в мире было произведено более 1.5 тысячи ядерных



взрывов, 90% из которых – в Северном полушарии. В загрязнение арктических территорий (включая районы Кольского Севера) помимо глобальных выпадений, внесли свой вклад крупные аварии на атомных электростанциях [1]. Существуют и местные промышленные источники поступления радиоактивных веществ в окружающую среду АЗРФ.

Мурманская область – абсолютный лидер России по количеству объектов ядерной энергетики и атомного флота: на площади 100 тыс. квадратных километров сконцентрированы мощные атомные ледоколы, субмарины, Кольская АЭС (КАЭС) и другие предприятия [2]. Для оценки потенциального воздействия радиационно-опасных объектов на окружающую среду необходимо знать современную экологическую обстановку на прилегающих к ним территориях. Поэтому особую актуальность приобретают радиоэкологические исследования различных природных составляющих, что в свою очередь продиктовано вопросами обеспечения радиационной безопасности населения региона.

Исследования наземных экосистем проводятся нами в центральных районах Мурманской области, на сети стационарных пробных площадок в импактной зоне КАЭС. Характеристика мониторинговых точек приведена в работе [3]. В качестве объектов исследований выбраны почвенный покров и компоненты наземной растительности: ветви и хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ветви и листья березы (*Betula pendula* Roth. X *Betula pubescens* Ehrh.), побеги и плоды черники миртолистной (*Vaccinium myrtillus* L.), лишайники рода *Cladonia*.

Радиометрическую съемку местности проводили с помощью поискового радиометра СРП-68-01 и дозиметра-радиометра ДРБП-01. Пробоотбор осуществляли в соответствии с общими требованиями к радиологическому отбору природных объектов [4]. Измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД, мкЗв/ч), суммарной удельной  $\alpha$ - $\beta$ -активности в пробах проводили радиометрическим методом. Удельную активность наиболее радиотоксичных нуклидов природного ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и др., Бк/кг) и техногенного ( $^{137}\text{Cs}$  и др., Бк/кг) происхождения осуществляли гамма-спектрометрическим методом [5].

Установлено, что естественный радиационный фон в пределах изучаемой территории не превышал 0.10 мкЗв/ч. МЭД на поверхности сырой и воздушно-сухой массы растительных образцов составляла 0.15 мкЗв/ч. Данные показатели находятся в пределах МЭД для населения на открытой местности (0.2 мкЗв/ч) [6]. Удельная  $\alpha$ - $\beta$ -активность природных объектов варьировала в зависимости от расположения пробных площадок, что обуславливалось различным накоплением естественных радионуклидов рядов урана-238 ( $^{226}\text{Ra}$ ) и тория-232 ( $^{232}\text{Th}$ ), а также  $^{40}\text{K}$ . Из техногенных нуклидов в измеримых количествах обнаружен  $^{137}\text{Cs}$ , другие изотопы ( $^{22}\text{Na}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ) были ниже предела детектирования.

Основным источником поступления радиоактивных элементов рядов урана-238 и тория-232 в наземные экосистемы Кольского Севера может служить почва, почвообразующие породы и грунтовые воды. Естественный радионуклид  $^{40}\text{K}$  – неотъемлемый элемент природных компонентов. Накопление  $^{137}\text{Cs}$  – одного из основных составляющих радиоактивного загрязнения биосферы – в природных объектах обуславливалось, в основном, глобальными выпадениями. Вклад КАЭС в загрязнение окружающей среды радиоцезием был незначительный.

Изучаемые почвы Кольского Севера – очень сильно кислые или сильно кислые подзолы, имеющие легкий супесчаный или песчаный гранулометрический состав. Они характеризуются высоким содержанием органического вещества в подстилке и низким содержанием гумуса в минеральной толще при его элювиально-иллювиальном распределении по профилю. Повышенные значения удельной активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  наблюдались в составе первичных минералов почвообразующих пород, в то время как удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  возрастала в органогенных горизонтах.

Удельная активность естественных радионуклидов и  $^{137}\text{Cs}$  в почвах на изучаемой территории находилась на уровне фоновых значений. Известно, что оценку состояния почвенного покрова для естественных радионуклидов можно провести, исследуя почву как строительный материал или потенциальное сырье для изготовления строительных материалов. Метод основан на расчете удельной эффективной активности природных радионуклидов в почвенных пробах. Величина данного показателя для почв была меньше 370 Бк/кг (26-77 Бк/кг), что позволяет отнести их к I классу – использование в строительстве без ограничений [6]. При оценке поступления в экосистему техногенных радионуклидов используется показатель «плотность загрязнения», рассчитываемый как запас радионуклида в почве. Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  исследованных почв составляла 530-2459 Бк/м<sup>2</sup>, что ниже установленного контрольного уровня в 1 Ки/км<sup>2</sup> (37000 Бк/м<sup>2</sup>) и позволяет отнести центральную часть Мурманской области к территориям с относительно благоприятной экологической ситуацией [7].

Повышенные значения удельной активности  $^{40}\text{K}$  наблюдались в компонентах сосны обыкновенной (до 470 Бк/кг) и березы (до 180 Бк/кг). Удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  была максимальна в побегах (до 18 Бк/кг), а  $^{232}\text{Th}$  – в листьях (до 10 Бк/кг) черники миртолистной, тогда как удельная активность этих радионуклидов в лишайниках рода *Cladonia* была незначительной (до 3.5 Бк/кг). Возможной причиной такого различного накопления естественных радионуклидов являлась неоднородность в их физиологической потребности у растений. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  была повышенной в листьях черники миртолистной (до 80 Бк/кг) и в лишайниках рода *Cladonia* (до 60 Бк/кг). Накопление радиоцезия листьями

черники может объясняться корневым поглощением из органогенных почвенных горизонтов, а лишайниками рода *Cladonia* – поступлением из атмосферы. В меньших количествах этот радионуклид содержался в компонентах сосны обыкновенной (до 45 Бк/кг) и березы (до 15 Бк/кг), что может быть связано с незначительным корневым поглощением, поскольку область всасывания у древесных корней находится на глубине, где содержание  $^{137}\text{Cs}$  уменьшается. Максимальные величины удельной активности радиоцезия в растениях не превышали установленного нормативного уровня - 400 Бк/кг [8]. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в плодах черники миртолистной составляла 13.5 Бк/кг, что значительно ниже контрольного уровня для высушенных дикорастущих ягод - 800 Бк/кг [8].

В то же время даже при низких значениях удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (на уровне глобального фона) в почвенном покрове, коэффициенты его перехода в изучаемые растения высоки (до  $50 \text{ н} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$  для сосны обыкновенной и до  $155 \text{ н} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$  для черники миртолистной). Это может быть обусловлено чрезвычайной бедностью северных почв доступным калием, что повышает биологическую доступность радиоцезия для растений в наземных экосистемах. Поэтому биогеоценозы, сформированные на иллювиально-железистых подзолах, могут характеризоваться очень низкой устойчивостью к загрязнению техногенными радионуклидами. В связи с этим обстоятельством, необходимо продолжение подробных радиоэкологических исследований территорий в зонах потенциально опасных ядерных объектов в АЗРФ.

#### Литература

1. Матишов Д.Г. Радиационная экологическая океанология / Д.Г. Матишов, Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2001. 417 с.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2020 году. Мурманск, 2021. 199 с.
3. Содержание и распределение  $^{137}\text{Cs}$  в подзолах в районе расположения Кольской атомной электростанции / М.Б. Попова, Д.В. Манахов, А.Н. Кизеев [и др.] // Почвоведение. 2020. №7. С. 891-900.
4. Черных Н.А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере / Н.А. Черных, С.Н. Сидоренко. М.: Изд-во РУДН, 2003. 430 с.
5. Кизеев А.Н. Накопление радионуклидов в древесной растительности в индустриально развитых регионах Кольского полуострова / А.Н. Кизеев, А.Н. Никанов // Экология человека. 2006. №1. С. 38-41.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы СП 2.6.1.758-99. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. 116 с.
7. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: Минприроды РФ, 1992. 12 с.
8. СанПин 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, 2011 (в ред. от 06.07.2011). 56 с.

**Т.В. Костецкая, Н.А. Рожкова, И.С. Коротченко**

Красноярский государственный аграрный университет

**КАТАЛАЗНАЯ И УРЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ  
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ РУДНОГОРСКОГО РУДНИКА  
КОРШУНОВСКОГО ГОК**

В статье изучается изменение каталазной и уреазной активности в почвенном покрове в зоне влияния горнодобывающего предприятия.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, рудник, каталаза, уреазы, воздействие, ферментативная активность.

Мировое промышленное производство использует и производит огромное количество потенциально опасных веществ и материалов. Новые технологии, внедряющиеся на производстве, не снижают уровень техногенной опасности для окружающей среды. Естественное постоянное стремление общества к наиболее полному удовлетворению материальных и культурных потребностей вызывает увеличение масштабов производства, которое сопровождается накоплением отходов и, как следствие, повышенной техногенной экологической опасностью [1].

Приоритетным в разработке твердых полезных ископаемых является открытый способ добычи, который оказывает крайне неблагоприятное влияние на экологическое состояние компонентов природной среды. Исходя, из этого возникает необходимость исследования воздействия предприятий горнодобывающей промышленности на окружающую среду [2].

Определение биологической активности почвы наряду с изучением физико-химических свойств является важнейшим диагностическим признаком ее состояния [3, 4, 5]. Микробиота первой реагирует на загрязнение почвы, при этом уже на начальных стадиях загрязнения могут изменяться состав, численность микроорганизмов, их метаболизм, активность почвенных ферментов [6].

**Методы исследования.** Отбор почвенных образцов осуществлялся согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 методом «конверта» с глубины корнеобитаемого слоя (0-20 см) в первой декаде августа 2020 года.

Для осуществления исследования было заложено семь пробных площадей. Размер опытных и контрольных пробных площадей составлял 10x10 м.

Отбор почвенных образцов проводился по мере удаления от отвалов горных пород на расстояниях: 100 м, 500 м, 1 км, 2,5 км, 5 км согласно «розе ветров», контрольный образец отбирался на расстоянии 10 км от отвалов пород в противоположном направлении «розы ветров». Все отборы почвенных проб были осуществлены в трехкратной повторности.

Активность каталазы определялась в лабораторных условиях перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле, а уреазы – колориметрический метод учета аммония с реактивом Несслера [7]. Степень обеспеченности почвы ферментами оценивалась по шкале Д. Г. Звягинцева (1978) для оценки степени обогащенности ферментами [8]. Содержание гумуса определяли согласно ГОСТ 26213-91 по методу И.В. Тюрина.

**Результаты исследования.** Анализируя активность каталазы, установили, что на удалении 100 м и 1 км от горнодобывающего предприятия степень обеспеченности почв ферментами, а именно каталазой, характеризуется как бедная и составляет 2,85 мл 0,1 М  $\text{KMnO}_4$  на 1 г почвы за 20 мин. На остальных вариантах опыта степень обеспеченности почвы ферментами (каталаза) оценивается как средняя и имеет значение от 3,18 мл 0,1 М  $\text{KMnO}_4$  на 1 г почвы за 20 мин на удалении 500 м от горнодобывающего предприятия до 3,68 мл 0,1 М  $\text{KMnO}_4$  на 1 г почвы за 20 мин в варианте агрозем (табл. 1).

В ходе определения степени обеспеченности почвы в зоне влияния горнодобывающего предприятия ферментами уреазы было выявлено, что на всех вариантах опыта почва характеризуется как очень бедная данным ферментом, кроме варианта – контроль – данный показатель наибольший и характеризуется как бедный ферментами уреазы.

Некоторые исследователи показывают, что содержание гумуса имеет непосредственное влияние на ферментативную активность [9]. Согласно нашим данным можно утверждать о его существенном влиянии на показатели активность каталазы и уреазы (табл. 2).

Установлено, что между уреазой и гумусом в почве существует сильная положительная связь (коэффициент корреляции  $r=0,98-0,99$ ). Между каталазой и гумусом почвы обнаружена сильная отрицательная связь (коэффициент корреляции  $r=0,83-0,98$ ).

Таблица 1

Ферментативная активность исследуемых почвенных образцов  
(среднее по варианту)

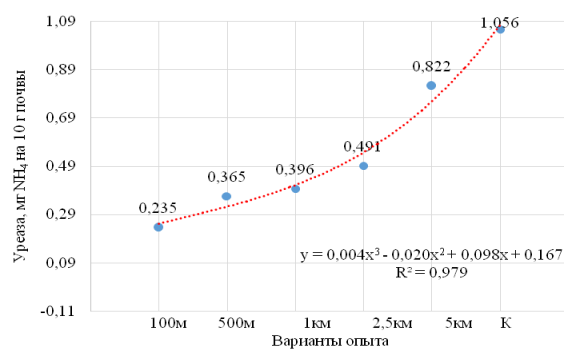
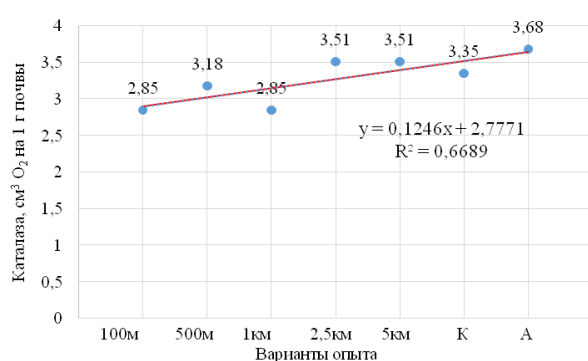
| Варианты опыта | Каталазная активность, мл 0,1 М $\text{KMnO}_4$ на 1 г почвы за 20 мин | Уреазная активность, мг/л мг $\text{NH}_4$ на 10 г почвы за 24 ч. | Гумус, % |
|----------------|--|---|----------|
| 100 м          | 2,85   | 0,822   | 7,34     |
| 500 м          | 3,18   | 0,491   | 5,80     |
| 1 км           | 2,85   | 0,235   | 5,04     |
| 2,5 км         | 3,51   | 0,365   | 9,47     |
| 5 км           | 3,51   | 0,396   | 8,03     |
| Агросерозем    | 3,68   | 0,362   | 6,38     |
| Контроль       | 3,35   | 1,056   | 6,50     |

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между активностью уреазы и каталазы и содержанием гумуса в почвенных образцах

| Варианты опыта | Уреазы-Гумус | Каталаза-Гумус |
|----------------|--------------|----------------|
| 100 м          | +0,99        | +0,98          |
| 500 м          | +0,24        | -0,83          |
| 1 км           | +0,99        | -0,90          |
| 2,5 км         | +0,05        | -0,50          |
| 5 км           | +0,98        | +0,97          |
| Агросерозем    | +0,99        | -0,65          |
| Контроль       | +0,98        | -0,50          |

Согласно рисунку, можно предположить, что отрицательное антропогенное воздействие на ферментативную активность почв наблюдается в большей степени на малом отдалении от горнодобывающего предприятия, учитывая вышеприведенные данные, отражающие линейную зависимость расстояния от ферментативной активности уреазы. Что касается каталазы, наблюдается некое варьирование значений. Например, на расстоянии 100 м и 1 км активность каталазы ниже, чем на 500 м и далее.



Регрессионный анализ зависимости ферментативной активности почвы от удаления горнодобывающего предприятия

Исследования демонстрируют различное влияние горнодобывающего предприятия на содержание ферментов в почве. Так, под действием предприятия активность уреазы уменьшается, а активность каталазы в почве не имеет четкой закономерности в данной тенденции.

Поэтому активность уреазы в почве, возможно, использовать для оценки воздействия горнодобывающих предприятий на состояние почвенного покрова.

#### Литература

1 Чмыхалова, С.В. Ресурсо-экологические показатели железорудных ГОКов (макроподход) / С.В. Чмыхалова, // Изв. вузов. Горный журнал. 2005. № 3. С. 45–52.

2 Белошейкина, А.В. Эколого-геохимическая оценка состояния почвенного покрова территории Сорского горно-обогатительного комбината (республика Хакасия)

/ А.В. Белошейкина, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Известия Томского Политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 1. С. 44–53.

3 Killham, K. Bioindicators and sensors of soil health and the application of geostatistics / K. Killham, W.J. Staddon // *Enzymes in the Environment*. N.Y.: Marcel Dekker Inc. 2002. P. 391–405.

4 Коротченко, И.С. Фитотоксичность и ферментативная активность чернозема выщелоченного при загрязнении тяжелыми металлами / И.С. Коротченко // Вестник КрасГАУ. 2011. № 5 (56). С. 109–115.

5 Конышева, Е.Н. Влияние тяжелых металлов и их детоксикантов на ферментативную активность почв / Е.Н. Конышева, И.С. Коротченко // Вестник КрасГАУ. 2011. № 1 (52). С. 114–119.

6 Степанов, А.Л. Характеристика биологической активности микробного комплекса городских почв / А.Л. Степанов, Н.А. Манучарова, А.В. Смагин // Почвоведение. 2005. № 8. С. 978–983.

7 Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. М.: Наука. 1990. 189 с.

8 Галстян, А.Ш. Унификация методов определения активности ферментов почв / А.Ш. Галстян // Почвоведение. 1978. №2. С. 107–114.

9 Хазиев, Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев. М.: Наука, 1982. 203 с.

**А.Р. Лицевич, Л.Е. Хмелевцова, И.С. Сазыкин**

Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПРЕССИИ СТРЕССОВЫХ ГЕНОВ У *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

В статье представлены результаты оценки экспрессии генов окислительного стресса у *Rhodococcus erythropolis* при воздействии различных углеводородов.

Ключевые слова: углеводороды, загрязнение, окислительный стресс, SOS-ответ, микроорганизмы.

По данным министерства энергетики Российской Федерации добыча нефти по итогам 2020 года составила 512,8 млн. т [1]. При добыче, транспортировке и хранении нефти возможно попадание углеводородов, входящих в ее состав, в окружающую среду, в частности, в почвенный покров. Загрязнение почвы нефтепродуктами вызывает серьезную озабоченность и заставляет искать пути для экологичной очистки загрязненных участков [2]. Многие нефтяные углеводороды могут оставаться стабильными в окружающей среде, нанося колоссальный вред экосистемам [3, 4]. Биоремедиация является очень важным подходом для

очистки нефтяных загрязнений, поскольку она не провоцирует вторичное загрязнение, как химическая очистка. Микроорганизмы, разлагающие углеводороды, превращают исходные вещества через ряд промежуточных стадий в воду и углекислый газ в ходе процессов внутриклеточного окисления [5, 6]. Однако, окислительные процессы в бактериальной клетке сопровождаются образованием активных форм кислорода, которые вызывают возникновение окислительного стресса. Избежать окислительного стресса и его токсичных воздействий на клетку микроорганизмам помогают белки, утилизирующие активные формы кислорода – каталаза, супероксиддисмутаза и пероксиредоксины. По изменению экспрессии генов, кодирующих белки, нейтрализующие активные формы кислорода, в сравнении с генами «домашнего хозяйства», можно судить о влиянии углеводорода на жизнедеятельность клетки.

В связи с вышесказанным, целью данной работы было изучить экспрессию генов окислительного стресса при влиянии различных углеводородов на клетки *Rhodococcus erythropolis*.

Объектом исследования являлся штамм *Rh. erythropolis*, выделенный из почв импактной зоны Новочеркасской ГРЭС в 2014 году.

В ходе работы для создания необходимых условий культивирования была использована питательная среда Диановой-Ворошиловой [7] с добавлением 0,5% дрожжевого экстракта и 4 различных углеводородов: декана (2% (v/v)), гексадекана (2% (v/v)), бензола (0,1% (v/v)) и нафталина (2% (m/v) в сухом виде).

Для определения экспрессии стрессовых генов использовали методы молекулярной биологии.

При культивировании *Rh. erythropolis* с углеводородами было выявлено значительное усиление экспрессии гена *katE*, кодирующего монофункциональную каталазу, так нафталин увеличивал экспрессию в  $34,4 \pm 2,7$  раз. Бензол, гексадекан и декан вызывали намного меньшую, но достоверно отличающуюся от контроля экспрессию, – в  $4,8 \pm 0,7$ ,  $2,8 \pm 0,1$  и  $2,5 \pm 0,4$  раз, соответственно.

Активация каталазы-пероксидазы НР1, кодируемой геном *katG*, наблюдалась в меньшей степени. Наибольшее увеличение транскрипционной активности гена *katG* наблюдалось при инкубировании с нафталином – в  $7,7 \pm 1,0$  раз. Инкубация с гексадеканом усиливала экспрессию гена каталазы-пероксидазы в  $5,6 \pm 0,9$ , с бензолом – в  $4,0 \pm 0,5$  раз. Любопытно, что при инкубации *Rh. erythropolis* в среде, содержащей декан, экспрессия гена *katG* подавлялась на 60% ( $0,4 \pm 0,08$ ).

Нафталин демонстрировал наибольшее усиление экспрессии гена Cu/Zn супероксиддисмутаза (*sodC*), как и в случае с каталазами, в  $16,1 \pm 4,9$  раз. Бензол, гексадекан и декан демонстрировали меньшее увеличение экспрессии гена *sodC* – в  $5,8 \pm 1,3$ ,  $3,4 \pm 0,8$  и  $2,7 \pm 0,15$  раз, соответственно.



Результаты измерения активности SOS-ответа показали, что транскрипцию гена *dinB*, кодирующего ДНК полимеразу IV, наиболее сильно индуцировал нафталин, по сравнению с контролем, в  $59,4 \pm 10,6$  раз. Также значительно усилил экспрессию *dinB* бензол – в  $29 \pm 5,6$  раз. Менее всего оказали воздействие на экспрессию гексадекан (индукция в  $3,9 \pm 0,7$  раза) и декан (в  $2,7 \pm 0,6$  раз).

В совокупности наибольшее увеличение экспрессии наблюдалось для гена *dinB*, кодирующего склонную к ошибкам ДНК полимеразу при инкубации с бензолом и нафталином. По-видимому, нафталин и бензол провоцируют повреждения в ДНК, что способствует экспрессии SOS-ответа. Каталазы реагируют на появление окислительного стресса в присутствии различных углеводов по-разному. К примеру, присутствие декана в большей степени индуцировало экспрессию монофункциональной каталазы, кодируемой геном *katE*, но при этом снижало экспрессию гена каталазы-пероксидазы. При инкубации с гексадеканом наблюдалась обратная ситуация, активация каталазы-пероксидазы была в 2 раза выше, чем монофункциональной каталазы. Нафталин также индуцировал экспрессию монофункциональной каталазы значительно сильнее, чем экспрессию каталазы-пероксидазы. Бензол, в свою очередь, приблизительно на одном уровне индуцировал повышение экспрессии обеих катализ. Такие разные результаты в уровнях транскрипционной активности катализ могут быть обусловлены различными уровнями образования пероксида водорода, либо образованием других органических пероксидов наравне с пероксидом водорода. В целом, нафталин повышал экспрессию всех генов окислительного стресса намного сильнее по сравнению с другими углеводородами. Вероятнее всего, деградация нафталина сопровождается сильным окислительным стрессом для *Rh. erythropolis*, что вызывает такой активный ответ системы антиоксидантной защиты и SOS-ответ.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания № 0852-2020-0029.*

#### Литература

1. Министерство энергетики Российской Федерации: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/910> (дата обращения: 22.10.2021). – Текст: электронный.
2. Chen Y. A., Grace Liu P. W., Whang L. M., Wu Y. J., Cheng S. S. Effect of soil organic matter on petroleum hydrocarbon degradation in diesel/fuel oil-contaminated soil// Journal of bioscience and bioengineering. – 2020. – V.129(5). – P.603-612. – doi: 10.1016/j.jbiosc.2019.12.001.

3. Wei Z., Wang J. J., Gaston L. A., Li J., Fultz L. M., DeLaune R. D., Dodla S. K. Remediation of crude oil-contaminated coastal marsh soil: Integrated effect of biochar, rhamnolipid biosurfactant and nitrogen application// Journal of hazardous materials. – 2020. – V. 396. – N 122595. –doi:10.1016/j.jhazmat.2020.122595.
4. Sammarco P. W., Kolian S. R., Warby R. A., Bouldin J. L., Subra W. A., Porter S. A. Concentrations in human blood of petroleum hydrocarbons associated with the BP/Deepwater Horizon oil spill, Gulf of Mexico// Archives of toxicology. – 2016. – V. 90(4). – P. 829-37. – doi: 10.1007/s00204-015-1526-5.
5. Mishra S., Singh S. N. Microbial degradation of n-hexadecane in mineral salt medium as mediated by degradative enzymes//Bioresource technology. – 2012. – V. 111. – P. 148-54. – doi: 10.1016/j.biortech.2012.02.049.
6. Zhang Z., Hou Z., Yang C., Ma C., Tao F., Xu P. Degradation of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons in petroleum by a newly isolated *Pseudomonas aeruginosa* DQ8 // Bioresource technology. – 2011. – V. 102(5). – P. 4111-6. – doi: 10.1016/j.biortech.2010.12.064
7. Ворошилова А. А., Дианова Е. В. Окисляющие нефть бактерии – показатели интенсивности биологического окисления нефти в природных условиях /А. Ворошилова, Е. В. Дианова // Микробиология. – 1952. – Т. 21, № 4. – С. 408–415.

**Г.В. Лобкова**

ЧУОО ВО Саратовский Медицинский университет «РЕАВИЗ»

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛОВ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *DAPHNIA MAGNA***

Изучено влияние ацетатов  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  на физиологические характеристики *Daphnia magna* Straus.. Установлено, что существует прямая зависимость между концентрацией соли в среде и сроками наступления половозрелости, а так же репродукцией у рачков. Наиболее токсичными для *D. magna* являются ионы  $Cu^{2+}$ , которые влияют на рассматриваемые физиологические показатели.

Ключевые слова: тяжелые металлы, гидробионты, репродуктивная активность, дафнии.

Ежегодно в природные водоемы поступает огромное количество соединений тяжелых металлов. Попадая в организмы животных, они воздействуют на многие жизненно важные органы, ткани и структуры. При этом нарушаются биохимические процессы, что находит отражение на общем функциональном состоянии гидробионтов, на их дыхании, частоте сердечных сокращений и т.д.

Целью данной работы было: изучить воздействие ионов  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  на физиологические характеристики *Daphnia magna* Straus.

Растворы ацетатов  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  в концентрациях 5,00, 2,50, 1,25, 0,60, 0,30, 0,15, 0,07, 0,03 мг/л готовились путем

последовательного разбавления навески солей отстоянной водопроводной водой. В емкости с растворами солей тяжелых металлов помещали по 10 особей *D. magna*. Кормление дафний осуществляли ежедневно суспензией хлореллы. Опыт проводили в течение 21 суток в трех повторностях. Контролем служила отстоянная водопроводная вода.

В качестве показателей токсичности среды использовались выживаемость рачков, время наступления половозрелости, регистрируемое по моменту откладки яиц в выводковую камеру, время рождения первого помета, общее количество родившейся молодежи.

Опыты по выживаемости дафний в тестируемых средах показали, что в растворах соли меди гибель рачков начинается с концентрации 0,03 мг/л на 4 день эксперимента. При концентрациях 1,25-5,00 мг/л наблюдается 100%-ная смертность в течение 24 ч. Для остальных растворов имеет место линейная зависимость между концентрацией соли и гибелью дафний.

Гибель дафний, инкубированных в растворах ацетата  $Pb^{2+}$  в концентрациях от 0,03 до 0,3 мг/л, на протяжении всего эксперимента не зафиксирована. В растворах соли с концентрациями 0,63, 1,25 мг/л выжило 90% особей, а с 2,50 и 5,00 мг/л – 30 и 60% соответственно.

Результаты, полученные при изучении воздействия растворов ионов  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  на жизнеспособность дафний, похожи между собой. Гибель тест-объектов начинается с 0,03 мг/л и составляет 10%. Для интервала концентраций 0,30-2,50 мг/л характерна линейная зависимость гибели дафний от содержания солей. 100%-ная смертность рачков в течение 24 ч отмечена только для соли  $Co^{2+}$  в растворе с концентрацией 5,00 мг/л.

Репродуктивная активность отмечена только у дафний, инкубированных в растворах ацетатов  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ , при этом снижение плодовитости у дафний, по сравнению с контролем, отмечается начиная с самой низкой концентрации растворов – 0,03 мг/л.

В выводковых камерах зафиксировано от 1 до 3 яиц, в то время как в контроле их количество составляет 5-7 штук. При этом в растворах ацетата никеля появление эмбрионов в выводковых камерах задерживалось на трое суток, ацетата кобальта – на пять, ацетата свинца – на семь суток. Норма наступления половозрелости у дафний – 7-8 суток.

Появление молодежи рачков для ацетатов  $Ni^{2+}$  отмечено на 12,  $Co^{2+}$  на 15,  $Pb^{2+}$  на 16 сутки, и составляет в среднем соответственно 5, 10 и 2 особи. В контроле появление молодежи имеет место на 9-10 сутки в количестве 7 особей. Появление молодежи второго помета и третьего поколения зафиксировано не было.

Половозрелость дафний, помещенных в растворы ацетатов  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  с концентрацией 0,07 мг/л, наступала на 11-е, 13-е, 15-е сутки соответственно.

Количество эмбрионов не превышает 30%. Выход молоди из выводковых камер в растворах перечисленных солей отмечен на 14, 16 и 18 сутки соответственно. Общее количество родившейся молоди к концу эксперимента составляет для растворов ацетатов  $Ni^{2+}$  – шесть,  $Co^{2+}$  – двенадцать,  $Pb^{2+}$  – четырнадцать особей.

В растворе ацетата  $Ni^{2+}$  с концентрации 0,15 мг/л формирование выводковых камер не отмечено. У дафний, инкубированных в растворах ацетатов  $Co^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  в той же концентрации, половозрелость наступает на 11-е и 13-е сутки, соответственно.

Время выхода первого помета для особей, инкубированных в растворе соли  $Co^{2+}$ , составляет 14 суток с начала эксперимента, в растворе соли  $Pb^{2+}$  – 17 суток. Общее количество родившейся молоди в растворе солей  $Co^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  составило в среднем 18 и 12 особей соответственно.

Ацетат свинца в большинстве концентраций также оказывает ингибирующее действие на процессы рождаемости дафний. Исключением является концентрация ацетата свинца 0,31 мг/л, при которой имеет место формирование выводковых камер (в отличие от других солей) на 10 сутки эксперимента. В растворе соли свинца с данной концентрацией появляется большее количество молоди – 26, чем в контроле – 24 особей.

В растворах ацетата свинца с концентрациями 0,62 и 1,25 мг/л у рачков наблюдается значительное снижение репродуктивной функции, о чем свидетельствуют более поздние сроки формирования выводковых камер – 17-е сутки и появление молоди в количестве 4 и 5 особей соответственно на 21 сутки.

В ходе экспериментов в присутствии всех солей во всех концентрациях у дафний не зафиксировано появление абортированных яиц, мертворожденных особей и особей с врожденными уродствами, но отмечено появление особей мужского пола, что указывает на неблагоприятную среду обитания.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно заключить, что наиболее токсичными для дафний являются ионы меди. Ионы свинца в меньшей степени влияют смертность дафний и репродуктивную функцию, однако в некоторых концентрациях вызывают морфологические изменения. Установлено, что тяжелые металлы в низких концентрациях (0,03 мг/л) не оказывают влияния на фильтрационную активность дафний.

#### Литература

1. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4:5 - 2000 Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний. - М., - 2000. - 32 с.
2. Щербань Э.П. сравнительная оценка эффективности биотестирования на различных видах Cladocera / Э.П. Щербань // Гидробиологический журнал. – 1992. – Т. 28. – Вып. 4. – с. 76-81.

3. Шилова Н.А. Влияние биогенных металлов на жизнедеятельность *Daphnia magna* / Н.А. Шилова, С.М. Рогачева, Т.И. Губина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 12, № 1(8), 2010. – с. 1951- 1953.

**А.Р. Магомедова, Ф.А. Джахбарова**

Саратовский государственный медицинский университет  
имени В.И. Разумовского

### **ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ, НАХОДЯЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

В статье обобщены данные о влиянии экологического фактора на здоровье населения, в частности студентов учебных заведений. Описаны необходимые рекомендации по улучшению экологической обстановки.

Ключевые слова: заболеваемость, влияние экологических факторов на здоровье, просветительская работа.

В настоящее время абитуриенты, поступающие в высшие учебные заведения, «тестируются» на вступительных экзаменах исключительно интеллектуально, без учета состояния здоровья и уровня физического развития. Неоднородный по состоянию здоровья набор студенческой молодежи продолжает освоение материала не в стенах вуза, спортивных залах и площадках, а в условиях режима строгих карантинных ограничений, вызванных COVID-19 на многофункциональной платформе онлайн-обучения. В результате такой ситуации врачи все чаще отмечают увеличением числа молодых людей с хроническими заболеваниями, посещающих специальные медицинские группы или исключенных из практики физического воспитания [1].

Вместе с этим на формирование соматического здоровья учащихся откладывает свой отпечаток не только гигиеническое воспитание, образ жизни студенческой молодежи, но и экологические условия внешней среды, под воздействием которых находятся современные учащиеся [2,3].

По данным ежегодных отчетов Саратовского Роспотребнадзора, осуществляющего мониторинг показателей качества факторов областной и городской окружающей среды, уровень их загрязнения продолжает оставаться стабильным.

Так, мониторинг за состоянием атмосферного воздуха на территории области и города Саратова выявил, что доля проб атмосферного воздуха, превышающих ПДК в городских поселениях в 2020 г. составила 1,3%. При этом, по сравнению с 2019 г. отмечалось выраженное увеличение нестандартных проб в 1,8 раза. Приоритетными загрязнителями

атмосферного воздуха в городских поселениях постоянно являются: взвешенные вещества (4,4%), углерод оксид (4,8%), азота диоксид (4,5%), углеводороды (0,6%).

Анализ состояния почвы на территории области в 2020 г. показал, что доля проб, не отвечающих санитарно-химическим показателям, составила 5,3%; доля неудовлетворительных проб по содержанию тяжелых металлов составила – 4,3%; по микробиологическим показателям составила – 2,1%; а по паразитологическим показателям – 0,5%.

По данным за 2020 г. результатов контроля качества питьевой воды из водопроводов на территории Саратовской области по санитарно-химическим показателям процент нестандартных проб составил 24,4 %; по микробиологическим показателям – 3,4%. В результате качественной питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, в 2020 г. было обеспечено лишь 84,1 % населения Саратовской области. В то время как некачественной питьевой водой, более 10% населения Саратовской области, что в современных условиях, безусловно недопустимо

Загрязнение окружающей среды вызывает постоянные усилия организма по его адаптации к вредным воздействиям. Глубокое нарушение адаптации может привести к появлению заболеваний, сбоям в гомеостазе организма, отсутствию мотивации к успешному освоению учебной и профессиональной деятельности.

В создавшихся условиях необходимо рекомендовать учащимся пройти полное медицинское обследование с ранней диспансеризацией студентов, находящихся в зоне риска; организовать проведение экологического образования молодежи; пропаганду соблюдения здорового образа жизни, основанного на правильном питании, физическом воспитании и отсутствии вредных привычек [4-7].

#### Литература

1. Клещина Ю.В. Особенности питания и витаминной обеспеченности организма у девушек с метаболическим синдромом/ Ю.В. Клещина, Ю.Ю. Елисеев// Гигиена и санитария. 2011. № 1. С. 68-70.
2. Елисеева Ю.В. Актуальные проблемы сохранения здоровья подростков в регионе: мониторинг и пути решения/ Ю.В. Елисеева, Е.А. Дубровина, Ю.Ю. Елисеев // Курский научно-практический вестник Человек и его здоровье. 2017. № 2. С. 39-44.
3. Елисеева Ю.В. Гигиеническая безопасность среды обитания и формирование здоровья детей и подростков /Ю.В. Елисеева, А.В. Истомин, О.Ю. Милушкина, Ю.Ю. Елисеев.- Саратов, 2016.- 199 с.
4. Елисеева Ю.В. Состояние реализации здоровьесберегающих технологий в образовательных учреждениях/ Ю.В. Елисеева, Е.А. Дубровина, Ю.Ю. Елисеев, А.В. Истомин //Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 4 (289). С. 35-37.
5. Елисеева Ю.В. Проблемы обеспечения гигиенической безопасности питания населения в Саратовском регионе. / Ю.В. Елисеева, А.В. Истомин, Ю.Ю. Елисеев, Н.Н. Пичугина - Саратов, 2014.- 202 с.



6. Войтович А.А. Влияние факторов профессионального обучения на адаптационные процессы учащихся с ограниченными возможностями здоровья/ А.А. Войтович, Ю.В. Елисева, Ю.Ю. Елисеев // Российский педиатрический журнал. 2014. Т. 17. № 1. С. 38-40.

7. Елисеев Ю.Ю. Перспективы укрепления здоровья школьников на основе оптимизации питания/ Ю.Ю. Елисеев, Ю.В. Клещина// Вопросы детской диетологии. 2009. Т. 7. № 1. С. 46-48.

**О.А. Плотникова, Е.И. Тихомирова**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ЭКОТОКСИКАНТОВ ПАУ**

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются известными экотоксикантами, содержание которых необходимо обязательно контролировать в объектах окружающей среды. Определёнными преимуществами для анализа ПАУ обладают люминесцентные методы. В статье представлены способы повышения селективности люминесцентных методов анализа ПАУ, которые могут успешно быть применены для экологического мониторинга экотоксикантов.

Ключевые слова: люминесцентные методы анализа, селективность метода, синхронная спектрофлуориметрия, полициклические ароматические углеводороды

В настоящее время присутствие разнообразных загрязнителей в различных объектах окружающей среды представляет угрозу экологической безопасности. Потенциальную опасность представляют широко распространенные экотоксиканты – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Многие из представителей этой группы соединений обладают канцерогенными и мутагенными свойствами [1-3]. Источники ПАУ могут быть как природного, так и техногенного происхождения. Среди антропогенных источников ПАУ можно выделить транспорт, мусоросжигательные заводы, производство кокса, асфальта и др.

Для определения ПАУ необходимы высокоэффективные аналитические методы, позволяющие проводить их идентификацию в следовых концентрациях. Часто применяются хроматографические методы [4]. Однако в последние годы все большее распространение получили высокочувствительные методы люминесцентной спектрометрии [5]. Особенно перспективны люминесцентные методы для определения ПАУ, поскольку данные вещества обладают собственной флуоресценцией.

Установлено, что в ряде случаев, когда необходимо определение следовых количеств индивидуальных ПАУ с близкими спектрами

люминесценции в сложных смесях, методы обычной спектрофлуориметрии могут быть недостаточно эффективны. Это вызвано размытостью суммарного спектра люминесценции и отсутствием характерных полос, необходимых для идентификации. Поскольку для решения ряда экологических задач знание только суммарного содержания ПАУ в объектах окружающей среды не всегда бывает достаточно, то необходимо применять методы определения ПАУ, характеризующиеся более высокой селективностью [6].

Рассмотрим некоторые из методов повышения селективности люминесцентных методов. Так, известно, что при сильном охлаждении растворов уменьшается внутреннее и внешнее тушение и, следовательно, возрастает интенсивность люминесценции, спектры становятся более характеристичными. На этом эффекте основана низкотемпературная люминесценция Шпольского, являющаяся важным методом количественного определения следовых концентраций ПАУ в сложных образцах окружающей среды, включая почвы, донные отложения, нефть и биоту [7]. Существуют разработки, связанные с применением организованных мицеллярных сред, позволяющих повысить чувствительность и селективность люминесцентных методов [8]. Авторы работы [9] предложили использовать твердые матрицы – нейлоновые мембраны для флуоресцентного определения бенз[а]пирена. Адсорбция исследуемых веществ на поверхности сорбентов вызывает эффекты, сходные с эффектами, наблюдаемым при сильном охлаждении растворов.

В лабораторной практике давно применяется метод повышения избирательности определения, основанный на спектральной селекции [6]. Для возбуждения люминесценции используют свет такой длины волны, который сильно поглощается определяемым веществом и слабо поглощается прочими компонентами раствора при этом излучение регистрируется в той области длин волн, в которой определяемое вещество сильно люминесцирует, а другие компоненты нет. Однако подобный метод эффективен, если спектры различных компонентов не перекрываются. Меньшим перекрыванием спектров в отличие от спектров флуоресценции характеризуются спектры фосфоресценции, которые можно наблюдать при добавлении в растворы солей металлов – тяжелых атомов (свинец, таллий, серебро и др.) (рисунок 1). Еще одним эффективным методом селективного определения ПАУ служит метод триплет-триплетного переноса энергии электронного возбуждения молекул.

Для повышения селективности количественного определения ПАУ в случае сложных проб окружающей среды также применяют трехмерные спектры люминесценции, представляющие зависимость интенсивности люминесценции как от длины волны возбуждения, так и от длины волны испускания, а также двумерные спектры в виде контурных линий равной интенсивности люминесценции на оси зависимости длин волн испускания



и возбуждения. Для дифференцирования спектров применяют производные спектры [6].

Существенно упростить спектры сложных молекул может синхронная флуоресцентная спектрометрия [10]. Техника синхронного сканирования заключается в получении синхронных спектров, которые в отличие от обычных спектров получают при одновременном сканировании длин волн возбуждения и испускания с постоянным сдвигом  $\Delta\lambda$  между ними.

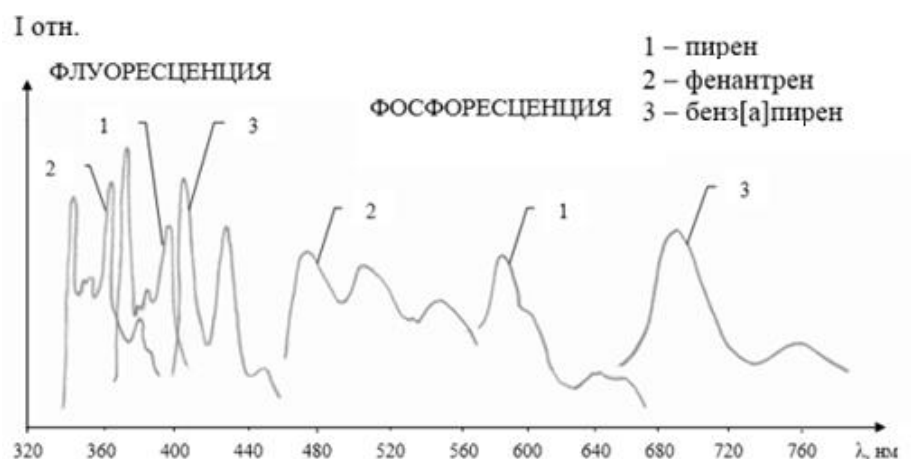


Рис. 1. Спектры флуоресценции и фосфоресценции некоторых представителей ПАУ

На рисунке 2 приведены экспериментально полученные спектры возбуждения флуоресценции, флуоресценции и синхронный спектр флуоресценции водно-мицеллерного раствора перилена в цетилтриметиламмония бромиде. При определенных  $\Delta\lambda$  удастся получить синхронные спектры флуоресценции в виде отдельных полос со значительно меньшим спектральным интервалом по сравнению с обычными спектрами возбуждения и испускания.

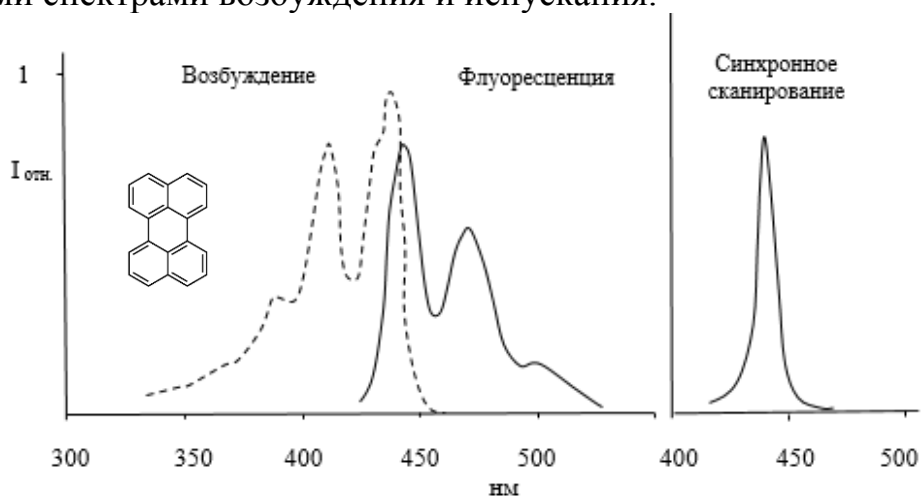


Рис. 2. Спектры возбуждения, флуоресценции и синхронные спектры флуоресценции перилена

Как видно из рисунка 2, используя синхронное сканирование можно получить достаточно интенсивный одиночный узкий пик, характерный для данного ПАУ. В сложных смесях по синхронным спектрам люминесценции, полученным при одном или нескольких значениях  $\Delta\lambda$ , возможна идентификация индивидуальных ПАУ и их количественное определение. Синхронное сканирование значительно упрощает спектры люминесценции исследуемых органических соединений, уменьшает их перекрывание, делая возможным одновременное обнаружение нескольких компонентов смеси. Синхронная спектрофлуориметрия проще в инструментальном исполнении, чем методы спектроскопии высокого разрешения с использованием эффекта Шпольского. Для получения синхронных спектров не требуется особого оборудования, они могут быть получены на обычных спектрофлуориметрах, в которых предусмотрено одновременное движение монохроматоров возбуждения и испускания.

В заключении нужно отметить, что люминесцентные методы могут быть с успехом применены в экологическом мониторинге экотоксикантов для селективного определения ПАУ в их смеси. Перспективным направлением для дальнейших исследований в области анализа экотоксикантов является развитие методик высокоэффективного синхронного люминесцентного определения следовых количеств данных веществ, позволяющего сочетать предварительное сорбционное концентрирование веществ с аналитическим их определением непосредственно в фазе сорбента, минуя этап десорбции органическими растворителями. Это позволит уменьшить длительность пробоподготовки, снизить пределы обнаружения веществ и повысит селективность анализа многокомпонентных смесей ПАУ.

#### Литература

1. Polycyclic aromatic hydrocarbons. A review / A.T. Lawal // Cogent Environmental Science. 2017. V. 3. No. 1. Article: 1339841.
2. Abdel-Shafy, H.I. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation / H. I. Abdel-Shafy, M. S. M. Mansour // Egyptian Journal of Petroleum. 2016. V. 25. № 1. P. 107 – 123
3. Comprehensive review of polycyclic aromatic hydrocarbons in water sources, their effects and treatments. / A. Mojiri [at al.] // Science of the Total Environment. 2019. V. 696. Article: 133971
4. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in environmental samples: A critical review of gas chromatographic (GC) methods / D. L. Poster [at al.] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2006. V. 386. P. 859-881.
5. Luminescence methods for study and determination of pollutants in the environment / T. V. Morales [at al.] // Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2010. V. 29, №1. P. 1-42
6. Гришаева Т.И. Методы люминесцентного анализа: Учебное пособие для вузов. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. 226 с.

7. A novel approach for simultaneous determination of polycyclic aromatic hydrocarbons by Shpol'skii non-linear variable-angle synchronous fluorescence spectrometry/ Zhang W. [et al.] // *Talanta*. 2007. V. 71. No 4. P. 1481–1486.

8. Environmental analytical applications of luminescence in organized supramolecular systems / J. J. Santana Rodriguez [et al.] // *Anal. Bioanal. Chem.* 2006. V. 385. P. 525-545.

9. Bortolato, S.A. A novel application of nylon membranes to the luminescent determination of benzo[a]pyrene at ultra trace levels in water samples / S. A. Bortolato, J. A. Arancibia, G. M. Escandar // *Analytica Chimica Acta*. - 2008. - V. 613. - №. 2. - P. 218-227.

11. Samokhvalov A. Analysis of various solid samples by synchronous fluorescence spectroscopy and related methods: A review // *Talanta*. 2020. V. 216. Article: 120944.

**С.О. Потапова, И.И. Шепелев, Е.Н. Еськова**

Красноярский государственный аграрный университет

## **ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВЕ ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Определение токсичных соединений в почве придорожных территорий при использовании в строительстве дорожных одежд техногенных материалов предлагается идентифицировать анализируемые объекты с использованием метода биотестирования. В качестве биоиндикаторов при определении токсичности почвогрунта были предложены инфузории *Colpoda steinii*. С помощью данного метода можно достаточно оперативно выявить наличие экотоксикантов в почвенных образцах и исключить загрязнение ими компонентов биосферы.

Ключевые слова: экотоксиканты, инфузории, техногенные материалы, почва придорожных территорий, нефелиновый шлам

Изготовление дорожных строительных материалов – одно из самых материалоемких производств. Добыча песка, гравия, щебня и других природных строительных материалов для обустройства слоев дорожных одежд неизбежно сопровождается необратимым нарушением и отчуждением земель. Одним из путей решения данной проблемы является применение техногенных сырьевых компонентов. Их использование способствует помимо сохранения естественных ландшафтов за счет снижения добычи природного сырья, сокращению площадей, отводимых под складирование применяемых отходов, уменьшению вредного воздействия полигонов, являющихся источником долговременного поступления химических веществ в атмосферный воздух, почвы и грунтовые воды [1]. Немаловажным фактором является также рассмотрение вариантов использования отходов не только с учетом

экологических критериев безопасности, но и с учетом стоимости складирования и эксплуатационных затрат и рентабельности утилизации отхода. Для материалов дорожного строительства существенным экономическим фактором является высокая стоимость транспортирования строительных материалов от места добычи или складирования до места, где они будут использоваться [2].

Ранее проведенными исследованиями доказана техническая целесообразность и экономическая эффективность широкого применения в качестве перспективного вторичного сырьевого компонента, обладающего вяжущими свойствами, для укрепления грунтов и устройства оснований дорожных одежд нефелинового шлама – техногенного продукта глиноземного производства на АО «РУСАЛ Ачинск» [3-4]. Однако использование такого рода техногенных материалов при строительстве автомобильных дорог в Сибирском регионе может стать весомым фактором риска для экологического благополучия придорожных территорий из-за возможного наличия токсичных веществ, способных к миграции в сопредельные среды, агрессивность которых, безусловно, следует учитывать при масштабном их применении. Загрязняющие вещества, источниками которых являются транспортные объекты, распространяются и накапливаются во всех компонентах биосферы (воде, воздухе, почвах, растениях). При применении отходов производства в дорожном строительстве, необходимо подтвердить отсутствие токсичных веществ, способных к миграции в сопредельные среды из материалов для дорожных одежд в почвогрунт. Следует учитывать их агрессивность и токсичность по отношению к окружающей природной среде по категориям токсичности.

В качестве биоиндикаторов при определении токсичности почвогрунта и техногенных материалов, применяемых в дорожном строительстве, были взяты инфузории *Colpoda steinii*. Инфузории, являясь одноклеточными микроскопическими организмами, в силу своих размеров, поглощают в основном растворенные вещества. Это делает их ценными тест-объектами для первичного экспресс определения острой токсичности техногенных материалов и грунтов на их основе [5].

Токсичность почвогрунта определяли на примере почвы, отобранной на удалении от объекта техногенного загрязнения почвы. В качестве объекта техногенного загрязнения почвы была взята автодорога Красноярск-Сосновоборск, построенная с применением нефелинового шлама, обладающего ярко выраженными вяжущими свойствами и используемого для укрепления нижнего слоя основания дорожных одежд [4]. Почвенные образцы для определения токсичности отбирали на различном удалении от дорожного полотна – 5, 10, 20, 25, 50 м. Результаты экотоксикологических исследований с применением инфузории *Colpoda steinii* показали, что на удалении от автодорожного полотна на 10 м, проба

почвы считается умеренно токсичной, на 20 м соответственно малотоксичной, а на удалении 25 и 50 м – не токсичной. В ходе проведения эксперимента было установлено, что ни один из испытуемых почвенных образцов, отобранных на удалении 25 и 50 м не являлся токсичным для почвенных инфузорий и даже через три часа водной вытяжки во всех опытных образцах тест-объекты выжили. Точность определения токсичности почвогрунта подтверждают дополнительно проведенные опыты другим способом биотестирования по тест-культурам в соответствии с «Методикой выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв». В качестве тест-культур в этом случае использовались пшеница мягкая яровая (*Triticum vulgare L.*) сорт Новосибирская 29 и кресс-салат (*Lepidium sativum*) сорт Донской. Проведенные опыты с данными тест-культурами показали полную идентичность полученных результатов по токсичности с инфузориями *Colpoda steinii*.

Предлагаемый метод определения токсичности почвы и техногенных материалов, применяемых в дорожном строительстве, позволяет в условиях Сибири идентифицировать анализируемые техногенные материалы методом биотестирования с использованием инфузорий *Colpoda steinii* на основе их выживаемости в тестируемых растворах по категориям их токсичности и предложить оперативный метод выявления экотоксикантов в почве.

#### Литература

1. Степанец, В.Г. Строительство оснований дорожных одежд с применением местных материалов и отходов промышленности [Текст] / В.Г. Степанец, А.В. Герасимов, Н.В. Герасимова // Сб. трудов Совершенствование технологий строительства и ремонта дорог в условиях Сибири. – Омск, 2010. – С. 47-56.
2. Mahinroosta, M. Hazardous aluminum dross characterization and recycling strategies: A critical review [Текст] / M. Mahinroosta, A. Allahverdi // Journal of Environmental Management. – Vol. 223. – 2018. – PP 452-468.
3. Мухаррямов, И.Р. Вопросы использования нефелиновых шламов в дорожных конструкциях [Текст] / И.Р. Мухаррямов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1 (60). – С. 192-197.
4. Шепелев, И.И. Дорожные твердеющие смеси на нефелиновых вяжущих с гипсоангидритовыми модифицирующими добавками [Текст] / И.И. Шепелев и [др.] // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – №1 (60). – С. 181-189.
5. Потапова, С.О. Методика экспресс-оценки токсичности техногенных грунтов методом биотестирования [Текст] / С.О. Потапова, И.И. Шепелев, Е.Н. Еськова // Проблемы региональной экологии. – 2021. – №3. – С.1-14.

**А.Д. Пронина, Х.А. Юзбашева**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет  
им. В.И.Разумовского» Минздрава России

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ НА РИСК ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ РЕГИОНОВ**

Приводится анализ гигиенических данных эффективности применения агрохимикатов, масштабах использования пестицидов в агропромышленном комплексе современной России, разбираются положительные и отрицательные экологические последствия, связанные с универсальным назначением пестицидов.

Ключевые слова: химическое загрязнение, водоемы, сельские регионы, риск здоровью.

Мониторинговые исследования за содержанием химических загрязнителей в открытых водоемах сельской местности убедительно свидетельствуют о наличии стабильного превышения допустимых концентраций для ряда ингредиентов, таких как: железо, марганец, фенол, СПАВ, нефтепродукты, ядохимикаты [1,2,3]. Так, в реках Б.Караман с. Степное Советского района, р.Иргиз Пугачевского района, р. Еруслан Федоровского и Краснокутского районов, а также в реках Камелик и Сестра Перелюбского района Саратовской области на протяжении последних 10-15 лет периода наблюдения отмечалось стабильное загрязнение нефтепродуктами, с превышением допустимых концентраций в 1,5-2,5 раза. В вышеуказанных водоемах, за исключением р. Иргиз, в исследуемые сроки также регистрировалось и повышенное (1,2-2 ПДК) содержание СПАВ. На том же уровне, стабильно на протяжении всего срока исследования выявлялось в открытых водоемах Саратовского Заволжья (реки Б. Узень, Б. Караман, Иргиз, Еруслан, Камелик и Сестра) превышающее ПДК содержание марганца. Содержание железа, превышающее допустимые значения не более чем в 1,4 раза, обнаруживалось лишь в открытом искусственном водоеме, подпитываемом Варфоломеевским групповым водопроводом в Новоузенском районе и в Сокорном пруду у села Демьяс Дергачевского района. Фенол был обнаружен лишь в одном из изучаемых водоемов в реке Еруслан у сел Первомайское, Ивановка, Калуга Федоровского района Саратовского Заволжья в максимальной концентрации, превышающей ПДК в 2,2 раза. Более того, в районах интенсивного использования оросительных систем происходит загрязнение вод в результате поступления возвратного стока с животноводческих ферм и орошаемых участков, загрязненных остатками удобрений, гербицидов, инсектицидов. Все выше изложенное в значительной степени осложняется возможностью

перераспределения ряда химических контаминантов с последующим их накоплением в донных отложениях [4]. В результате при исследовании малых рек Поволжского региона отмечается их стойкое антропогенное загрязнение и низкая самоочищающая способность.

Наблюдаемое природное и антропогенное загрязнение сельскохозяйственных водоемов создает определенные риски, в том числе и отдаленные последствия действия для здоровья населения, проживающего в данных районах [5]. С целью гигиенической оценки риска для здоровья населения содержания химических веществ в воде, подаваемой из изучаемых открытых источников, нами было проведено ранжирование прилегающих к ним территорий сельских населенных пунктов Саратовского Заволжья. В результате подсчета было установлено, что суммарные неканцерогенные индексы опасности в водоемах Новоузенского (0,17), и Дергачевского (0,16) районов были от 1,3 до 8,0 раз ( $p < 0,05 - 0,001$ ) выше, чем в водах Марковского (0,12), Советского (0,09), Перелюбского (0,07), Краснокутского (0,07), Пугачевского (0,04) и Федоровского (0,02) районов. На основе установленных рисков нами проведено ранжирование территорий населенных пунктов сельскохозяйственных районов Саратовского Заволжья по неканцерогенному риску для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих питьевую воду. Выявило, что наиболее опасными оказались поверхностные водоемы Новоузенского (Варфоломеевский групповой водопровод) и Дергачевского (пруд Сокорный и Чапаевское водохранилище, подпитываемые из Орлово-Гайского группового водопровода, р.р. Б.Узень и Б.Чалыкла) районов. Их суммарные неканцерогенные индексы опасности (Н<sub>сум</sub>. 0,17 и 0,16) в отношении критических систем и органов организма (слизистая, кожа, кровь, иммунная система) оказались наиболее высокими.

#### Литература

1. Лаврентьев М.В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды, полученной с использованием локальных систем очистки / М.В. Лаврентьев, А.А. Орлов, Ю.Ю. Елисеев // *Фундаментальные исследования*. – 2011. - № 9-3. – С. 421-425.
2. Мосияш, С.А. Гигиенические аспекты использования малых водотоков Нижнего Поволжья для сельского водоснабжения/ С.А. Мосияш, А.А. Орлов, М.В. Накарякова, Т.Г. Кураева, Ю.Ю. Елисеев // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2011. - № 11 (224). – С. 27 -29.
3. Сергеева, С.Е. Комплексная санитарно-гигиеническая оценка рек питьевого назначения / С.Е. Сергеева, Ю.Ю. Елисеев // *Саратовский научно-медицинский журнал*. – 2008. – Т. 4. - № 4. – С. 18-21.
4. Мусаев, Ш.Ж. Механизмы поведения химических соединений в поверхностном, объемном слоях и донных отложениях водоемов при их антропогенном загрязнении / Ш.Ж. Мусаев, Ю.Ю. Елисеев, И.Н. Луцевич // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2011. – Т. 13. - № 1-8. – С. 1914 – 1916.

5. Штанников, Е.В. Отдаленные эффекты влияния продуктов трансформации пестицидов и поверхностно-активных веществ / Е.В.Штанников, Н.Ю. Степанова, И.Е.Ильин, Ю.Ю.Елисеев // Гигиена и санитария.- 1980- №6.- С.14-16

**Л.Р. Рахматуллина, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев, С.Ш. Рафиков**

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека

**ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ,  
ОБУСЛОВЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПИТЬЕВЫХ ВОД  
ИЗ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ,  
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СТЕРЛИТАМАК**

В работе представлены результаты расчетов неканцерогенного и канцерогенного рисков здоровью населения города с развитой нефтехимической промышленностью. Так в питьевой воде Ашкадарского водозабора, установлено превышение гигиенического норматива по фенолу до 1,7 раз. Результаты расчетов неканцерогенного риска для здоровья населения, демонстрируют, что в питьевой воде риск минимален. Уровни суммарных канцерогенных рисков составили  $1,36-1,5E-04$  что соответствует третьему диапазону риска и является неприемлемым для здоровья населения.

Ключевые слова: оценка риска здоровью; канцерогенный риск; неканцерогенный риск; водоснабжение.

Среди промышленных городов Республики Башкортостан (РБ) наибольшей нагрузке химическими соединениями в питьевой воде подвержены: Стерлитамак, Салават, Благовещенск, Туймазы и Уфа. Согласно проведенным исследованиям в этих городах суммарный канцерогенный риск для здоровья населения определен на неприемлемом уровне ( $2,1-7,0 \cdot 10^{-4}$ ) [1-2].

Город Стерлитамак является крупным промышленным центром, где развиты: нефтехимическая, химическая, машиностроительная, легкая промышленность и т.д. Проведение гигиенической оценки факторов среды обитания и рисков для здоровья населения, в условиях развитой многопрофильной промышленности позволяет выявить приоритетные соединения и принять комплекс управленческих решений по оздоровлению среды обитания и населения [3].

Целью настоящего исследования явилось: оценка риска здоровью населения г. Стерлитамак, связанного с качеством питьевых вод из систем централизованного водоснабжения.

Для исследования были использованы материалы лабораторий РАЦККВ «Башкоммунводоканал», ФБУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии по Республике Башкортостан» за 2016-2018 гг. Проанализировано 22 показателя в питьевой воде двух основных



водозаборов (Берхомут и Ашкадарский), среди которых 18 санитарно-химических и 4 микробиологических показателя. Оценка риска проведена с соблюдением условий и требований Руководства 2.1.10.1920-04 [4]. Данные о численности населения города взяты из Федеральной службы государственной статистики [5].

Результаты и обсуждение: Анализ лабораторных данных за 2016-2018 гг. показал, что вода, подаваемая населению г. Стерлитамак, не соответствует гигиеническим нормативам. Обнаружено превышение предельно-допустимых концентраций по санитарно-химическим показателям (фенола до 1,7 раз в Ашкадарском водозаборе), а также выявлено присутствие в питьевой воде солей тяжелых металлов и продуктов трансформации (тригалогенметанов), что связано с антропогенным фактором (развитая нефтехимическая и химическая промышленность; обеззараживание питьевой воды препаратами хлора и т.д.). Отклонений по остальным показателям, в том числе микробиологическим, в питьевой воде водозаборов не выявлено.

Оценка неканцерогенных рисков при употреблении питьевой воды г. Стерлитамака приведена в таблице 1. Индексы опасности по всем органам и системам не превышают уровень допустимого риска ( $<1,0$ ), следовательно, не представляют угрозу для здоровья населения. Отметим, что наибольшие индексы опасности получены со стороны почек (НИ=0,276-0,353), печени (НИ=0,276-0,315), ЦНС (НИ=0,111-0,158), гормональной системы (НИ=0,116-0,201) и биохимических изменений (НИ=0,113-0,139).

Уровни индивидуальных канцерогенных рисков для населения (таблица 2) не превышают допустимый уровень риска по всем соединениям. Суммарный канцерогенный риск для населения, использующих воду водозаборов Берхомут и Ашкадарский, соответствует неприемлемому уровню риска для здоровья населения (более одного случая на 10000 населения) преимущественно за счет свинца (6,74-7,4%), бенз(а)пирена (48,91-59%), бромдихлорметана (2,3-7,75%) и дибромхлорметана (13-36,02%). Популяционные канцерогенные риски для населения, использующего воду из водозаборов Берхомут и Ашкадарский, составили 42 и 39 случаев соответственно.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о существующей опасности для здоровья населения г. Стерлитамак в связи с присутствием в питьевой воде централизованного водоснабжения перечня соединений, обладающих канцерогенными свойствами. Так, суммарные канцерогенные риски для здоровья населения превышают допустимый уровень за счет присутствия в питьевой воде тяжелых металлов и тригалогенметанов. Отметим, что в питьевой воде Ашкадарского водозабора необходимо применение дополнительных методов водоочистки для снижения концентрации фенола.

Таблица 1

Уровни неканцерогенного риска (индексы опасности), связанные с качеством питьевой воды г. Стерлитамак

| Органы и системы       | Неканцерогенный риск    |                             |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|                        | РЧВ водозабора Берхомут | РЧВ Ашкадарского водозабора |
| ЦНС                    | 0,111                   | 0,158                       |
| ССС                    | 0,057                   | 0,052                       |
| ЖКТ                    | 0,00012                 | 0,00024                     |
| Костная система        | 0,018                   | 0,083                       |
| Гормональная система   | 0,116                   | 0,201                       |
| Иммунная система       | 0,0571                  | 0,0571                      |
| Репродуктивная система | 0,0967                  | 0,0967                      |
| Селезенка              | 0,1                     | 0,001                       |
| Поджелудочная железа   | 0,077                   | 0,061                       |
| Почки                  | 0,276                   | 0,353                       |
| Печень                 | 0,276                   | 0,315                       |
| Кровь                  | 0,096                   | 0,143                       |
| Б/х изменения          | 0,113                   | 0,139                       |
| Развитие плода         | 0,0821                  | 0,0822                      |
| Рак                    | 0,021                   | 0,021                       |
| Волосы                 | 0,01                    | 0,001                       |
| Кожа                   | 0,031                   | 0,022                       |

Таблица 2

Уровни канцерогенного риска, связанные с качеством питьевой воды г. Стерлитамак

| №  | Показатель      | Канцерогенный риск      |                             |
|--|-----------------|-------------------------|-----------------------------|
|  |                 | РЧВ водозабора Берхомут | РЧВ Ашкадарского водозабора |
| 1  | Свинец          | 1,01E-05                | 1,01E-05                    |
| 2  | Кадмий          | 1,14E-06                | 8,13E-06                    |
| 3  | Бенз(а)пирен    | 7,3E-05                 | 8,03E-05                    |
| 4  | Хлороформ       | 8,54E-07                | 3,72E-06                    |
| 5  | Тетрахлорметан  | 7,02E-06                | 5,59E-06                    |
| 6  | Бромдихлорметан | 3,41E-06                | 1,05E-05                    |
| 7  | Дибромхлорметан | 5,38E-05                | 1,76E-05                    |
| Суммарный канцерогенный риск                     |                 | 1,5E-04                 | 1,36E-04                    |
| Популяционный канцерогенный риск (на 279329 чел) |                 | 41,68                   | 38,98                       |

Литература

1. Байкина И.М. Оценка риска здоровью детей в городах Республики Башкортостан / И.М. Байкина, Н.С. Кондрова, Н.Х. Давлетнуров, Р.Р. Халфина, Г.Р. Нафикова, Л.Б. Овсянникова // Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения: материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием под общ. ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко, чл.-корр. РАМН Н.В. Зайцевой. Пермь: Книжный формат. 2011. С. 126 – 130.

2. Валеев Т.К. Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения нефтедобывающих территорий, связанного с употреблением питьевых вод / Т.К. Валеев, Р.А. Сулейманов, А.Б. Бакиров, Г.Г. Гимранова, Р.А. Даукаев, Г.Р. Аллаярова, Н.Р. Рахматуллин, Н.Н. Егорова, З.Б. Бактыбаева // Медицина труда и экология человека. 2016. №2. С. 25 – 32.

3. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековшинина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. №2. С.44-55. DOI: 10.21688/health.risk/2019.2.05.

4. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»

5. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан. Available at: <https://bashstat.gks.ru/>

**Р.А. Сулейманов<sup>1</sup>, Т.К. Валеев<sup>1,2</sup>, Н.Р. Рахматуллин<sup>1</sup>,  
Л.Р. Рахматуллина<sup>1</sup>, А.В. Ахмадеев<sup>2</sup>, Р.М. Хазиахметов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ КАК ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ**

Краткая аннотация: в статье представлены материалы научного анализа существующей информации о вопросах регулирования качества питьевых вод в России и в общемировом масштабе. Обозначены существующие проблемы безопасного водообеспечения, предложен ряд мероприятий по оптимизации системы регулирования качества источников питьевого водоснабжения, снижению негативного воздействия на состояние здоровья населения.

Ключевые слова: водоснабжение, качество питьевых вод, здоровье населения

Целью демографической политики Российской Федерации (РФ) является создание условий для роста численности населения к 2025 году до 145 млн. человек, а также повышение качества жизни и увеличение ожидаемой продолжительности жизни до 75 лет [1]. При этом, в качестве основных задач демографической политики РФ на период до 2025 года запланировано: сокращение уровня смертности не менее, чем в 1,6 раза,

прежде всего в трудоспособном возрасте; сокращение уровня материнской и младенческой смертности не менее, чем в 2 раза; повышение уровня рождаемости (увеличение суммарного коэффициента рождаемости в 1,5 раза).

Согласно концепции демографического развития Республики Башкортостан (РБ) были определены следующие приоритеты по достижению ключевых показателей воспроизводства населения на период 2015-2025 годы: довести численность населения до 4150 тыс. человек и увеличить среднюю продолжительность жизни до 75 лет [2].

Достижение целей демографической политики РФ и РБ в значительной степени зависит от успешного решения широкого круга задач социально-экономического развития, создания эффективной социальной инфраструктуры (здравоохранения, социальной защиты населения), улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки, в том числе снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха, продуктов питания, источников питьевого водоснабжения.

Обеспечение населения питьевой водой гарантированного качества продолжает оставаться важной проблемой в связи с существующим воздействием источников загрязнения на водные объекты. В условиях интенсивного загрязнения поверхностных и подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения токсичными продуктами хозяйственной деятельности человека регистрируется ухудшение качества подаваемой населению питьевой воды, что представляет серьезную опасность для здоровья населения.

Согласно данным Роспотребнадзора в настоящее время доброкачественной питьевой водой обеспечено лишь 86,5% населения РФ [3]. Основная часть населения, обеспеченного водой гарантированного качества проживает в городских поселениях (81%). Из общего количества существующих источников централизованного питьевого водоснабжения – 15,7% не отвечают санитарно-эпидемиологическим требованиям.

Санитарное неблагополучие более 84% источников поверхностного и 75% источников подземного водоснабжения обусловлено отсутствием зон санитарной охраны и несоблюдением требований к их организации и эксплуатации.

Анализ материалов санитарного состояния централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения позволил определить основные причины их неудовлетворительного состояния:

- факторы природного характера (повышенное содержание в воде водоносных горизонтов солей кальция, магния, соединений железа, марганца, сульфатов, хлоридов, фторидов);
- увеличивающееся техногенное загрязнение поверхностных и подземных вод в результате хозяйственной деятельности человека;

- отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны водоисточников;
- отсутствие производственного контроля или осуществление производственного контроля в сокращенном объеме;
- использование устаревших технологических решений водоподготовки в условиях ухудшения качества воды;
- низкое санитарно-техническое состояние существующих водопроводных сетей и сооружений;
- нестабильная подача воды в разводящую сеть, приводящая к ее вторичному загрязнению.

Как показывают многочисленные исследования, на отдельных территориях России водоносные горизонты характеризуются повышенным, по отношению к нормативам, содержанием железа, марганца, ртути, меди, кадмия, хрома, бора, стронция, нефтепродуктов, фенолов, сульфатов, хлоридов, нитратов и др. При этом наблюдается загрязнение источников водоснабжения питьевых вод основных промышленных центров и сельских населенных пунктов.

В отечественной и зарубежной литературе все чаще публикуются работы, свидетельствующие о причинно-следственных связях ряда заболеваний сердечно-сосудистой, мочевыделительной, пищеварительной, нервной, иммунной систем, опорно-двигательного аппарата, дефектов развития с употреблением питьевых вод, содержащих повышенные концентрации вредных соединений.

Как свидетельствует официальная статистика неудовлетворительное качество питьевой воды формирует на территориях РФ около 11,0 тыс. дополнительных случаев смертей и 2900 тыс. дополнительных случаев заболеваний всего населения (в т.ч. занятого населения, включая временную нетрудоспособность по уходу за больным). Общий ущерб, обусловленный воздействием загрязненных питьевых вод на состояние здоровье населения, ежегодно составляет около 50 млрд. рублей.

Учитывая достаточно высокий риск здоровью населения, в связи с употреблением загрязненных питьевых вод, приобретают особую значимость вопросы регулирования качества источников питьевого водоснабжения.

В области разработки нормативной базы регулирования качества питьевых вод РФ опережает мировое сообщество, имея 56 приоритетных показателей и 713 дополнительных нормативных показателей для питьевой воды, а также более 1800 нормативов содержания веществ в воде водных объектов культурно-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования. Основные приоритеты включают в себя микробиологические, обобщенные физико-химические и радиологические показатели, продукты дезинфекции воды, ряд соединений неорганической и органической природы.

Анализ существующей информации по проблемам регулирования качества питьевых вод [4-5] свидетельствует, что в общемировом масштабе практически отсутствуют единые требования к составу и свойствам питьевой воды. При сравнении международных и национальных стандартов РФ, ЕС, ВОЗ, Китая, США выявляется различие в перечнях и величинах определяемых показателей.

Так, существенные различия в требованиях стандартов наблюдаются по показателям общей жесткости, величин содержания кадмия, ртути, хлоридов, бенз(а)пирена, ксилола, анионактивных ПАВ, толуола, остаточного хлора и др. Причем литий, нефтепродукты, этилбензол, трихлорфенол контролируются только в РФ, асбест – в США, формальдегид – РФ и Китае, хлороформ – ЕС и Китае, а ряд микробиологических показателей (общее микробное число (ОМЧ) и колифаги) – только в РФ.

Следует отметить, что нормативные базы стандартов и руководств по качеству питьевых вод постоянно развиваются и совершенствуются по мере накопления новых научных знаний о действии водных загрязнений на человека.

Таким образом, проведенный анализ доступных информационных материалов и собственных исследований вскрывает не только остроту существующих проблем безопасного водообеспечения, но и обосновывает необходимость и актуальность принятия санитарно-законодательных решений по гармонизации показателей качества питьевой воды и снижению их негативного воздействия на состояние здоровья населения.

При этом безопасность водоснабжения для здоровья населения должна обеспечиваться:

- созданием эффективной системы водоснабжения и водоотведения на территориях населенных пунктов;
- формированием перечней показателей качества питьевых вод для совершенствования системы контроля по отдельным промышленным центрам РФ с гармонизацией нормативных величин с международными требованиями;
- ускоренным развитием инновационно-технологического потенциала и улучшение качества питьевого водоснабжения на основе новых технологических решений.

#### Литература

1. Приложение. Концепция демографической политики РФ на период до 2025 г. <https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>
2. Об утверждении концепции демографической политики Республики Башкортостан на период до 2025 года. <https://docs.cntd.ru/document/935106851>
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад.– М.: Федеральная

служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021.– 256 с.

4. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы //Гигиена и санитария. – 2014. – № 2. – С. 5–17.

5. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Кирьянова Л.Ф., Севостьянова Е.М., Рыжова И.Н., Савронский А.Ю. Актуальные проблемы обеспечения населения доброкачественной питьевой водой и пути их решения //Вестник РАМН. – 2006. – №4. – С. 9–17.

**Р.А. Сулейманов<sup>1</sup>, Т.К. Валеев<sup>1,2</sup>, Н.Р. Рахматуллин<sup>1</sup>,  
Л.Р. Рахматуллина<sup>1</sup>, В.Н. Тихонов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа

<sup>3</sup>ФКУ «ОСК Южного военного округа», Россия, Ростов-на-Дону

## **ОЦЕНКА РИСКА КАНЦЕРОГЕННЫХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННОГО С КАЧЕСТВОМ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Краткая аннотация: установлено, что наиболее существенным фактором канцерогенного риска для здоровья населения территорий с развитой нефтяной промышленностью является неудовлетворительное качество атмосферного воздуха. Значимыми загрязнителями объектов окружающей среды, формирующими повышенный уровень канцерогенного риска, являются: в атмосферном воздухе – формальдегид, тетрахлорметан, хром, углерод, бензол; в питьевой воде централизованного водоснабжения – мышьяк, хром.

Ключевые слова: атмосферный воздух, питьевая вода, канцерогенный риск здоровью населения.

Эколого-гигиеническое обоснование безопасности среды обитания с учетом факторов риска и состояния здоровья населения является важной социальной и медико-экологической проблемой [1-3]. За последние годы в России и во всем мире наблюдается рост числа злокачественных новообразований. Ежегодно в мире регистрируется около 10 млн. новых случаев злокачественных новообразований и более 6 млн. смертей от них [4]. Отдельными исследованиями показано, что процесс развития злокачественных новообразований имеет многомерный характер, связанный с воздействием комплекса техногенных, природных, медико-демографических факторов, а также уровнем социально-экономического состояния территорий и образа жизни населения [5-6].

Среди промышленных предприятий, оказывающих значимое воздействие на загрязнение объектов среды обитания, одно из ведущих мест занимают предприятия нефтяного комплекса. Состав выбросов и

сбросов загрязняющих веществ нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств характеризуется широким спектром токсичных соединений, в том числе, обладающих канцерогенными эффектами. Концентрация предприятий нефтяного комплекса в Республике Башкортостан (РБ) существенно превышает общероссийские показатели, особенно в части размещения предприятий нефтепереработки и нефтехимии. Вследствие этого, данные территории подвергаются значительной химической нагрузке на объекты окружающей среды. Объем валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от основных объектов отрасли на территории РБ составляет около 300 тыс. тонн в год. По данным Минздрава РБ уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями на территориях размещения предприятий нефтяной отрасли выше среднереспубликанского в 1,1-1,7 раза [4, 7].

Учитывая вышеизложенное, является актуальным проведение исследований, направленных на обоснование фактических уровней канцерогенного риска для здоровья населения техногенных территорий, обусловленных экспозицией потенциально опасных химических загрязнителей окружающей среды, с последующей разработкой санитарно-гигиенических рекомендаций и управленческих решений.

На этапах идентификации и оценки экспозиции основных канцерогеноопасных соединений был осуществлен динамический (за 2007-2020 гг.) анализ данных мониторинговых наблюдений за качеством атмосферного воздуха и питьевых вод в городах – Уфа, Стерлитамак, Салават – центрах нефтепереработки и нефтехимии РБ. Оценку канцерогенного риска здоровью населения проводили в соответствии с методологическими подходами Руководства 2.1.10.1920-04 [8].

Исследованиями установлено, что в атмосферном воздухе и питьевой воде исследуемых территорий РБ, на фоне широкого спектра химических веществ, присутствуют примеси более 30 канцерогеноопасных соединений, значимые загрязнители из которых, представлены в таблице.

По результатам проведенных расчетов уровень суммарного канцерогенного риска, ассоциированного с загрязнением атмосферного воздуха, для населения городов: Уфы, Стерлитамака, Салавата составил от  $3,3E-04$  до  $8,9E-04$ , что классифицируется, как приемлемый для профессиональных групп и неприемлемый для населения в целом. В структуре аэрогенного канцерогенного риска, наибольшее значение имеют: формальдегид (Уфа, Стерлитамак), бензол (Салават, Благовещенск), тетрахлорметан (Уфа, Стерлитамак, Салават), углерод (Уфа), шестивалентный хром (Уфа, Стерлитамак, Салават).

Значения суммарных канцерогенных рисков, обусловленных питьевой водой, для населения исследуемых территорий городов составили от  $1,2E-04$  до  $3,4E-04$  – не приемлемый уровень риска для населения и допустимый для профессиональных групп.



Таблица

Приоритетные канцерогеноопасные загрязнители атмосферного воздуха и питьевой воды на техногенных территориях РБ

| Вещество        | Присутствие в среде |               | Классификация канцерогенов |                  |
|-----------------|---------------------|---------------|----------------------------|------------------|
|                 | атмосферный воздух  | питьевая вода | МАИР <sup>1</sup>          | ЕРА <sup>2</sup> |
| Формальдегид    | +                   | -             | 2А                         | В1               |
| Бенз(а)пирен    | +                   | +             | 2А                         | В2               |
| Бензол          | +                   | +             | 1                          | А                |
| Тетрахлорметан  | +                   | +             | 2В                         | В2               |
| Углерод (сажа)  | +                   | -             | 2В                         | -                |
| Хром (VI)       | +                   | +             | 1                          | А                |
| Свинец          | +                   | +             | 2А                         | В2               |
| Никель          | +                   | +             | 2В                         | А                |
| Кадмий          | -                   | +             | 1                          | В1               |
| Бромдихлорметан | -                   | +             | 2В                         | В2               |
| Пентахлорфенол  | -                   | +             | 2В                         | В2               |

Примечание: <sup>1</sup> – классификация Международного агентства по изучению рака; <sup>2</sup> – классификация степени доказанности канцерогенности для человека.

Рассчитанные уровни риска находятся в одном диапазоне на всех территориях и обусловлены в первую очередь экспозицией мышьяка ( $6,9E-05-1,4E-04$ ) и шестивалентного хрома (до  $7,6E-05-1,9E-04$ ). Следует отметить, что существенный вклад в суммарные величины канцерогенного риска при пероральном пути поступления вносят также и ряд хлор- и броморганических соединений, образующихся в процессе обеззараживания (хлорирования) природной воды: пентахлорфенол, хлороформ, бромдихлорметан.

Уровень общего суммарного многосредового канцерогенного риска, ассоциированного ингаляционным и пероральным воздействием токсикантов, для населения г. Уфы составил  $1,1E-03$ , Стерлитамака –  $1,0E-03$ , что превышает допустимое значение в 10 раз и определяется четвертым диапазоном риска – «неприемлемый уровень ни для населения, ни для профессиональных групп». В г. Салавате уровень суммарного канцерогенного риска для населения несколько меньше ( $7,6E-04$ ) и относится к третьему диапазону – «приемлемый для профессиональных групп и неприемлемый риск для населения в целом». Ведущий вклад в формирование многосредового канцерогенного риска на всех исследуемых территориях вносит аэрогенный фактор среды обитания: в Уфе – 81%, Стерлитамаке – 71%, Салавате – 84%. Величина суммарного популяционного многосредового канцерогенного риска от воздействия аэрогенного и водного факторов составила: в Уфе – 1216, Стерлитамаке – 279, Салавате – 118 дополнительных (к фоновому уровню) случаев злокачественных новообразований.

Таким образом, исследованием установлено, что наиболее существенным фактором негативного влияния на здоровье населения территорий размещения предприятий нефтяной отрасли является неудовлетворительное качество атмосферного воздуха. Значимыми загрязнителями объектов окружающей среды, формирующими повышенный уровень канцерогенного риска, являются: в атмосферном воздухе – формальдегид, тетрахлорметан, хром (VI), углерод, бензол; в питьевой воде централизованного водоснабжения – мышьяк, хром.

По результатам исследования был разработан и внедрен в Управление Роспотребнадзора комплекс экологических и санитарно-гигиенических мероприятий, направленный на осуществление эффективного контроля и надзора за состоянием объектов среды обитания, снижение канцерогенных рисков здоровью и улучшение медико-демографических показателей населения РБ.

#### Литература

1. Онищенко, Г.Г. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации /Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур //Анализ риска здоровью. 2014; 2: 4-13.
2. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения в промышленном городе с развитой нефтехимией /З.Ф. Аскарлова, Р.А., Аскарлов, Г.А. Чуенкова, И.М. Байкина // Здравоохранение Российской Федерации. – 2012. – № 3. – С. 44–47.
3. Попова, А.Ю. О развитии системы риск-ориентированного надзора в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей /А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов //Анализ риска здоровью. 2015; 4: 4-12.
4. Давлетнуров, Н.Х. Заболеваемость злокачественными новообразованиями как индикатор медико-экологической безопасности территорий (на примере Республики Башкортостан) /Н.Х. Давлетнуров, Е.Г. Степанов, А.С. Жеребцов, Г.Я. Пермина //Медицина труда и экология человека. 2017; 2: 53-64.
5. Чиссов В.И., Старинский В.В. Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность). – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2012; 260 с.
6. Юдин С.В., Лучкевич В.С., Кику П.Ф. Медико-социальные и экологогигиенические факторы риска онкологических заболеваний. – СПб., 2002; 284 с.
7. Сулейманов, Р.А. Научно-исследовательская деятельность института в решении экологических проблем Республики Башкортостан /Р.А. Сулейманов, А.Б. Бакиров, Т.К. Валеев, З.Б. Бактыбаева, Н.Р. Рахматуллин, Н.Н. Егорова //Медицина труда и экология человека, 2017; 4: 10-17.
8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

**Н.С. Тамбиева, Т.В. Князева, В.Е. Котова**

ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАШАРСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В работе рассматриваются результаты анализа проб природной воды Кашарского района Ростовской области, в которых проводили определение содержания тяжелых металлов, фторидов, натрия, взвешенных веществ, общей минерализации и полициклических ароматических углеводородов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, фториды, натрий, сухой остаток, полициклические ароматические углеводороды, природные воды, Кашарский район, г. Ростов-на-Дону.

Кашарский район расположен на севере Ростовской области в пределах Доно-Донецкой возвышенности в долине реки Ольховая по обеим ее берегам. На территории района протекают 6 рек и находится самое крупное в районе Кашарское водохранилище («Кашарское море»). Основные реки – Ольховая, Большая, Нагольная, Яблонева, они мелководны, характеризуются медленным течением и в жаркое время года частично пересыхают. Кашарское водохранилище было создано из русла реки Ольховая в целях орошения сельскохозяйственных земель. Водосборные районы рек Ольховая и Нагольная изобилуют многочисленными ручьями, родниками и прудами.

Экономика Кашарского района специализируется на производстве сельхозпродукции и ее переработке, в последнее время в районе активно развивается дорожное и жилищное строительство. Источниками загрязнения природных вод могут быть сточные воды хлебо-, масло- и комбикормового заводов, транспортных и строительных предприятий, неорганизованные коммунальные и от полива земель сбросы.

Цель данной работы – установить уровни концентраций некоторых токсичных и общих гидрохимических показателей в природных водах (подземных и поверхностных) Кашарского района, а также провести сравнение с концентрациями этих же компонентов для воды реки Дон.

Содержание многих из анализируемых показателей подлежит контролю, предельно-допустимые концентрации (ПДК) представлены в таблицах 1, 2 [1, 2].

Для исследования в феврале 2021 г. были отобраны пробы подземной воды на территории слободы Кашары (криница, ул. Песчаная; родник, ул. Байдака; скважина, ул. Школьная). Проведено определение тяжелых металлов, фторидов, сухого остатка (как косвенного показателя минерализации вод) и водородного показателя (рН). Пробы поверхностных

вод были отобраны в апреле-мае 2021 г. в реке Нагольная, реке Ольховая (район автостанции) и Кашарском водохранилище (сл. Кашары); в реке Дон (г. Ростов-на-Дону) выше и ниже от устья загрязненной реки Темерник [3]. В дополнение к перечисленным показателям в этих водах определяли концентрации приоритетных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и взвешенных веществ.

Определение валового содержания тяжелых металлов проводили атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией в нефилтрованных пробах воды после консервирования азотной кислотой [4]. Установление массовых концентраций индивидуальных ПАУ в воде выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии после экстракции органическими растворителями и выделения фракции исследуемых компонентов с помощью колоночной хроматографии [5]. Массовые концентрации натрия и фторидов определяли потенциометрическим методом [6, 7]. Для определения сухого остатка и взвешенных веществ использовали гравиметрический способ [8].

Результаты измерений показателей представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Результаты анализа природных вод водных объектов Кашарского района и реки Дон

| Точка отбора пробы   | Гидрохимические показатели                      |       |       |       |       |   |             |                 |                |           |
|--|---|-------|-------|-------|-------|---|-------------|-----------------|----------------|-----------|
|  | Валовое содержание металлов, мг/дм <sup>3</sup> |       |       |       |       | Массовая концентрация, мг/дм <sup>3</sup> |             |                 |                | рН        |
|  | Fe  | Mn    | Cu    | Zn    | V     | Сухой остаток                             | Взвеш. в-ва | Na <sup>+</sup> | F <sup>-</sup> |           |
| Подземные воды   |   |       |       |       |       |   |             |                 |                |           |
| Криница  | 0,027   | 0,009 | 0,007 | 0,012 | -     | 275                                       | -           | 18,3            | 0,184          | 7,13      |
| Родник   | 0,051   | 0,002 | 0,002 | 0,002 | -     | 559                                       | -           | 49,1            | 0,152          | 6,95      |
| Скважина   | 0,174   | 0,029 | 0,002 | 0,003 | -     | 1100                                      | -           | 89,9            | 0,279          | 7,14      |
| Поверхностные воды   |   |       |       |       |       |   |             |                 |                |           |
| р. Ольховая  | 0,081   | 0,142 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 1319                                      | 2,8         | 147,6           | 0,330          | 8,13      |
| Кашарское вдхр.  | 0,066   | 0,302 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 1373                                      | 8,1         | 153,7           | 0,326          | 8,02      |
| р. Нагольная   | 0,492   | 0,334 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 1216                                      | 29,5        | 164,8           | 0,337          | 7,65      |
| р. Дон, выше устья<br>р. Темерник  | 1,11  | 0,09  | 0,002 | 0,015 | 0,007 | 804                                       | 15,6        | 123,0           | 0,336          | 7,62      |
| р. Дон, ниже устья<br>р. Темерник  | 1,64  | 0,11  | 0,005 | 0,110 | 0,022 | 1330                                      | 30,8        | 123,0           | 0,383          | 8,24      |
| ПДК, мг/дм <sup>3</sup>  | 0,3   | 0,1   | 1,0   | 5,0   | 0,1   | 1500*                                     | -           | 200             | 0,7            | 6,0-9,0** |
| * обобщенный показатель качества вод питьевого нецентрализованного водоснабжения   |   |       |       |       |       |   |             |                 |                |           |
| ** обобщенный показатель качества вод питьевого водоснабжения, водоисточников хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования |   |       |       |       |       |   |             |                 |                |           |

По минерализации воды криницы и родника по классификации В.И Вернадского относятся к пресным водам, что оправдывает использование их жителями слободы в питьевых целях; а воды скважины – к слабосоленоватым. Концентрации тяжелых металлов и натрия находятся ниже установленных ПДК, содержание фторидов низкое и также не превышает ПДК.

В поверхностных водах Кашарского района для некоторых тяжелых металлов найдены концентрации, превышающие значения ПДК: от 1,4 до 3,3 ПДК для марганца, 1,6 ПДК для железа в реке Нагольная. В свою очередь, в воде р. Дон также обнаружено превышение ПДК для марганца (1,1 ПДК) и железа (3,7 ПДК и 5,5 ПДК). Концентрации фторидов, натрия, меди во всех исследованных поверхностных водах соизмеримы, концентрации ванадия, цинка и взвешенных веществ в воде реки Дон выше, чем в водных объектах Кашарского района. По показателю минерализация вода рек Нагольная, Ольховая и Кашарского водохранилища относится к слабосоленоватым, вода реки Дон до впадения реки Темерник характеризуется как пресная, а после впадения – слабосоленоватая. Большую минерализацию поверхностных вод Кашарского района по сравнению с подземными можно объяснить применением минеральных удобрений, в том числе фосфор- и фторсодержащих, в сельском хозяйстве, что подтверждается увеличением концентраций фторидов и натрия. Значения водородного показателя поверхностных вод Кашарского района несколько выше, чем подземных вод, и соизмеримы с полученными для реки Дон.

Таблица 2

Результаты определения приоритетных ПАУ в поверхностных водах Кашарского района и реки Дон

| Точка отбора                         | Концентрация, нг/дм <sup>3</sup> |               |          |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------|----------|
|                                      | сумма ПАУ                        | Бензо[а]пирен | Нафталин |
| р. Ольховая                          | 472                              | 1,5           | 76       |
| Кашарское вдхр.                      | 28                               | 0,9           | 8,0      |
| р. Дон, выше впадения<br>р. Темерник | 44                               | 1,0           | 16       |
| р. Дон, ниже впадения<br>р. Темерник | 91                               | 1,5           | 19       |
| ПДК, мкг/дм <sup>3</sup>             | -                                | 0,00001       | 4        |

Концентрации бензо[а]пирена и нафталина во всех исследованных объектах не превышали ПДК. Суммарные концентрации приоритетных ПАУ в воде реки Дон были в 1,6-3,2 раза, а в воде реки Ольховая в 16,9 раз выше, чем в воде Кашарского водохранилища. Максимальные значения всех показателей установлены для воды реки Ольховая, что может быть объяснено тем, что точка отбора пробы находилась недалеко от автостанции слободы Кашары.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют об экологическом благополучии исследуемых подземных вод Кашарского района. Различие в уровнях концентраций тяжелых металлов, ПАУ, взвешенных веществ, установленных для поверхностных вод Кашарского района и реки Дон может быть связано с особенностями их гидрологического режима, а также различными источниками загрязнения.

#### Литература

1. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». М.: ВНИРО, 2017. 214 с.
2. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.01.2021 г. № 62296.
3. Котова, В.Е. Изучение загрязнения р. Темерник некоторыми приоритетными экотоксикантами / В.Е. Котова, Н.С. Тамбиева, Т.В. Князева // Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения». Саратов, 2020 г. С. 228-232.
4. РД 52.24.377–2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб. Ростов-на-Дону, 2008. 26 с.
5. Патент 2646402 РФ. Способ подготовки проб для определения алифатических и полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях / В.Е. Котова, Ю.А. Андреев; заявитель и патентообладатель ФГБУ «Гидрохимический институт». № 2017106715 от 28.02.2017; опубл. 05.03.2018.
6. РД 52.24.365–2008. Массовая концентрация натрия в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом. Ростов-на-Дону, 2008. 25 с.
7. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1/ Под редакцией Боевой Л.В.. Ростов-на-Дону: НОК, (2009). С.658-668.
8. РД 52.24.468–2019. Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом. Ростов-на-Дону, 2019. 29 с.

**О.Н. Торгашкова, А.Н. Сабуров, А.С. Беликов**

ФГБОУ ВО Саратовский государственный национальный  
исследовательский университет имени Н.Г. Чернышевского

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ РЕКИ БОЛЬШОЙ УЗЕНЬ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА НОВОУЗЕНСКА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ**

Приводиться оценка состояния водной экосистемы реки Большой Узень в пределах города Новоузенска Саратовской области по гидробиологическим показателям. Дается анализ состояния водной среды на основании биоиндикационных наблюдения по составу сообществ макрофитов. Определена сапробность водной среды исследованного участка реки по видовому составу макрофитов.

Ключевые слова: загрязнение, биоиндикация, макрофиты, сапробность, качество среды

Обострение экологической обстановки в значительной мере определено высоким уровнем и разнообразием антропогенных нагрузок, особенностями формирования и трансформации речных систем [1]. Наиболее остро изменения окружающей природной среды отражаются на биотических компонентах. Разные водные растения обладают неодинаковым потенциалом сопротивления вредным воздействием и неоднородно реагируют на состояние среды обитания, выступая активными агентами детоксикации и самоочищения и влияющими на качество воды [2, 3]. Существует множество биологических процессов и реакций организмов на внешние воздействия среды, что отражается в тесной связи между состоянием водных экосистем и качеством воды и служит основой создания оценки загрязненности природных вод [4, 5].

Целью исследования является оценка загрязнения водной среды малых рек на основе структурных характеристик сообществ макрофитов. Комплексные исследования, проведенные на реке Большой Узень, демонстрируют индикационные особенности различных компонентов и параметров экосистем в условиях загрязнения водотоков. Для исследования экологического состояния реки были выбраны три пробные площадки, расположенные в разных зонах города. Основанием для выбора площадок послужили различный уровень антропогенной нагрузки в указанных местах. Размеры пробных площадок: 5x5 м; прибрежная растительность описывалась на прилегающих к ним площадках размером 10x10 м. Названия видов приводятся по П.В. Маевскому [6] с изменениями по сводкам С.К. Черепанова [7].

Участок первый находится в окрестностях города, за пределами застройки. Тип берега – дамба. Из прибрежно-водных растений встречаются *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Carex riparia*, из водных – *Lemna minor*, *Nuphar lutea*. Участок второй находится в черте

города Новоузенска. Тип берега – пологий. Берег песчаный. Пляжная зона. Из прибрежно-водных растений встречаются *Typha angustifolia*, *Carex riparia*, из водных – *Potamogeton crispus*, *Spirodela polyrrhiza*. Участок третий находится в окрестностях года, за пределами застройки. Тип берега – обрывистый. Берег глинистый. Из прибрежно-водных растений встречаются *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Carex riparia*, из водных – *Lemna minor*, *Potamogeton natans*.

На участках проводилось определение гидрохимических показателей воды по общепринятым методикам [8, 9] с помощью спектрофотометра *HACH LANGE DR-2800*. Для оценки общей степени загрязненности (ООСЗ) использовали индикаторные виды растений, индекс сапробности вычислялся по формуле Пантле-Бука [10].

Цветность воды незначительна (до 25 баллов). Прозрачность воды колеблется от 0,90 м на первом участке до 1,05 м на третьем. На первом и третьем участках отмечался травяной запах с интенсивностью 3 балла, на втором участке болотный запах с интенсивностью 2 балла. На поверхности воды обнаружены водоросли, пена.

Активная реакция среды находится в пределах допустимых значений (6.90-7.00). Концентрация ионов кальция практически не ухудшали качество вод, их содержание удерживалось на уровне существенно ниже ПДК (2,01 - 2,31 мг/экв\*л). Максимальное содержание хлоридов, превышающее ПДК характерно для второго и третьего участков (342,0 и 367,6 мг/л соответственно). По солевому составу воды реки относятся к хлоридному классу. За последние годы, по литературным данным, содержание хлоридов по максимальным и медианным концентрациям показывает тенденцию к увеличению: по тренду медианных годовых концентраций в реке Большой Узень примерно в 4,5 раза. Содержание сульфатов на всех участках не превышает предельно-допустимых значений.

Содержание железа общего варьировало в довольно широких пределах от 0,10 до 0,22 мг/л (до 2,2 ПДК). Максимальным содержанием железа характеризуются первый и третий участки, на втором участке отмечается уменьшение содержания железа в воде, но его концентрация превышает нормирующие показатели (2,2 ПДК и 2 ПДК соответственно). На исследованных участках отмечено достаточно высокое содержание меди, превышающее предельно допустимые нагрузки (соответственно 1,8 ПДК, 3,3 ПДК, 4,3 ПДК). Содержание взвешенных частиц превышает ПДК на всех участках. Наибольшее превышение наблюдается на третьем участке.

Видовой состав макрофитов позволяет довольно точно охарактеризовать экологическое состояние экосистемы. Наиболее полно разработана методика индикации трофической характеристики водных объектов - сапробности, для определения которой составлены



специальные шкалы, используемые в практике гидробиологических исследований [8]. Гидрофиты чутко реагируют на изменения среды обитания, в первую очередь гидрофизических и гидрохимических показателей — температуры, прозрачности, кислотности, солевого и другого химического состава воды, химического состава и типа донных отложений и обеспеченности водоема биогенными веществами.

Часто в водоеме присутствуют несколько индикаторных видов (*Lemna minor*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton crispus*, *P. natans*) обитающие в водной среде разной степени загрязненности. Общая суммарная степень загрязнения первого и второго участков – умеренно загрязненной и имеет 2 класса качества. Вода третьего участка имеет 3 класс качества и характеризуется как загрязненная.

Сапробность исследуемых участков определялась по индикаторным видам гидрофитов (рдест курчавый, кубышка желтая, многокоренник обыкновенный и ряска малая). Значения индекса Пантле–Букка, вычисленные для площадок по индикаторным видам гидрофитов свидетельствуют о том, что все участки характеризуют реку как бета-мезосапробный водоем, то есть органических загрязнителей в воде мало, а растворённого кислорода достаточно много.

Таким образом, под влиянием роста загрязнений отмечается изменение состава макрофитов. Повышенное загрязнение вод приводит к снижению видового разнообразия, изменению численности и биомассы доминирующих видов макрофитов.

#### Литература

- 1 Двинских С. А. Факторы формирования и элементы химического состава поверхностных вод учебно-методическое пособие / С. А. Двинских. Пермь. 2020. 77 с.
- 2 Мережко, А. И. Биотестирование токсичности водной среды по функциональным характеристикам макрофитов / А. И. Мережко, Е. А. Пасечная, А. П. Пасичный // Гидробиол. журн., 1996. Т. 32. №1. С. 87 - 94.
- 3 Гигевич, Г. С. Биоиндикаторная роль макрофитов при антропогенном воздействии (на примере озёр Белоруссии) / Г. С. Гигевич // Антропогенные изменения экосистем малых озёр (причины, последствия, возможность управления). СПб.: Наука, 1991. С. 204 –206.
- 4 Торгашкова О.Н. Оценка экологического состояния Волги на основе биологического индекса макрофитов / О. Н. Торгашкова, А. С. Беликов // Биосистемы: организация, поведение, управление. Тезисы докладов 73-й Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых. Нижний Новгород, 2020. С. 205.
- 5 Торгашкова О.Н. Экологические особенности речных сообществ реки Волги в окрестностях города Саратова / О.Н. Торгашкова, А.С. Беликов, Т.В. Булычева // Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана. Сборник тезисов II Всероссийской научно-практической школы-конференции . 2020. С. 258-259.
- 6 Маевский, П. Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР / П. Ф. Маевский. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- 7 Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств

(в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

8 Боголюбов, А. С. Методы гидрологических исследований: проведение измерений и описание рек / А. С. Боголюбов. М.: Экосистема, 1996. 14 с.

9 Муравьев, А. В. Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса / А. В. Муравьев. СПб.: Крисмас, 1997. 39 с.

10 Чертопруд, М. В. Модификация индекса сапробности Пантле-Букка для водоемов Европейской России / М. В. Чертопруд // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем // Материалы международной конференции. СПб.: Лема. 2007. С. 298–302.

**И.М. Учаева<sup>1</sup>, Н.А. Юрасов<sup>2</sup>, В.И. Борзов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского

## **ПРОДУКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ НА *GANODERMA APPLANATUM***

Проведен анализ продуктов воздействия азотсодержащих гетероциклических ксенобиотиков на глубинную культуру *Ganoderma applanatum* газохроматографическим методом.

Ключевые слова: газохроматографический метод, *Ganoderma applanatum*, глубинное культивирование, азотсодержащие гетероциклические вещества, ксенобиотики.

Цель настоящей работы – установление продуктов взаимодействия глубинной культуры *Ganoderma applanatum* с акридоном и его производными, феноксазином хромато-масс-спектрометрическим методом.

Азотсодержащие гетероциклы (акридон, его производные и феноксазин) применяются в сельском хозяйстве, в медицине, как красители [1-2], могут являться веществами - токсикантами, воздействующими на здоровье человека и окружающую среду (Рис.1.). Некоторые бактерии и грибы способны биотрансформировать эти соединения, снижая их токсичность.

Базидиомицет *Ganoderma applanatum*, выращенный в глубинной культуре, может быть применен для определения экологической безопасности тестируемых веществ.

С целью тестирования воздействия азотсодержащих гетероциклов в глубинной культуре применяли синтетические сусло-агаровые среды, в которых проводили культивирование в течение 14 суток, содержали D-глюкозу (300 ммоль/л по углероду), L-аспарагин (20 ммоль/л по азоту),

концентрация добавки ксенобиотика в среде составляла  $10^{-4}$  моль/л. Число повторностей равно трем.

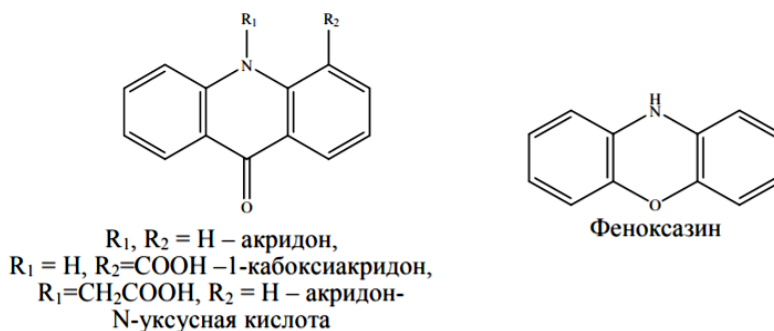


Рис. 1. Гетероциклические азотсодержащие соединения, используемые в качестве добавок к среде выращивания

Проведены эксперименты по определению воздействия ксенобиотиков на прирост биомасс базидиомицета по сравнению с контролем после 16 суток выращивания.

После культивирования мицелий отделяли от жидкости фильтрованием, жидкость переносили на чашку Петри, высушивали в сушильном шкафу при температуре не выше  $29^{\circ}C$ .

Биомасса (мг/100 мл) глубинного мицелия базидиомицетов, культивируемых в присутствии добавок ( $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л) акридона, 1-карбоксиякридона, акридон-N-уксусной кислоты, феноксазина или в отсутствие добавок (контроль) уменьшалась в ряду: контроль > акридон-N-уксусная кислота > 1-карбоксиякридон > акридон > феноксазин.

Акридон-N-уксусная кислота незначительно тормозила рост биомассы, в отличие от 1-карбоксиипроизводного, акридона, и особенно феноксазина, при влиянии которого прирост уменьшился 1,7 раза по сравнению с контролем.

Сухие остатки мицелия и культуральной жидкости экстрагировали этанолом в течение нескольких часов, затем проводили анализ продуктов газо-хроматографическим методом с масселективным детектированием.

Условия для разделения и идентификации веществ в культуральной жидкости: газовый хромото-масс-спектрометр Finnigan, модель Trace GC-DSQ (Рис.2). Подвижная фаза: гелий 99.995 %-ной чистоты, скорость потока 1.0 мл/мин. Хроматографическая колонка: марка HP-5MS (слабополярная фаза 5% фенил-, 95% диметилполисилоксан). Температура инжектора (испарителя)  $220^{\circ}C$ , температура источника ионов  $200^{\circ}C$ . Температура MS Transfer Line –  $250^{\circ}C$ . Энергия электронов – 70 эВ. Время анализа – 44,00 мин. Температурная программа: 5 мин при  $70^{\circ}C$ , затем нагрев со скоростью  $5^{\circ}C/мин$  до  $240^{\circ}C$  и термостатирование при  $240^{\circ}C$  в течение 5 мин.

Методом хромато-масс-спектрометрии (Рис.2) показано, что в этанольных экстрактах мицелия *Ganoderma applanatum* (Табл.1) при воздействии ксенобиотиков присутствовали в значительных количествах преимущественно жирные кислоты и их эфиры, а в небольших – ароматические и алифатические альдегиды, кетоны (5,6-дигидро-2Н-пиран-2-он, фенилацетальдегид,  $\alpha$ ,4-диметил-3-циклогексен-1-ацетальдегид, тетрадекановая кислота, 9,12-октадекадиеновая кислота, этилпальмитат, стеариновая кислота, этиловый эфир 9-октадеценовой кислоты олеиновая кислота, этилстеарат), а также добавка – акридон и другие вещества.

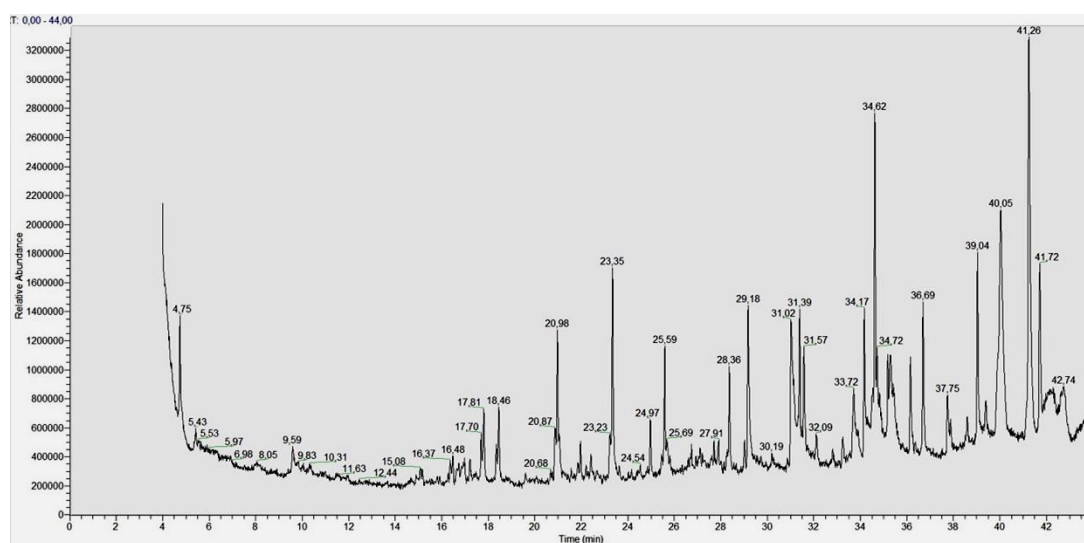


Рис. 2. Хроматограмма, полученная по результатам анализа этанольного экстракта мицелия *Ganoderma applanatum* с добавкой акридона

В этанольных экстрактах мицелия *Ganoderma applanatum* в большем количестве обнаруживается 9,12-октадекадиеновая кислота в присутствии 1-карбоксиакридона и феноксазина, чем в случае добавок акридона и акридон-N-уксусной кислоты, также в контроле. Акридон присутствует в мицелии в небольших количествах, другие добавки отсутствуют.

В этанольных экстрактах культуральной жидкости (Табл. 2) базидиомицета при действии гетероциклических азотсодержащих соединений детектированы такие объекты, среди которых присутствуют альдегиды: 5-метил-2-фурфураль; фенилацетальдегид; 5-(гидроксиметил)-2-фуранкарбоксальдегид.

Определяются также вещества жирно-кислотной природы, такие как: тетрадекановая кислота, стеариновая кислота, этилпальмитат, этилстеараты, акридон и продукт его превращения – 10-метилакридон, а также другие вещества.

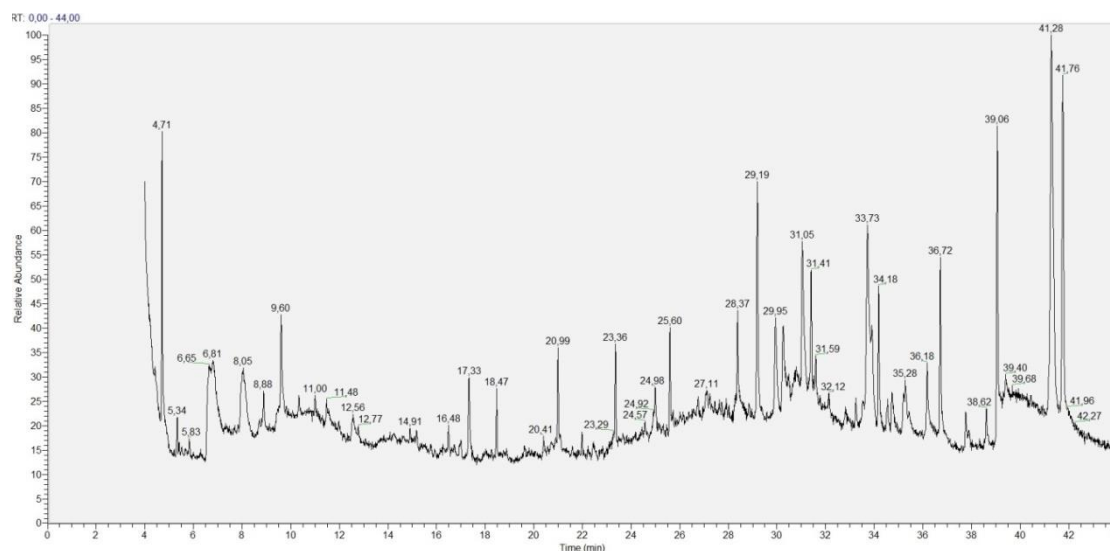

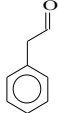
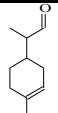

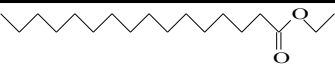


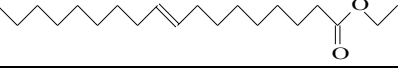
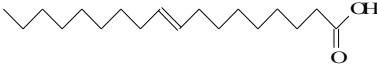

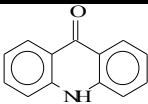


Рис. 3. Хроматограмма, полученная по результатам анализа образцов культуральной жидкости *Ganoderma applanatum* с добавкой акридона

Таблица 1

Продукты, обнаруженные в мицелии *Ganoderma applanatum*

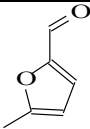
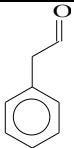
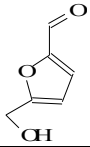

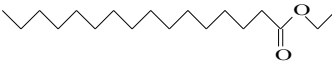


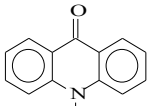
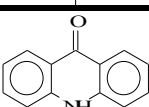
| Время удерживания, мин | Вещество   | Формула   |
|------------------------|--|---|
| 7,72                   | 5,6-дигидро-2Н-пиран-2-он                        |  |
| 7,92                   | Фенилацетальдегид                                |  |
| 17,83                  | $\alpha$ ,4-диметил-3-циклогексен-1-ацетальдегид |  |
| 27,07                  | Тетрадекановая кислота                           |  |
| 31,59                  | Этилпальмитат                                    |  |
| 34,52                  | 9,12-октадекадиеновая кислота                    |  |
| 34,73                  | Стеариновая (октадекановая) кислота              |  |
| 34,75                  | Этиловый эфир 9-октадеценовой кислоты            |   |
| 34,77                  | Олеиновая кислота                                |   |
| 35,20                  | Этилстеарат                                      |   |
| 38,65                  | 9-Акридон  |  |

Среди всех веществ 5-(гидроксиметил)-2-фуранкарбоксальдегид определяется в наибольшем количестве (Табл. 2). Он находится в образцах в присутствии 1-карбоксииакридон, акридон-N-уксусной кислоты и феноксазина. Культуральная жидкость содержит большее разнообразие продуктов, выделяемых базидиомицетом в жидкую среду по сравнению с мицелием и контролем (Рис. 2-4).

Показано, что соединения нежирнокислотной природы присутствуют в большем количестве в культуральной жидкости *Ganoderma applanatum*, а в экстрактах мицелия детектированы в значительных количествах преимущественно соединения жирнокислотной природы.

Таблица 2

Продукты, обнаруженные в культуральной жидкости *Ganoderma applanatum*

| Время удерживания, мин | Вещество                                 | Формула   |
|------------------------|--|---|
| 5,68                   | 5-Метил-2-фурфураль                      |    |
| 7,95                   | Фенилацетальдегид                        |   |
| 15,20                  | 5-(гидроксиметил)-2-фуранкарбоксальдегид |  |
| 27,07                  | Тетрадекановая кислота                   |  |
| 31,59                  | Этилпальмитат                            |  |
| 34,73                  | Стеариновая (октадекановая) кислота      |  |
| 35,20                  | Этилстеарат                              |  |
| 38,65                  | 10-Метил - 9-акридон                     |  |
| 39,00                  | 9-Акридон                                |  |

□

Мицелий *Ganoderma applanatum* наиболее чувствителен к присутствию акридон и 1-карбоксиипроизводного. Феноксазин в меньшей степени влияет на продукцию жирных кислот и их эфиров, а акридон-N-уксусная кислота наиболее благоприятно влияет на его развитие.

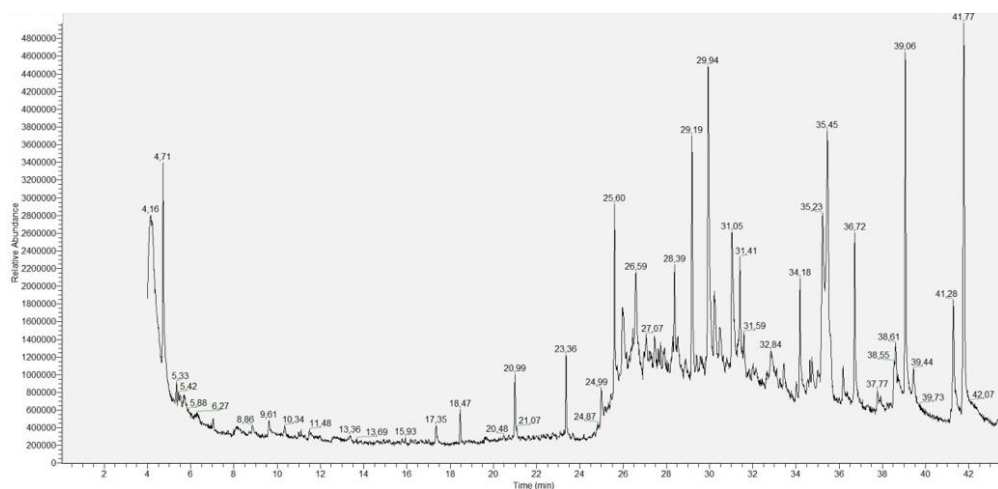


Рис. 4. Хроматограмма, полученная по результатам анализа контроля образцов культуральной жидкости *Ganoderma applanatum*

Акридон присутствовал в следовых количествах только в мицелии, в культуральной жидкости вместе в акридонном установлен продукт его превращения – 10-метил-9-акридон. Остаточное содержание добавок других исследуемых ксенобиотиков не обнаружено как в мицелии, так и в культуральной жидкости. В условиях проведения эксперимента глубинная культура успешно культивировалась, несмотря на воздействие азотсодержащих соединений, которые в некоторых случаях тормозили ее рост, при этом показана возможность биотрансформации ксенобиотиков.

#### Литература

1. Химическая энциклопедия / Гл. ред. И.Л. Кнунянц; зам. гл. ред. Н.С. Зефилов, Н. Н. Кулов. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т.1. – 623 с.
2. Патент на изобретение RU 2545755 С1 Россия. Кролевец А.А., Богачев И.А. Способ инкапсуляции акридонуксусной кислоты. Дата подачи заявки: 15.10.2013. Дата публикации 10.04.2015. Бюл. № 10.
3. Безбородов В.С. Люминесцентные жидкокристаллические материалы, излучающие в красной области спектра / В.С. Безбородов, В.И. Лапаник, А.А. Минько, Г.М. Сосновский, С.Н. Тимофеев, А.П. Луговский, В.К. Ольховик, Г.В. Калечиц // Вестник БГУ. Серия 1. Физика. Математика. Информатика. – 2012. № 1. – С.24-28.

**Е.Р. Чернышенко, Т.Н. Ажогина, М.А. Сазыкина**

Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Россия

## **ПРООКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ПЕСТИЦИДОВ**

В работе исследованы прооксидантные свойства пестицидов с использованием цельноклеточных бактериальных люминесцентных биосенсоров. При изучении 5 препаратов, используемых для борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, было показано, что препараты «Фаскорд», «Бенито» и «Цериакс® Плюс» способны вызывать окислительный стресс.

Ключевые слова: Пестициды, окислительный стресс, прооксидантные свойства, токсичность, бактериальные lux-биосенсоры.

На сегодняшний день защита растений химическим методом считается наиболее экономически выгодной и высокоэффективной. Использование пестицидов позволяет сократить потери растительной сельскохозяйственной продукции почти наполовину. В то же время не удастся избежать серьезных проблем, связанных с высокой токсичностью пестицидов. Их применение ставит перед обществом ряд проблем по сохранению экологической стабильности экосистем [1]. Несоблюдение норм использования пестицидов может приводить к накоплению химических веществ в почве, появлению в объектах окружающей среды патогенной микрофлоры, появлению в сельскохозяйственной продукции остаточных количеств пестицидов, их токсичных метаболитов [2].

В связи с вышесказанным необходимо проводить тщательный анализ экотоксикологических свойств пестицидов. Однако существующие на сегодняшний день методы химического анализа не могут обеспечить оценку опасности пестицидов для живых организмов. Эффективным решением этой проблемы является использование методов биотестирования. Среди них наиболее перспективен анализ на основе цельноклеточных бактериальных люминесцентных сенсоров. С помощью lux-биосенсоров у исследуемых веществ можно оценить общую токсичность, генотоксичность, прооксидантные свойства и пр. [3, 4, 5].

Целью работы было определение экотоксикологической активности пестицидов «Цериакс® Плюс», «Фаскорд», «Бенито», «Био-Дон 10» и «Флексом». «Цериакс® Плюс» на рынке совсем недавно и, как заявляет производитель, существует возможность применения фунгицида как превентивно, так и в качестве лечебной обработки. Пестицид разработан на основе трех действующих веществ, каждое из которых является наиболее активным в своем классе: пираклостробин (стробилурины), эпоксиконазол (триазолы) и флуксапироксад (карбоксамиды) [6]. «Фаскорд» – контактно-кишечный инсектицид отечественного



производства, который используется для борьбы с многочисленными вредителями сельскохозяйственных культур. Обладает системным характером действия. Пестициду присвоен 2 класс опасности для человека [7]. «Бенито» – контактный гербицид отечественного производства. Применяется для борьбы с однолетними двудольными сорняками. Пестицидом обрабатывают преимущественно культуры гороха и сои. «Бенито» присвоен 3 класс опасности для человека [8]. Препаратом отечественного происхождения является и «Био-Дон 10». Он активен в отношении патогенных микроорганизмов. Препарат получают в результате переработки вермикомпоста. Основное действующее вещество – гуминовая кислота. Присвоен 4 класс опасности для человека [9]. «Флексом» – гербицид, использующийся в борьбе с двудольными сорными растениями. Класс опасности для человека – 2.

Для определения прооксидантных свойств пестицидов были использованы следующие lux-биосенсоры: *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux), *E. coli* MG1655 (pKatG-lux). *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux) отвечает возрастанием люминесцентного ответа на окислительный стресс, вызываемый появлением в среде супероксид-аниона и NO. *E. coli* MG1655 (pKatG-lux) реагирует на окислительный стресс, вызываемый появлением в среде пероксидов. Для оценки токсичности служил фактор индукции, который рассчитывали по отношению биолюминесценции опытной пробы в присутствии тестируемого вещества к биолюминесценции контрольной пробы. При значении  $I < 2$  токсичность вещества расценивали, как «слабую». При  $2 \leq I \leq 10$  – как «среднюю». При  $I > 10$  – как «сильную» [10]. Пестициды были исследованы в следующих концентрациях: 1%, 0,1%, 0,01%, 0,001%, 0,0001%, 0,00001%.

Результаты тестирования пестицидов в исследованных концентрациях с помощью штамма *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux) не выявили прооксидантные свойства у 4 из 5 исследуемых пестицидов, а именно «Цериакс® Плюс», «Бенито», «Био-Дон 10» и «Флексом». При исследовании препарата «Фаскорд» в концентрации 1% был зарегистрирован слабый прооксидантный эффект ( $I=1,85 \pm 0,02$ ).

При исследовании пестицидов с помощью lux-биосенсора *E. coli* MG1655 (pKatG-lux), были зарегистрированы факторы индукции средней величины для препаратов «Бенито» ( $I=2,59 \pm 0,04$ ) и «Цериакс® Плюс» ( $I=2,44 \pm 0,15$ ) в концентрациях 0,1% и 1%, соответственно. В присутствии препарата «Фаскорд» в концентрации 1% был зарегистрирован сильный прооксидантный эффект ( $I=18,85 \pm 1,56$ ).

Таким образом, при исследовании 5 препаратов, используемых для борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, установлено, что препараты «Фаскорд», «Бенито» и «Цериакс® Плюс» обладают прооксидантными свойствами. Сильный прооксидантный эффект выявлен у препарата «Фаскорд» в концентрации 1%, которая используется при

обработке сельскохозяйственных культур. Препараты «Бенито» и «Цериакс® Плюс» проявили прооксидантные свойства в концентрациях, гораздо ниже тех, которые используются в сельском хозяйстве. При внесении пестицидов в экосистемы происходит естественное уменьшение их концентраций. Даже в таких концентрациях вышеуказанные препараты представляют потенциальную опасность для окружающей среды.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания № 0852-2020-0029.*

#### Литература

1. Пестициды [Электронный ресурс] / Профессиональные заболевания, связанные с воздействием пестицидов – Режим доступа: <http://uniim.rospotrebnadzor.ru/wp-content/uploads/Pestitsidy..pdf/> - Дата обращения: 13.10.2021]
2. Химико-токсикологический анализ пестицидов: учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск: ИГМУ, 2016. – 36 с.]
3. Sazykin I.S., Sazykina M.A., Khammami M.I., Khmelevtsova L.E. Kostina N.V., Trubnik R.G. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of lower reaches of the Don River (Russia) and their ecotoxicologic assessment by bacterial lux-biosensors // Environmental Monitoring and Assessment. – 2015. - V. 187(5):4406. DOI:10.1007/s10661-015-4406-9
4. Alhadrami HA, Paton GI. The potential applications of SOS-lux biosensors for rapid screening of mutagenic chemicals // Journal FEMS Microbiol Lett. – 2013. – V.344(1). – P. 69-76. – doi: 10.1111/1574-6968.12156.
5. Сазыкина М.А., Мирина Е.А., Сазыкин И.С. Использование биосенсоров для детекции антропогенного загрязнения природных вод // Вода: Химия и экология. – 2015. - № 10. – С. 67-79.
6. Сигнальный выпуск компании BASF зима 2020 – 2021 [Электронный ресурс] / Цериакс Плюс – Режим доступа: [https://www.agro.basf.ru/Documents/Signals/BASF-signal-zerno-winter-2020\\_preview.pdf/](https://www.agro.basf.ru/Documents/Signals/BASF-signal-zerno-winter-2020_preview.pdf/) - Дата обращения: 13.10.21
7. ФАСКОРД®, КЭ [Электронный ресурс] / Фаскорд – Режим доступа: <http://minagro-semena.ru/sites/default/files/szr/Фаскорд.pdf/> - Дата обращения: 22.10.21
8. Справочник пестицидов [Электронный ресурс] / Бенито – Режим доступа: <https://www.pesticity.ru/pesticide/Бенито/> - Дата обращения: 22.10.21
9. Агросервер [Электронный ресурс] / Биогумус жидкий «Био-Дон 10» - Режим доступа: <https://agroservers.ru/b/biogumus-zhidkiy-bio-don-10-s-khelatom-zheleza-fe-1-litr-1132947.htm/> - Дата обращения: 22.10.21
10. Sazykin I.S., Sazykina M.A., Khmelevtsova L.E., Mirina E.A, Kudееvskaya E.M., Rogulin E.A., Rakin A.V. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Southern Germany // International Journal of Environmental Science and Technology. - 2016. – V. 13. - №3. - P. 945-954. - DOI 10.1007/s13762-016-0936-0

## **Экологические, экономические и социальные проблемы загрязнения территорий опасными отходами**

**А.А. Атаева<sup>1</sup>, Л.Ш.Махмудова<sup>1</sup> Е.И. Тихомирова<sup>2</sup>, Ж.С. Абубакарова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия.

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

### **КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА В СИСТЕМЕ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Обоснована проблема очистки воды из открытых водоемов Чеченской республики от нефтепродуктов. Предложен способ адсорбционной очистки поверхностных нефтезагрязненных вод с использованием модифицированного сорбента на основе природных материалов. Разработана технология получения минеральных гранул высокой поглощательной емкости, состоящих из бентонита и брусита. Исследована эффективность разработанных гранулированных форм модифицированного сорбента в отношении нефтепродуктов.

Ключевые слова: поверхностные воды, загрязнение, нефтепродукты, адсорбент, бентонит, брусит.

В условиях научно-технического прогресса постоянно растет потребность в воде и одновременно увеличивается сброс отработанных вод. Этот процесс сопровождается ухудшением качества воды водоемов и ограничением возможности их использования для производственных нужд, орошения, рыбозаводства, культурно-бытового и особенно питьевого водопользования.

Наиболее распространенным, опасным и повсеместным источником загрязнения воды являются нефтепродукты. Этому способствуют широкое использование нефти и нефтепродуктов в различных отраслях народного хозяйства, добыча нефти в прибрежных районах и на шельфах внутренних морей, транспортировка ее водным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Так к источникам загрязнения отработанными маслами относятся: автотранспорт, ж/д транспорт (тепловозы, электровозы), водный и речной транспорт (самоходные баржи, катера, подводные лодки), авиационный транспорт, строительная техника, турбины электростанций, бензо- и дизель-генераторы, военная техника, промышленные станки (швейные, металло и деревообрабатывающие), с/х техника (трактора), АЗС, СТО, автосервисы, автотранспортные компании и частные владельцы (меняющие масла самостоятельно) и др.

На сегодняшний день нефть и нефтепродукты составляют особую группу

загрязнителей гидросферы. Попадание нефти и нефтепродуктов в водные объекты приводит к катастрофическим последствиям, в результате которых страдают, как гидробионты, так и потребители воды. Найдено, что всего 1 т нефти, пролитой на поверхность воды, способна загрязнить 12 км<sup>2</sup>. Попадая в воду, нефть образует на поверхности последнюю пленку, что способствует, в частности, изменению гидродинамического баланса с атмосферой. Больше всего от нефтепродуктов страдает водная флора и ихтиофауна. В первую очередь это приносит вред рыбам, особенно во время нереста, если на икру попадают частицы нефтепродуктов, они обволакивают икру, та оседает на дно и погибает. Уже зафиксированы случаи, когда рыба в нефтезагрязненных акваториях пропадает частично или полностью.

Особо сильные бедствия народное хозяйство терпит во время различных аварий при добыче и транспортировке нефти. Даже незначительное содержание ее (0,2-0,4 мг/л) придает воде специфический запах, который в течение долгого времени не устраняется никакими способами. В этой связи, одной из актуальнейших проблем современности является проблема очистки водных объектов и акваторий от нефтяных загрязнений.

Особенно негативное влияние нефтяной индустрии регистрируется в Чеченской Республике в Грозненском районе – в одном из старейших нефтегазодобывающих районов. Грозненский нефтедобывающий район формировался в течение около двух веков, что привело к образованию обширного и внутренне гетерогенного ареала воздействия нефтяного хозяйства на окружающие природные комплексы. Это привело к трансформации природно-антропогенной среды г. Грозный и сопредельных территорий. Тотальному загрязнению подверглись почва и подземные воды на всей площади нефтезаводского района, где до середины прошлого столетия были сосредоточены крупнейшие в стране нефтеперерабатывающие заводы.

Длительное функционирование нефтяного комплекса стало причиной формирования в геологической среде Грозного техногенных залежей нефтепродуктов, плавающих на грунтовых водах. Они являются источниками загрязнения подземных вод и водозаборов питьевого назначения города. Существующая угроза массивированного прорыва залежей углеводородов через Сунжу и Терек в Каспийское море может вызвать катастрофические последствия для Каспия и незамедлительные международные санкции против Российской Федерации.

В период политической нестабильности инфраструктура нефтяного комплекса была полностью разрушена, создав тем самым экологическую угрозу на отдельных участках республики. Загрязнение нефтепродуктами территорий ЧР – это не только региональная экологическая катастрофа! Нефтепродукты в естественных условиях разлагаются в течение многих лет, нанося вред природе.

Одним из действенных методов локализация нефтяных разливов заключается в ограничении растекания нефтяной пленки посредством

использования боновых заградений и последующего извлечения нефти, в частности, с использованием сорбентов. В качестве последних, рекомендуется использовать сорбционные материалы (СМ) синтетического, а также природного происхождения.

Ранее нами была показана перспективность использования модифицированного бентонита в качестве сорбента для комплексной очистки питьевой и сточной воды от ПАВ и различных химических токсикантов. В данной работе представлены материалы по созданию инновационной фильтрующей системы на основе модифицированных природных материалов бентонита и брусита и их гранулированных форм для комплексной очистки вод от нефтепродуктов. Обосновано использование таких систем под задачи комплексной очистки загрязненных поверхностных вод для водопользования населения ЧР. Введение дополнительно в общепринятую схему водоподготовки модифицированного сорбента позволяет обеспечить более высокую экологическую эффективность очистки воды и освободить ее от нефтепродуктов и химической контаминации. Включение этого инновационного сорбента в общую схему водоподготовки представляет оптимальный вариант, обеспечивающий высокое качество воды.

Разработка комбинированного фильтрующего материала для очистки поверхностных вод ЧР была выполнена в рамках договора о творческом и научном сотрудничестве ВУЗов: Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. (НОЦ «Промышленная экология» и аккредитованный ИЛЦ «ЭкоОС») и Грозненского государственного нефтяного технологического университета имени академика М.Д. Миллионщикова (Центр коллективного пользования), а также с научно-технической лабораторией НПП «ЛИССКОН» (г. Саратов).

В процессе выполнения исследований были разработаны вариант сорбента с улучшенными адсорбционными свойствами и комбинированная многослойная фильтрующая загрузка из гранулированных форм модифицированного сорбента. Были определены нефтеёмкость, водопоглощение и остаточное содержание нефти в воде при использовании разработанного сорбционного материала. Проведена оценка эффективности очистки воды от нефтезагрязнений с использованием разработанной фильтрующей загрузки в лабораторных и производственных условиях.

Предложенный способ адсорбционной очистки загрязненных поверхностных вод отличается от других вариантов адсорбционной очистки тем, что загрязнители поглощаются (адсорбируются) на минеральных гранулах высокой поглотительной емкости, состоящих из бентонита и брусита. На разработанный способ получен патент РФ на изобретение № 2704438 (дата регистрации 28 октября 2019 г.)

Очистка воды от нефтепродуктов модифицированным бентонитом имеет экономические преимущества над другими аналогами, так как на территории ЧР имеются залежи бентонита. В перспективе необходимо проведение

исследований и разработка проекта реализации производства сорбента из природного бентонита в ЧР, поскольку представленная инновационная технология предназначена для улучшения водоснабжения населения Чеченской республики, улучшения качества жизни и экологии здоровья.

#### Литература

1. Атаева, А.А. Исследование микроэлементного состава воды источников питьевого водоснабжения г. Грозного / А.А. Атаева, Е.И. Тихомирова // Естественные и технические науки. 2009. № 6. С. 86-91.
2. Атаева, А.А. Экологическая характеристика качества питьевой воды города Грозного / А.А. Атаева, Ж.С. Абубакарова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. №3. С.21-23.
3. Атаева, А.А. Экоотоксикологическая оценка качества питьевой воды г. Грозного и расчет экологических рисков населения / А.А. Атаева, Ж.С. Абубакарова и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т.18. №2 (3). С. 625-628.
4. Влияние комплекса солей металлов на качество питьевой воды г. Грозного: эколого-физиологические исследования и оценка экологических рисков: коллективная монография / А.А. Атаева, Е.И. Тихомирова, Ж.С. Абубакарова и др. / Под ред. д. биол. наук, проф. Е.И. Тихомировой. – Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2017. 160 с.
5. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологическом благополучии в Чеченской республике», 2016-2017.
6. Лыгина, Т.З. Технологии химической активации неорганических природных минеральных сорбентов: монография / Т.З. Лыгина [и др.] – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. 120 с.
7. Смирнов, А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1982. 168с.
8. Совершенствование сорбционных методов очистки загрязненных природных и сточных вод: коллективная монография / Под ред. проф. Е.И. Тихомировой.– Саратов: Изд-во СГТУ, 2017. 154 с. ISBN 978-5-7433-3194-9
9. Патент на изобретение № 2704438 «Способ адсорбционной очистки воды поверхностных источников». / А.А. Атаева, А.В. Кошелев, Ж.С. Абубакарова, Е.И. Тихомирова. (РФ).– Бюл. «Изобретения. Полезные модели» № 10, 2019.
10. Способы попадания нефти в воду. Водный баланс Земли./[Электронный ресурс].- URL: [https://studwood.ru/1148281/ekologiya/sposoby\\_popadaniya\\_nefti\\_vodu](https://studwood.ru/1148281/ekologiya/sposoby_popadaniya_nefti_vodu). (дата обращения: 26.10.21)
11. Неотложные меры и методы ликвидации аварийных разливов нефти. Справка. / [Электронный ресурс].- URL: <https://ria.ru/eco/20090714/177333106.html>. (дата обращения: 26.10.21)
12. Сорбционная очистка воды. / [Электронный ресурс].- URL: [https://studwood.ru/1148281/ekologiya/sposoby\\_popadaniya\\_nefti\\_vodu](https://studwood.ru/1148281/ekologiya/sposoby_popadaniya_nefti_vodu). (дата обращения: 26.10.21)

**К.С. Богочанова, А.А. Юдин, Е.Г. Красная**

Пензенский государственный технологический университет

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОПРОДУКТОВ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ**

В работе кратко рассматривается влияние предприятия Пензенской области по производству хлебопродуктов на атмосферу и предложены мероприятия по снижению выбросов.

Ключевые слова: производство, пыль, атмосфера, снижение выбросов.

Увеличение промышленного производства приводит к загрязнению атмосферы, литосферы, гидросферы промышленными и бытовыми отходами. Огромное количество веществ и соединений, попадающих в биосферу, пагубно влияют на здоровье людей, происходит изменение климата планеты [1].

Цель работы – провести экологический мониторинг на предприятии и предложить способы снижения количества вредных веществ выбрасываемых при производстве хлебопродуктов.

Валовый выброс в атмосферу от 123 источников предприятия Пензенской области по производству хлебопродуктов составляет на существующее положение 75,5774886 т/год, от стационарных источников 75,2975966 т/год, передвижных источников – 0,279892 т/год; валовый выброс в атмосферу на перспективное положение от 174 источников составит 126,9090796 т/год, от стационарных источников 126,6015196 т/год, от передвижных источников – 0,30756 т/год.

В таблице 1 показаны вещества, образующиеся в производственных процессах и являющихся загрязнителями атмосферного воздуха от производства хлебопродуктов.

Итак, в процессе производства основными загрязняющими веществами являются: различного рода пыль от обработки зернопродуктов, от производства кормов и производства муки, также к веществам загрязняющим относятся: оксид азота, оксид углерода.

Анализ проведенный в работе показал, что наиболее опасным для предприятия является выделение пыли и аэрозолей, они взрыво- и пожароопасны, тем самым могут причинить огромный ущерб предприятию.

Несмотря на то, что на предприятии установлено пыле-газоочистное оборудование, оно не является достаточно эффективным по причине износа, поэтому существует необходимость улучшения качества пылеулавливания оборудования [2]. Также для предотвращения загрязнения окружающей среды, необходимо предложить мероприятия по уменьшению воздействия зерновой пыли.

Таблица 1

## Загрязняющие вещества в технологических процессах производства хлебопродуктов

| Наименование производства | Технологический процесс  | Наименование выделяющихся загрязняющих веществ   |
|---------------------------|--|--|
| 1                         | 2  | 3  |
| Заготовительное           | Прием, перемещение, отгрузка зерна и зерноотходов  | Пыль зерновая  |
| Заготовительное           | Сушка зерна  | Пыль зерновая<br>Диоксид азота<br>Оксид азота<br>Оксид углерода  |
| Заготовительное           | Подработка зерна   | Пыль зерновая  |
| Мельницы                  | Подработка, размол зерна, затаривание, отпуск муки в таре и в муковозы   | Пыль зерновая<br>Пыль мучная   |
| Комбикормовый цех         | Прием компонентов комбикормов, просеивание, взвешивание, дробление, смешивание, гранулирование, отпуск комбикормов в кормовозы     | Пыль зерновая<br>Пыль комбикормовая<br>Пыль шрота<br>Пыль муки рыбной (в пересчете на белок)<br>Пыль муки мясокостной (в пересчете на белок)<br>Белок пыли БМВК (белково-витаминно-минерального концентрата) |
| Котельная                 | Сжигание газа  | Диоксид азота<br>Оксид азота<br>Оксида углерода<br>Бенз(а)пирен  |
| Механическая мастерская   | Обработка металлов на заточных, токарном, вертикально-сверлильном, вертикально-фрезерном станках                                   | Пыль металлическая<br>Пыль абразивная  |
| Сварочные посты           | Газовая сварка ацетилен-кислородным пламенем<br>Ручная дуговая сварка электродами АНО-4<br>Ручная дуговая сварка электродами АНО-3 | Диоксид азота<br><br>Оксид железа<br>Оксид марганца<br>Пыль неорганическая   |

Для предприятий по производству хлебопродуктов можно предложить следующие устройства и способы в качестве снижения выбросов:

1. Применение щелевой аспирации по обеспыливанию разгрузочных тележек надсилосных ленточных конвейеров, что позволит



снизить количество взвешенных частиц пыли в надсилосных галереях элеваторов с 16 до 6 мг/м<sup>3</sup> [3].

2. Использование электрофильтров, которые позволят более эффективно улавливать пыль при работе технологического оборудования на различных участках производства. Электрофильтры обладают преимуществами в отличие механических пылеуловителей, такими как: высокая эффективность пылеулавливания в различных условиях, также более низкие энергозатраты при работе установки.

3. Использование фильтра марки ФВ-60 позволит снизить запыленность воздуха в рабочей зоне за счет использования нового более плотного фильтрующего материала, при этом выходная запыленность не превышала 0,034 г/нм<sup>3</sup>.

#### Литература

1. Вобликов Е.М. Технология элеваторной промышленности: Учебник- СПб.: Издательство «Лань», 2010.–384с.
2. Панов С.Ю. Модернизация фильтров для обеспыливания аспирационных выбросов зерноперерабатывающих предприятий Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 22–26.
3. Терехова О.Н., Глебов А.А. Пути повышения эффективности систем обеспыливания воздуха на зерноперерабатывающих предприятиях, Вестник Алтайской науки. 2015.№1. С.485–488.

**М.В. Валов, П.Д. Ячменников, Е.А. Полянскова, С.Ю. Ефремова**

Пензенский государственный технологический университет

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ С ФЕРРИТИЗАЦИЕЙ ГАЛЬВАНОШЛАМА**

В данной статье проведен анализ эффективности очистки сточных вод гальванического производства и предложена модернизация схемы очистки сточных вод с более высокой экологической и экономической эффективностью. Так же предложен способ обезвреживания гальваношлама.

Ключевые слова: гальваническое производство, сточные воды, ферритизация, гальваношлам.

Многообразие источников загрязнения и загрязняющих веществ с высокой токсичностью и значительной экологической опасностью – одна из отличительных особенностей гальванического производства.

Экологическая опасность гальванического производства заключается в содержании в сточных водах в растворенном виде ионов хрома, никеля, ртути, свинца, цинка, меди и различных химических соединений, которые

обладают высоким токсичным, канцерогенным и мутагенным влиянием на живые организмы.

В данной работе проведен анализ эффективности очистки сточных вод гальванического производства, а так же предложены мероприятий по повышению эффективности работы очистных сооружений и сокращение объемов образования гальваношлама.

На исследуемом предприятии образуются промышленные, хозяйственно-бытовые и атмосферные сточные воды. 73% от общего водоотведения приходится на промышленные сточные воды.

В состав сточных вод входят тяжелые металлы, взвешенные вещества, сульфаты, нитриты и др. Очистка сточных вод происходит на собственных очистных сооружениях. Метод очистки сточных вод реагентный, заключается в переводе ионов тяжелых металлов в труднорастворимые соединения [1].

Очистка кислотно-щелочных стоков производится с использованием метода нейтрализации известковым молоком, а доочистка сульфидом натрия с коагулянтom полиакриломидом. А очистка хром-содержащих стоков – переводом шестивалентного хрома в трехвалентный. Метод очистки кислотно-щелочных и цианосодержащих стоков принят реагентный и хром содержащих стоков – электро-коагуляционный.

Обезвреживание цианосодержащих сточных вод проходит в две стадии и заключается в окислении цианидов на первой стадии до цианиатов, на второй - до углекислоты и азота. В качестве реагента принята хлорная вода. Подщелачивание производится известковым молоком.

Обезвреживания хромсодержащих стоков состоит в том: сточная вода, содержащая Cr<sup>+6</sup>, подвергается электролизу при помощи стальных электродов., При пропуске постоянного электрического тока через обрабатываемую хромсодержащую воду анод подвергается электролитическому растворению с образованием ионов Fe<sup>+2</sup>, переходящих в сточную воду. Ионы двухвалентного железа восстанавливают до Cr по реакции:

$$Cr_2O_7^{2-} + 6xFe^{+2} \rightarrow 6Fe^{+3} + 2Cr^{+3}$$

Ионы Fe<sup>+2</sup>; Fe<sup>+3</sup>; Cr<sup>+3</sup>, находящиеся в растворе гидратируются с образованием гидроокиси: Fe(OH)<sub>2</sub>; Fe(OH)<sub>3</sub> и Cr(OH)<sub>3</sub>; Ni(OH)<sub>2</sub> [2].

В соответствии с составом загрязнений в стоках, поступающих на станцию очистки, используются следующие установки очистки стоков: установка нейтрализации кислотно-щелочных стоков; установка обезвреживания хром-и никельсодержащих стоков; установка обезвреживания циан содержащих стоков; установка обезвреживания стоков, содержащих лакокрасочные материалы. Ожидаемый эффект очистки сточных вод приведен в таблице 1. Установлено превышение ПДК по меди.

Критериями оценки эффективности работы очистных сооружений служат такие вещества как: хром (6), медь, никель, железо, цинк, а также рН. Проектные и фактические значения анализируемых ингредиентов приведены в таблице 2.

Таблица 1

Эффективность очистки сточных вод

| № п/п | Наименование загрязнений         | Содержание мг/л |               |                          | ПДК загрязняющих веществ, мг/л |
|-------|----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------------------|
|       |                                  | до очистки      | после очистки | на выпуске с предприятия |                                |
| 1     | Реакция рН                       | 2,6             | 8,5           | 8,0                      | 8,0                            |
| 2     | Взвешенные вещества              | 30,0            | 110           | 125                      | 350                            |
| 3     | Хром шестивалентный              | 450,0           | отсутствует   |                          | 0,07                           |
| 4     | Цианиды                          | 47,5            | отсутствует   |                          | 0,03                           |
| 5     | Соли тяжелых металлов:<br>Никель | 0,16            | 0,008         | 0,002                    | 0,01                           |
| 6     | Медь                             | 0,97            | 0,05          | 0,012                    | 0,006                          |
| 7     | ЛКМ                              | 20,0            | отсутствует   |                          | отсутствует                    |

Таблица 2

Проектные и фактические значения показателей работы очистных сооружений

| Наименование анализируемого ингредиента | Проектные концентрации, мг/л |               | Фактические концентрации, мг/л |               |
|---|------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
|   | до очистки                   | после очистки | до очистки                     | после очистки |
| рН                                      | 2-6,2                        | 9             | 2,5                            | 9,1           |
| Хром (6)                                | 70                           | 0             | 0                              | 0             |
| Медь                                    | 0,5                          | 0,1           | 14                             | 0,03          |
| Никель                                  | 2,5                          | 0,1           | 1,17                           | 0             |
| Железо                                  | 23,2                         | 1,2           | 20                             | 0,3           |
| Цинк                                    | 0,88                         | 0,22          | 3,6                            | 0,018         |

Проанализировав существующие способы очистки сточных вод с целью повторного использования в производстве очищенной воды, предлагаются в состав модернизированной схемы включить следующие узлы:

I. Узел приема и предварительной очистки стоков в составе: резервуары приема отработанных кислотно-щелочных и хромсодержащих растворов с порционной расчетной дозировкой отработанных растворов; узлы реагентной обработки с автоматической системой приготовления и подачи реагентов; узел электрохимического восстановления Cr(6+) до Cr(3+); узел корректировки рН усредненного стока; узел осветления стоков отстаиванием с использованием тонкослойных элементов; блок механической фильтрации осветленной воды с применением песчаных фильтров, с управляющей головкой, позволяющей проводить автоматическую промывку фильтров и сверхскорых фильтров с зернистой загрузкой [2];

II. Узел обезвреживания и обезвоживания осадка в составе: резервуары приема и усреднения осадка; установка обезвреживания осадка методом ферритизации; модуль обезвоживания осадка.

Очищенная вода (до 95%) будет возвращаться в производство, подпитка (5%) может осуществляться из узла водоподготовки производительность которого может быть снижена. Так же строительство комплекса позволит значительно уменьшить объем образования осадков и снизить их класс опасности [3].

Для решения проблемы обезвреживания получаемых при электрокоагуляционной обработке осадков сточных вод предлагается технология их обезвреживания (ферритизации), позволяющая переводить указанные отходы из III в IV-V класс опасности и производить их захоронение на открытых площадках (полигонах ТБО, выработанных карьерах и пр.) [4].

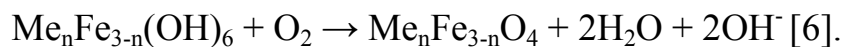
Реализация предлагаемого процесса ферритизации осадка сточных вод – наиболее целесообразна в привязке к проектируемому комплексу очистки стоков. При этом в технологический цикл очистки стоков добавляется одна операция – ферритизация шлама после его сгущения в уплотнителе перед обезвоживанием на пресс-фильтре [5].

Подача ферритизированного осадка на обезвоживание на фильтр-пресс должна осуществляться с помощью насоса при открытом затворе. Перед подачей осадка на обезвоживание его выдерживают в емкости ферритизированного осадка для охлаждения до температуры ~ 50°C. Время охлаждения и обезвоживания порции ферритизированного осадка объемом 1,755 м<sup>3</sup> составит 2 часа. После опорожнения емкости ферритизированного осадка в нее может быть подана новая порция обезвреженного осадка из реакторов

Сущность процесса ферритизации заключается в образовании на поверхности частиц гидроксидов тяжелых металлов слоя смешанных оксидов ионов тяжелых металлов и железа – ферритов с общей формулой  $MeO \cdot Fe_2O_3$ . Эти соединения обладают кристаллической решеткой, практически нерастворимы не только в воде, но и достаточно концентрированных растворах минеральных кислот и щелочей. Процесс ферритизации осадков протекает в щелочной среде при температуре более 50°C и состоит из двух стадий:

1. При добавлении раствора соли железа (II) образуются смешанные гидроксиды:  $3-nFe^{2+} + nMe^{2+} + 6OH^- \rightarrow Me_nFe_{3-n}(OH)_6$ ;

2. При следующем окислении кислородом воздуха образуются ферриты:



Затаривание ферритного осадка должно производиться в открытую тару из любого материала, пригодного для его временного хранения на

территории предприятия. После накопления ферритизированный осадок вывозится для захоронения на полигон [7].

Применение предлагаемых природоохранных мероприятий обеспечат:

- очистку гальванических сточных вод до требуемых норм ПДК с возможностью возврата не менее 95% очищенной воды в производство;
- значительное снижение (исключение) штрафов за превышение ПДК загрязняющих веществ в сточных водах, снижение нагрузки на существующие городские очистные сооружения и существенное снижение затрат на водопотребление и водоотведение;

- минимизация объема осадка;

К достоинствам разработанного процесса ферритизации можно отнести:

- высокую эффективность процесса, позволяющую уменьшить вымываемость ионов тяжелых металлов из шлама в десятки раз в водной и в сотни раз в кислой средах [8];

- улучшенные технологические свойства получаемого продукта – ферритизированного осадка, по сравнению с гидроксидным осадком, который легко обезвоживается и имеет большую плотность;

- возможность реализации технологического процесса на площадях действующей станции нейтрализации гальванических сточных вод с использованием штатного оборудования и персонала.

#### Литература

1. Локальная очистка сточных вод гальванических производств комбинированным способом с использованием электродиализной установки и ионообменных колонн / М. Н. Мавлетов, А. З. Яруллин, Н. Б. Березин, Ж. В. Межевич // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 6. – С. 63-66.

2. Смирнова, В. С. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых цветных металлов / В. С. Смирнова, С. А. Худорожкова, О. И. Ручкина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 2. – С. 405-417.

3. Сравнительное исследование методов разделения технологических растворов и сточных вод гальванических производств / О. А. Ковалева, С. И. Лазарев, Д. Н. Коновалов, С. В. Ковалев // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 5. – С. 58-63.

4. Колесников, В. А. Очистка сточных вод различных производств с применением наилучших доступных технологий / В. А. Колесников, С. О. Вараксин, Д. В. Павлов // Чистая вода: проблемы и решения. – 2010. – № 2-3. – С. 50-59.

5. Патент № 2301777 С1 Российская Федерация, МПК С02F 1/62, С02F 1/66, С02F 101/20. Способ очистки сточных вод гальванических производств с использованием ферритизированного гальваношлама : № 2005137608/15 : заявл. 02.12.2005 : опубл. 27.06.2007 / В. А. Мишин, В. В. Семенов, И. Г. Лейбель, О. И. Лейбель ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего

профессионального образования "Ульяновский государственный технический университет".

6. Патент № 2082681 С1 Российская Федерация, МПК С02F 1/62, С02F 101/20, С02F 103/16. Способ удаления ионов тяжелых металлов из концентрированных технологических растворов и сточных вод : № 94023682/25 : заявл. 22.06.1994 : опубл. 27.06.1997 / Н. Н. Дыханов, Л. Н. Собеневская.

7. Бузаева, М. В. Экологическая безопасность захоронения гальванических шламов в почву / М. В. Бузаева, З. В. Подольская, Е. С. Климов // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7. – С. 214-215.

8. Ресурсосберегающая технология очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием гальваношламов / Е. С. Климов, М. В. Бузаева, З. В. Подольская [и др.] // Водоочистка. – 2010. – № 8. – С. 70-71.

**А.С. Гармашова, Т.В. Ашихмина**

Воронежский государственный технический университет

## **КЛИМАТОФОРМИРУЮЩИЕ АСПЕКТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ПОЛИГОНАХ**

Рассматривается проблема в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО), имеющая глобальный, в том числе, климатоформирующий характер.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, экологическая безопасность, биогаз полигонов ТКО, парниковые газы, загрязнение атмосферы.

В настоящее время проблемы экологии стали затрагиваться весьма часто. Особое внимание уделяется одной из важнейших и масштабных проблем во всем мире – проблеме экологически безопасного обращения с отходами. С каждым годом объем образования твердых коммунальных отходов растет, оказывая неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду.

В России практически весь объем образовавшихся отходов (более 90%) отправляется на полигоны ТКО, легальные и нелегальные свалки (рис.1) [1].

Химические и биохимические процессы, происходящие в теле полигона, способствуют формированию эмиссий загрязняющих веществ, негативно влияющих на геосферные оболочки Земли на всех этапах существования полигона.

Важнейшая экологическая проблема размещения ТКО на полигоне связана с выделением смеси газообразных веществ (биогаза), в состав которых входят парниковые газы. Основные источники и компоненты выбросов при размещении ТКО на полигонах показаны в таблице.

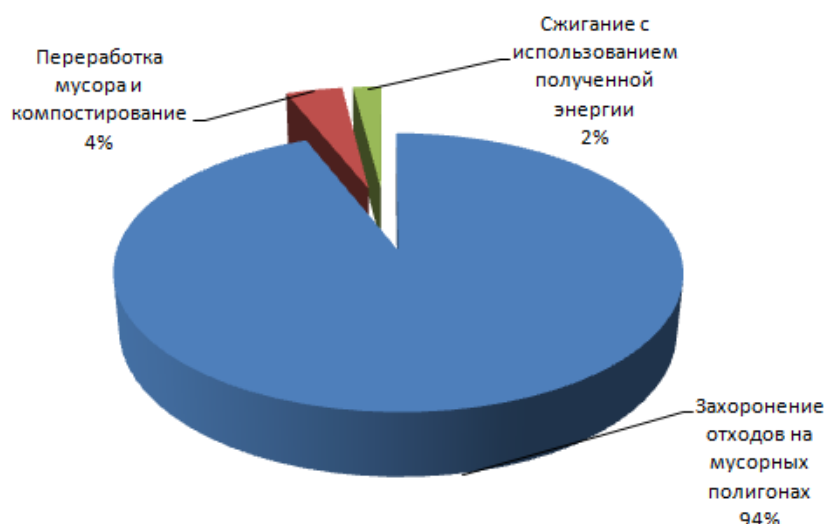


Рисунок 1. Способы утилизации отходов в России

Таблица – Источники и компоненты загрязнения атмосферы на полигоне ТКО[2]

| Источник эмиссии газообразных веществ в атмосферу над полигоном ТКО       | Компоненты газовых выбросов  |
|---|--|
| Тело полигона (масса отходов)   | Азота диоксид (Азот (IV) оксид), аммиак, Сера диоксид (Ангидрид сернистый), сероводород, оксид и диоксид углерода, метан, ксилол, толуол, этилбензол, формальдегид                     |
| Горение отходов на полигоне   | Твердые частицы, сернистый ангидрид, оксиды азота, оксиды углерода, сажа   |
| Пруды-испарители фильтрата  | Аммонийный азот, пары воды, газообразные продукты химических реакций   |
| Инсинератор для сжигания промасленных ветоши и фильтров                   | Летучая зола, сернистый ангидрид, оксид углерода, диоксид и оксид азота, бенз(а)пирен, мазутная зола и сажа  |
| Площадка биообезвреживания грунтов и опилок, загрязненных нефтепродуктами | Испарения сырой нефти, сернистые соединения нефти, предельные и непредельные углеводороды, ароматические соединения, полициклические ароматические углеводороды – ПАУ, альдегиды и пр. |
| Зона разгрузки мусоровозов и складирования ТКО с помощью бульдозеров      | Пыль неорганическая, Азота диоксид (Азот (IV) оксид)<br>Азот (II) оксид (Азота оксид)<br>Углерод (Сажа)<br>Сера диоксид (Ангидрид сернистый)<br>Углерод оксид<br>Керосин               |

Динамика эмиссии парниковых газов за последние 30 лет, представленная в российском кадастре, позволяет прогнозировать тенденции выбросов от объектов размещения отходов [3].

Тренды выбросов парниковых газов от обращения с отходами представлены на рис. 2.

Наибольший вклад в общий выброс парниковых газов в 2019 г. внесли эмиссии от объектов захоронения твердых отходов. Их вклад в целом составил 72,8%. Выбросы от других способов утилизации отходов оцениваются как незначительные [4].

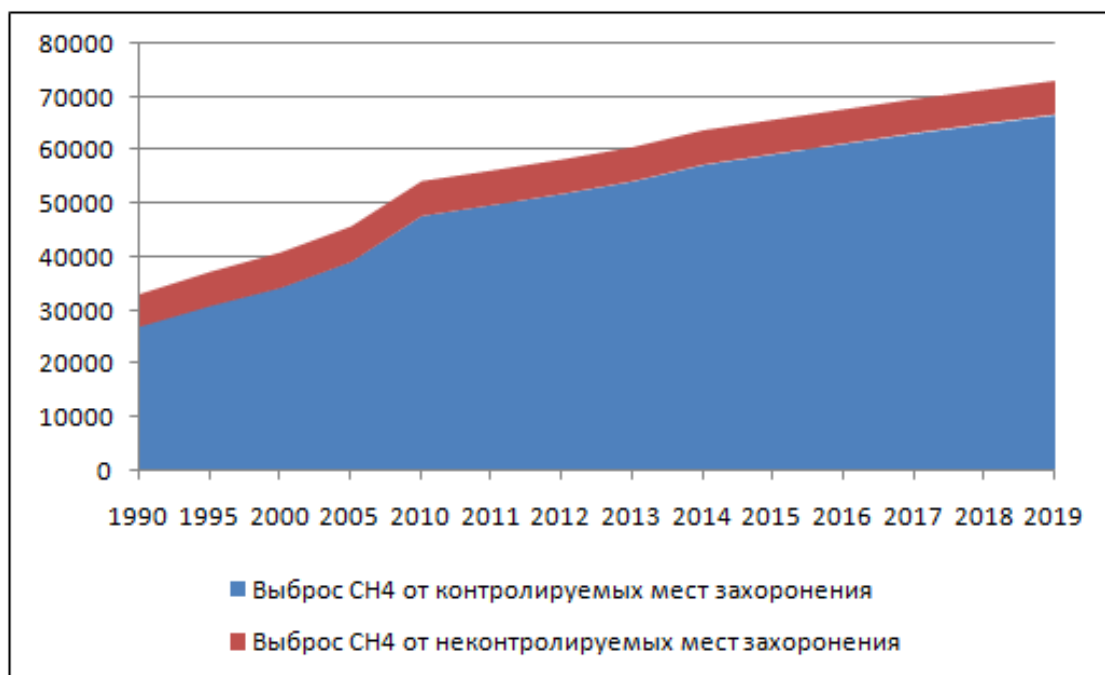


Рис. 2. Выбросы парниковых газов за период с 1990 по 2019 гг., Гт СО<sub>2</sub>-экв.

В настоящее время рядом нормативных документов установлено требование мониторинга и защиты воздушной среды на объектах размещения отходов, как в период эксплуатации, так и при рекультивации. Однако, сбор и использование свалочного газа в качестве источника тепловой, электрической энергии разрешается, но не является обязательным требованием [5, 6].

Перспективными технологиями при обращении с выбросами в атмосферу на объектах размещения ТКО являются [7]:

- закрепление пылящих поверхностей объекта размещения отходов;
- устройство для сбора биогаза из системы вертикальных перфорированных труб с покрытием окислительным и грунтовым слоем;
- технология системы извлечения, сжигания биогаза и очистки отходящих газов с использованием цеолита;
- способ термического обезвреживания биогаза после предварительной очистки от сероводорода и пыли с применением адсорбционной очистки отходящих газов.



Выбор технологии сбора и утилизации биогаза должен производиться на стадии проектирования объекта размещения отходов и обосновываться прогнозными расчетами эмиссии биогаза на различных этапах жизненного цикла такого объекта.

Таким образом, обращение с отходами – одна из немногих категорий российского кадастра, для которой характерен устойчивый рост выбросов, имеющий, в том числе, климатоформирующий характер.

Снижение выбросов парниковых газов может быть достигнуто путем оптимизации выбросов, прежде всего, на объектах размещения ТКО, посредством:

— сооружения систем дегазации, сбора и утилизации биогаза при рекультивации «старых» полигонов ТКО;

— внедрения систем дегазации, сбора и утилизации биогаза на этапе проектирования «новых» полигонов.

Данные мероприятия позволят не только снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и риск климатических изменений, но также сократить темп роста потребления ископаемого топлива, благодаря использованию биогаза в качестве тепловой и электрической энергии, и обеспечить экологическую безопасность территорий и здоровья населения.

#### Литература

1. Официальный сайт Greenpeace России. Что делать с мусором в России? – URL: <https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/10/report-RUSSIA-GARBAGE.pdf>

2. Ашихмина Т.В., Каверина Н.В., Куприенко П.С. Анализ негативных экологических последствий эксплуатации полигона твердых коммунальных отходов г. Воронежа на разных этапах его жизненного цикла // Региональные геосистемы. 2020. Том 44, № 3 (343–358)

3. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2019 гг. – М.: Москва. 2021. Ч.1. – 459 с.

4. Говор И.Л. Аналитический обзор потенциального вклада отрасли обращения с отходами в климатическую политику России/ И.Л. Говор, М.Л. Гитарский. – Российско-германский проект «Климатически нейтральное обращение с отходами в Российской Федерации». – ISBN 978-5-9904750-5-2. – URL: [http://www.otxod.com/method\\_materials.php?id=120&lang=ru](http://www.otxod.com/method_materials.php?id=120&lang=ru).

5. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов (утв. Минстроем России 02.11.1996) - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006959>

6. СП 320.1325800.2017 Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация - URL: <https://docs.cntd.ru/document/556610331>

7. Инженерно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 17-2016 Размещение отходов производства и потребления [Текст] / Москва, Бюро НДТ, 2016 г.

**А.С. Дегтева, А.С. Глубокая, Е.И. Тихомирова, З.А. Симонова**

Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

## **О ЛИКВИДАЦИИ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА НА ТЕРРИТОРИИ БАЙКАЛЬСКОГО ЦБК**

**Краткая аннотация.** Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат получил широкую известность как крупнейший источник загрязнения озера Байкал. Необходимость ликвидации экологического ущерба от деятельности промышленного предприятия возникла практически одновременно с его запуском и имеет огромное значение в настоящий момент. В сентябре 2021 г. делегация Саратовской области в составе «Менделеевской экологической экспедиции. Байкал» посетила объекты ликвидации накопленного вреда от Байкальского ЦБК. В статье представлены результаты тематического дня «антропогенное воздействие» Менделеевской экологической экспедиции, о современном состоянии и проектировании рекультивационных работ на территории БЦБК.

**Ключевые слова:** БЦБК, Менделеевская экологическая экспедиция, ликвидация накопленного вреда

### **Введение**

В «Год науки и технологий» в Российской Федерации и «Год Байкала» в Иркутской области РФ состоялась «Менделеевская экологическая экспедиция. Байкал 2021» при поддержке Федерального экологического оператора – предприятия Госкорпорации «Росатом» (ФЭО), сети Информационных центров по атомной энергии, Иркутского областного отделения Всероссийского общества охраны природы и научно-образовательного консорциума «Передовые ЭкоТехнологии» [1]. Делегация Саратовской области с 9 по 17 сентября 2021 г. принимала активное участие в мероприятиях экспедиции [2], целью которой являлась популяризация экологического мышления у студентов и школьников через понимание ценности и взаимосвязи всех элементов экосистемы природы.

Программа «Менделеевской экологической экспедиции Байкал-2021» предусматривала тематические дни: «биоразнообразие», «гидроэкология» и «антропогенное воздействие». В эти дни участники экспедиции проводили собственные исследования на ООПТ «Байкальский государственный природный биосферный заповедник», в акватории и на берегу озера Байкал, на территории бывшего Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (ОАО «БЦБК») [3]. В последнем был проведен анализ надшламовой воды из карты-накопителя полигона «Солзанский» и оценка воздействия БЦБК на биоту территории промплощадки [1, 3, 4].

О результатах тематического дня «антропогенное воздействие» «Менделеевской экологической экспедиции. Байкал-2021», современном состоянии и ликвидации накопленного вреда на ОАО «БЦБК» далее.

## **Байкальский ЦБК**

Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат – промышленное предприятие, расположенное в г. Байкальске Иркутской области РФ. Предприятие существовало с 1966 по 2013 гг. и выпускало вискозную целлюлозу, оберточную бумагу и т.д. [5]. Байкальский ЦБК получил широкую известность как крупнейший источник загрязнения Байкала [5].

## **Проект по ликвидации накопленного вреда окружающей среде Байкальским ЦБК**

Необходимость ликвидации экологического ущерба от деятельности БЦБК возникла практически одновременно с его запуском [5].

С 2020 г. единственным исполнителем работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде бывшего ОАО «БЦБК» является ФГУП «Федеральный экологический оператор» (ФЭО), согласно Распоряжению Правительства РФ от 30.10.2020 №2824-р [6]. К первоочередным работам проекта ФЭО относит задачи по понижению уровня и очистке надшламовых вод в картах-накопителях полигонов «Солзанский» и «Бабхинский» [6].

Основа технологии локальных очистных сооружений – система трехступенчатого обратного осмоса (баромембранные технологии) [6]. Воду пропускают через полупроницаемую мембрану под давлением [3]. Объем надшламовой воды для откачки и очистки в 2021 г. – 70 тыс. м<sup>3</sup> [6].

В настоящее время производится отбор технологических решений ликвидации накопленного вреда окружающей среде для полигона «Солзанский», который в рамках Менделеевской экологической экспедиции посетили делегации молодых ученых из регионов РФ. Для полигона «Солзанский» инженерные изыскания выполнены на 100% [6-7]. Объем карт полигона «Солзанский» – 4,224 млн. т, включая надшламовую воду – 375 тыс. м<sup>3</sup>. Выявленное содержимое: шлам-лигнин, смесь золошлаков и шлам-лигнина, загрязненная надшламовая вода и строительные отходы [6].

## **Перспективы**

Карта-накопитель надшламовых вод полигона «Солзанский» выглядит как обычный пруд; своевременные действия ФЭО опережают перелив воды и дальнейшее ее попадание в Байкал [3].

Станции очистки вод на территории БЦБК имеют не только функциональное, но и просветительское значение. Опыт ознакомления с технологическими процессами и их наглядная демонстрация позволяет участникам образовательного процесса сделать выводы о значимости сохранения экологии региона и осознанного потребления. Ликвидаторы накопленного вреда на территории БЦБК провели экскурсию для участников «Менделеевской экологической экспедиции Байкал-2021» (рис. 1-2).



Рис. 1. Экскурсия для участников «Менделеевской экологической экспедиции Байкал-2021» по территории объектов ликвидации накопленного вреда от ОАО «БЦБК»



Рис. 2. Посещение станции очистки надшламовых вод бывшего ОАО «БЦБК» участниками «Менделеевской экологической экспедиции Байкал-2021»



## Выводы

Необходимо подчеркнуть высокую значимость ведения рекультивационных работ на территориях-источниках загрязнения окружающей среды Иркутской области РФ и озера Байкал – объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Не меньшее значение имеет популяризация экологического мышления молодежи посредством ее ознакомления с технологическими процессами ликвидации накопленного вреда и демонстрации активной фазы работы на местах.

Минимизация вреда окружающей среде, нанесенная ОАО «БЦБК», займет немало времени, однако, ФЭО, как исполнитель проекта, определил первоочередные и комплексные задачи, поиск решений для которых активно ведется в настоящее время.

## Литература

1. Пресс-служба СГТУ имени Гагарина Ю.А. Представители СГТУ и ученики «Менделеевских классов» – участники экспедиции на Байкал [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.sstu.ru/news/predstaviteli-sgtu-i-ucheniki-mendelevskikh-klassov-posetili-tsellyulozno-bumazhnyu-kombinat-na-bay.html?sphrase\\_id=760064](https://www.sstu.ru/news/predstaviteli-sgtu-i-ucheniki-mendelevskikh-klassov-posetili-tsellyulozno-bumazhnyu-kombinat-na-bay.html?sphrase_id=760064) (22.10.2021).
2. Пресс-служба Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Менделеевская экологическая экспедиция состоится в сентябре [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/mendelevskaya\\_ekologicheskaya\\_ekspeditsiya\\_sostoitsya\\_v\\_sentyabre/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/press/news/mendelevskaya_ekologicheskaya_ekspeditsiya_sostoitsya_v_sentyabre/?special_version=Y) (28.09.2021).
3. Пресс-служба СГТУ имени Гагарина Ю.А. Аспирантка СГТУ Александра Глубокая рассказала об экологической экспедиции на Байкал [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.sstu.ru/news/aspirantka-sgtu-aleksandra-glubokaya-rasskazala-ob-ekologicheskoy-ekspeditsii-na-baykal.html?sphrase\\_id=760064](https://www.sstu.ru/news/aspirantka-sgtu-aleksandra-glubokaya-rasskazala-ob-ekologicheskoy-ekspeditsii-na-baykal.html?sphrase_id=760064) (27.09.2021).
4. Пресс-служба ФГУП «ФЭО». Менделеевская экологическая экспедиция состоялась [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosatom.ru/journalist/news/mendelevskaya-ekologicheskaya-ekspeditsiya-sostoyalas/> (23.10.2021).
5. Википедия: свободная энциклопедия. Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Байкальский\\_целлюлозно-бумажный\\_комбинат](https://ru.wikipedia.org/wiki/Байкальский_целлюлозно-бумажный_комбинат) (23.10.2021).
6. Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Госкорпорация «Росатом». Реализация проекта по ликвидации накопленного вреда окружающей среде бывшего ОАО «БЦБК» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/activity/gencleaning/nvos-bcbk/> (23.10.2021).
7. Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Госкорпорация «Росатом». Проектирование работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде (НВОС) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/activity/gencleaning/nvos-bcbk/> (23.10.2021).

**И. П. Емельянова, К.К. Курбанова**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет  
им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения  
Российской Федерации

## **ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ**

Изучено состояние питания учащихся общеобразовательных организаций г. Саратова. Установлено, что для учащихся младшего школьного возраста характерны особенности питания, связанные с нарушениями режима и качественной стороны питания. Выявлено, что половина опрошенных учащихся не употребляют пищевые блюда в школе из-за их «невкусности», в то же время их домашнее питание и пищевые семейные традиции не соответствуют принципам рационального и здорового питания. Установлено, что большинство школьников употребляют недостаточно молока и молочных продуктов при избыточном употреблении сахара и колбасных изделий.

Ключевые слова: питание, школьники, школьное питание.

В современном мире приоритетным вопросом является сохранение и поддержания здоровья подрастающего поколения. Как известно, здоровье – многокомпонентное понятие, зависящее от множества внутренних и внешних факторов. Так, качественное и сбалансированное питание способствует нормальному функционированию физиологических систем организма, направленных на поддержание работоспособности организма, сохранение и укрепление состояния здоровья. Особую проблему представляет собой питание учащейся молодежи, поскольку в школьном возрасте организм ребенка активно формируется, а физические, психоэмоциональные и умственные нагрузки постоянно возрастают [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Целью исследования был анализ организации питания детей младшего школьного возраста в средних общеобразовательных школах г. Саратова. С целью оценки состояния питания детей школьного возраста, был проведен анкетный опрос 40 человек. В соответствии с Федеральным законом «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ (ред. от 03 июля 2016 г.) от всех родителей учащихся получено информированное добровольное согласие на выполнение исследований, в соответствии с требованиями ст. 9 Федерального закона «О персональных данных» от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ – на обработку персональных данных.

В результате анализа полученных данных было установлено, что всегда завтракают дома менее половины детей – 40,0%. В то же время никогда не завтракают дома лишь 2,8%. Большинство же опрошенных не всегда завтракают дома перед посещением школы, на что указали 56,2%

респондентов. Этот неблагоприятный факт усугубляется тем, что в большинстве случаев дети не получали дома «горячий» завтрак. Как показывают данные анкетного опроса, лишь 38,2% детей употребляли на завтрак каши. У 50% опрошенных определен «бутербродный» тип питания.

Был проведен анализ организации школьного питания в течение недели. В результате было выявлено, что в группе младших школьников достоверно преобладали дети, получающие школьный завтрак ежедневно, и отсутствовали лица, не получающие завтрак в школе либо завтракающие изредка.

Интересна причина, по которой дети пропускали завтрак в школе. Анализ ответов на этот вопрос анкеты позволил установить, что в большинстве случаев дети отмечали неудовлетворительные органолептические показатели блюд, в частности, считали школьный завтрак невкусным (47%). Включение на завтрак преимущественно «нелюбимых» блюд отметили 46,2%. В остальных случаях у детей отмечалась необходимость соблюдать определенную диету (а школьные завтраки ей не соответствовали), указывалось также отсутствие аппетита в утреннее время или отсутствие привычки завтракать.

Поскольку многие школьники в качестве причины отказа от школьных завтраков указали, что в их состав входят нелюбимые ими блюда, были проанализированы пищевые предпочтения и семейные традиции питания. В результате было выявлено, что среди домашних пищевых предпочтений наиболее часто встречались: жареные мясо (57,3%) и картофель (51%), пирожки (63%).

Что касается традиционных в семье блюд, то таковые имелись в большинстве случаев – у 80,0% школьников. При анализе названных блюд стало очевидным, что они сводятся к той же комбинации мяса и картофеля, а также различной выпечке. Таким образом, школьники дома предпочитают употреблять пищу, не соответствующую рекомендациям по питанию детей школьного возраста, в том числе и в связи с традициями питания в семье.

Не соответствовало гигиеническим рекомендациям и количество приемов пищи в день (вместе со школьным питанием). Регистрировались лица, принимающие пищу лишь 3 раза в день. Редкие приемы пищи многие школьники, как показывают данные проведенного опроса, компенсируют употреблением снековой продукции, энергетических и сладких газированных напитков. Выявленный факт не очень благоприятный – частое употребление пищевых продуктов и напитков данной группы на фоне редких приемов пищи может привести в будущем к развитию патологии желудочно-кишечного тракта, заболеваниям обмена веществ.

С помощью следующего блока вопросов анкеты мы пытались выяснить пищевые паттерны детей и установить, насколько они соответствуют рекомендуемым принципам питания детей школьного возраста. В результате было выявлено, что школьники в недостаточном количестве употребляли молоко и молочные продукты – в подавляющем большинстве случаев (78,2%) дети выпивали лишь 1 стакан (200 мл) в сутки, а в остальных случаях – 2 стакана. В то же время, употребление школьниками простых углеводов, в частности, сахара было явно избыточным – среди ответов наиболее часто отмечались варианты 4–5 чайных ложек сахарного песка на чашку напитка, что значительно превышало рекомендуемое количество.

Неблагоприятная с гигиенических позиций ситуация складывалась при анализе частоты употребления мясных полуфабрикатов и колбасных изделий школьниками. При анализе ответов респондентов было выявлено, что практически половин – несколько раз в неделю. Несколько раз в месяц или редко употребляли колбасные изделия лишь 18,2% и 5,5% детей соответственно. Высокая частота употребления данных продуктов объясняется тем, что во многих семьях колбасными изделиями заменяется мясо в рационе детей, поскольку родители уверены, что колбасные изделия являются источником белка. Разумеется, это недопустимо ввиду неравноценности такой замены.

В итоге, полученные данные выглядят неблагоприятно. Проведенный анкетный опрос школьников и их родителей позволил установить, что частота приемов пищи у большинства из них меньше рекомендуемой, причем преимущественно за счет отсутствия завтрака дома, а также редкого посещения школьной столовой. При этом следует подчеркнуть, что практически половина опрошенных школьников посещала школьную столовую лишь 3–4 раза в неделю, а еще 3,7% – лишь 1–2 раза в неделю, то есть практически не была обеспечена горячим питанием в течение дня. Кроме того, полученные данные позволили прийти к выводу, что качественная сторона питания школьников также не соответствует нормативам и рекомендациям – нередко дети предпочитают утолять голод с помощью снеков, а дома питаются преимущественно картофелем с мясом и выпечкой. Ситуация усугубляется тем фактом, что большинство опрошенных детей младшего школьного возраста и их родителей не осознают возможные негативные последствия для их здоровья такого паттерна питания. Также проведенный опрос позволил установить, что большинство школьников употребляют недостаточно молока и молочных продуктов при избыточном употреблении сахара и колбасных изделий.

В целом полученные данные свидетельствуют о серьезных нарушениях организации питания у современных школьников. Подрастающее поколение не всегда оценивает полезность пищи, а



вкусовые предпочтения часто не коррелируют с требованиями и принципами рационального питания. По-прежнему актуальными остаются проблемы образования и культуры населения в вопросах здорового и сбалансированного питания.

#### Литература

1. Клещина Ю.В., Елисеев Ю.Ю. Особенности питания и витаминной обеспеченности организма у девушек с метаболическим синдромом. Гигиена и санитария. 2011; 1: 68-70.
2. Клещина Ю.В. Мониторинг состояния здоровья и фактического питания современных подростков. Российский педиатрический журнал. 2011; 2: 38-41.
3. Елисеева Ю.В., Елисеев Ю.Ю., Войтович А.А. Гигиенические аспекты изучения состояния питания учащихся с различным уровнем здоровья. Профилактическая медицина 2013; 16 (5): 37-40.
4. Елисеев Ю.Ю., Сергеева С.В., Клещина Ю.В. Комплексные стратегии управления здоровьем детского населения в эндемичных по содержанию йода районах Саратовского региона. Гигиена и санитария. 2014; 1: 68-70.
5. Елисеева Ю.В., Истомин А.В., Елисеев Ю.Ю., Пичугина Н.Н. Проблемы обеспечения гигиенической безопасности питания в Саратовском регионе. Саратов, 2014.
6. Медико-социальные аспекты сохранения подростков. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2019; 2: 113-117.

**Д.С. Захарова, М.А. Ветрова, Н.А. Иванцова**

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева,  
г. Москва

### **ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ НИТРОФУРАЛА**

В статье рассмотрены процессы фотокаталитической деструкции модельных водных растворов нитрофураля при совместном воздействии УФ-излучения графитоподобного катализатора нитрида углерода  $g-C_3N_4$ , нитрида углерода  $g-C_3N_4$  с включениями оксидов кремния ( $SiO_2$ ) и титана ( $TiO_2$ ). Установлена высокая деструктивная способность фотокатализа в отношении исследуемой активной фармацевтической субстанции.

Ключевые слова: сточные воды, фотокаталитическое окисление, нитрофураля, нитрид углерода.

В век инновационных технологий и широкого распространения различного рода синтетических соединений проблема загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления является наиболее актуальной. Образование несанкционированных свалок,

осуществление выбросов и сбросов, трудно разлагаемых органических соединений, влечет необходимость поиска и разработки высокоэффективных методов очистки, как атмосферного воздуха, так и подземных/поверхностных вод и почвы [1].

Наиболее высокую опасность для биосферы представляют активные фармацевтические субстанции (АФС), производимые для медицинских целей. Традиционные способы обеззараживания сточных вод фармацевтических предприятий отличаются сложностью аппаратного оформления и весомыми энергетическими затратами, что значительно замедляет процесс внедрения систем очистки.

Компромиссным решением стало применение ряда методов очистки, получивших название Advanced Oxidation Processes (AOPs) – усовершенствованные окислительные процессы, в основе которых лежит разрушение органического вещества при воздействии различного рода окислителей [2] с образованием супер-окислителей (гидроксил-радикалы). Наиболее глубокую степень деструкции загрязняющего препарата, обеспечивают процессы фотокаталитического окисления [2-3].

Таким образом, основной задачей данного исследования являлось выяснение эффективности фотокаталитической деструкции модельных растворов нитрофурала в присутствии инновационных образцов гетерогенного фотокализатора на основе нитрида углерода ( $g-C_3N_4$ ). Согласно данным различных источников данный тип катализатора принципиально отличается от общеизвестных металлооксидных катализаторов (на основе Ti, Zr и др.) [4].

Исследования по фотоокислению водных растворов нитрофурала ( $C_6H_6N_4O_4$ ) проводили на лабораторной установке стационарного типа, принципиальная схема которой представлена на рис. 1 [5].

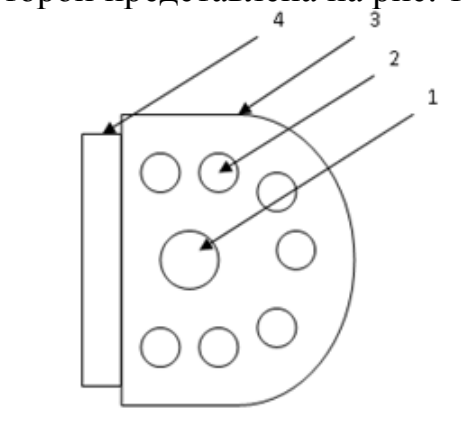


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (вид сверху):  
1-лампа ДРБ-8; 2-кварцевая пробирка; 3-металлический корпус; 4-блок питания

Методика экспериментов по окислительным процессам заключалась в следующем: в 200 мл водного раствора нитрофурала с концентрацией, равной 1 г/л, диспергировали 0,02 г порошка нитрида углерода ( $m_{kat}$ ) и перемешивали на магнитной мешалке в течение 15 минут. Далее

полученную суспензию помещали в кварцевые пробирки и проводили процесс фотокатализа. С целью наблюдения за изменением концентрации нитрофураля в растворе и протекания фотохимической реакции через каждые 15, 30, 60 минут осуществляли отбор проб.

Для фотокаталитической деструкции нитрофураля использовали образцы катализатора нитрида углерода ( $g-C_3N_4$ ), полученные на базе Научно-технологического центра Российской академии наук по следующим методикам:

- образец №1 - проводили термическую обработку меламина в безвоздушной среде при температуре  $550^\circ\text{C}$  в течении 6 часов.
- образец №2 - навеску меламина перетирали с частицами оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), 1/3 часть полученного порошка помещали в закрытый тигель и выдерживали 3 часа при температуре -  $300^\circ\text{-}350^\circ\text{C}$ .
- образец №3 - меламин смешивали с оксидом титана ( $\text{TiO}_2$ ) в пропорции 1:3 и термообработывали в течении 3-х часов при температуре -  $300^\circ\text{C}$ .

Результаты проведенных исследований представлены на рис.2.

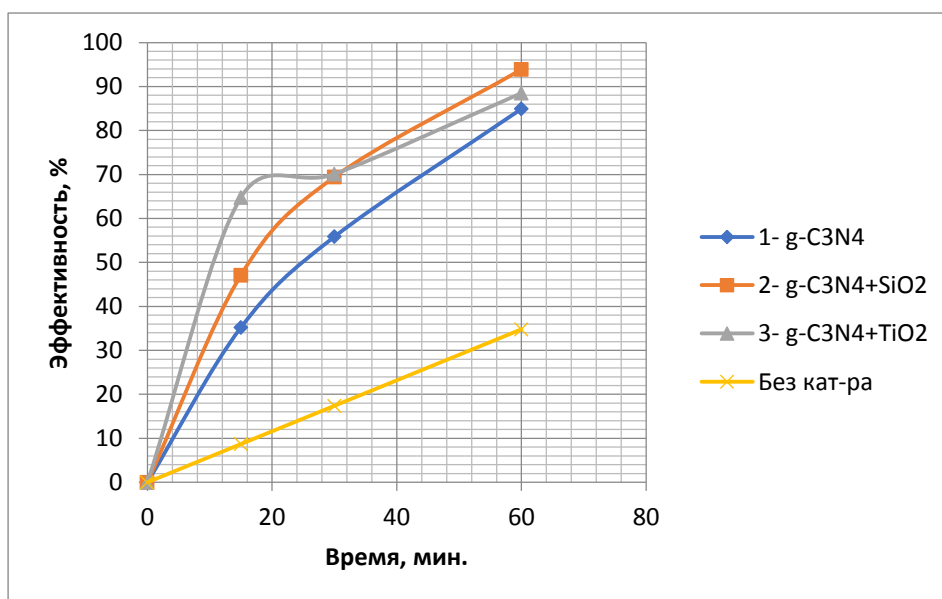


Рис. 2. Зависимость эффективности окисления растворов нитрофураля с участием фотокатализаторов от времени контакта с зоной облучения.

В ходе эксперимента была подтверждена эффективность использования фотодеструктивных методов в реакции глубокого окисления нитрофураля. Также из представленных на рис.2 экспериментальных данных, определено, что введение в систему фотокатализатора на основе нитрида углерода, модифицированного оксидом кремния, позволяет достичь максимальной степени деструкции равной 94%.

## Литература

1. Мартыненко О. В. Влияние компонентов медицинского отхода на окружающую среду [Текст] / О. В. Мартыненко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – С. 384.
2. Шейнкман Л. Э. Усовершенствованные окислительные процессы очистки промышленных сточных вод [Текст] / Л. Э. Шейнкман // Экология и промышленность России. – 2015. – С. 32-36.
3. Морозов А. Н. Фотокаталитическое окисление органических веществ в водных растворах [Текст] / А. Н. Морозов // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – С. 38-43.
4. Jiang, X. The photocatalytic performance of g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> from melamine hydrochloride for dyes degradation with peroxymonosulfate [Text] / X. Jiang // Photochemistry. Photobiology. – 2017. – P. 54–62.
5. Моторина С. А. Очистка модельных растворов органических красителей с использованием ультрафиолетового излучения [Текст] / С. А. Моторина // Успехи в химии и химической технологии. – 2011. – № 10 (126). - С. 21-23.

**А.И. Зельцер, С.А. Остроумов**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

### **ПРИМЕРЫ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ, ДЕЛАЮЩИХ ШАГ ВПЕРЕД В ОТНОШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ**

Изучение самоочищения воды является актуальным экологическим направлением, которое позволяет рассматривать реальные явления и внедрять новые методики решения фундаментальных проблем природоохранной сферы. В данной работе проводится анализ исследований ведущих специалистов в этой области с целью обсуждения практической пользы имплементации экологического законодательства РФ и улучшения экологического и биологического образования.

В практических сферах экологического и биологического образования существенно важным является изучение самоочищения воды в водных экосистемах. Актуальность этого выражается в нахождении решений таких фундаментальных экологических проблем, как загрязнение поверхностных вод и нарушение стабильности экосистемы, а также для решения прикладных вопросов, связанных с устойчивым использованием водных ресурсов [3]. Многие исследователи занимаются этим вопросом и уже получили существенные результаты, по которым мы можем судить о принципиальной важности процесса.

Будем опираться на экологическую теорию полифункциональной роли биоты в самоочищении водных экосистем [3, 4, 5]. Необходимо в полной мере охарактеризовать процессы, ведущие к самоочищению воды, не пренебрегая ни одним из них, поскольку только их совокупное действие дает видимый результат. В таком случае правильнее будет их разделить на группы: физические, химические и биологические процессы. Все они регулируются и существенно зависят друг от друга. С.А. Остроумов делает очень важный вывод о том, что биотические факторы – это «сердце» всей системы. Действительно, полагаю нельзя не согласиться с этим, потому что именно от гидробионтов-фильтраторов зависит прозрачность воды, степень ее очистки, а уже на это накладываются фотохимические и физические процессы.

Влияние на все процессы в водоеме имеют ступенчатый характер. Рассмотрим одну такую «ступень» как функциональную единицу, она включает два объекта: один находится на нижестоящем трофическом уровне, другой – на вышестоящем. Второй, несомненно, оказывает лимитирующее влияние на первого, степень влияния зависит от множества факторов среды. Как доказательство ступенчатого влияния организмов одного трофического уровня на другие, рассмотрим экспериментальные данные, полученные С.А. Остроумовым [2, 3, 7]. На примере моллюска *Lymnaea stagnalis* было выявлено, что при воздействии тетрадецилтриметиламмоний-бромидом нарушается вертикальный перенос вещества в микрокосме, который является аналогом экосистемы в исследовании. Результатом эксперимента стало то, что при добавлении 2 мг/л ТДТМА при сохранении постоянной температуры 22.5°C спустя 21 час с начала инкубации степень ингибирования скорости питания составляла 70.9%, по прошествии 45 часов – 65.4%, 72 часов – 27.9%. Как итог степень ингибирования накопления пеллет на дне микрокосмов за 72 часа составила 41.7%, что неразрывно связано с вертикальным транспортом элементов через экосистему. Помимо этого, смертность после третьего дня инкубации составила 9.7%. Можно сделать заключение о том, что присутствует экологическая опасность необратимого загрязнения химическими веществами и что поверхностно-активные вещества в значительной степени угнетают фильтрационную активность гидробионтов. Если количества ПАВ достигают сублетальных концентраций, то возникает серьезная угроза стабильности экосистемы.

Исходя из рассмотренных ранее работ, можно сделать вывод о том, что человек способен влиять на временное смещение равновесия в ту или иную сторону в экосистеме, так как все процессы в ней взаимосвязаны. Этим можно пользоваться для решения острых экологических проблем. Абиотические и антропогенные факторы могут привести к росту популяции фитопланктона. Эвтрофикация влияет на качество воды, биологическую продуктивность водоема, также это может быть

потенциальной опасностью для здоровья человека и для состояния фауны экосистемы. Ценный с практической точки зрения подход к решению этой проблемы был представлен С.А. Остроумовым [6]. В работе был рассмотрен двухкомпонентный метод, первой составляющей которого являлась попытка уменьшить поступление биогенов в водоем – уже применяется, второй составляющей названы биологические механизмы удаления клеток фитопланктона из воды – это принципиально новый подход, который пока не получил широкого распространения.

Как итог следует определить пользу для экологического законодательства РФ. Правовой инструментарий в РФ сформирован, он эффективно используется, но его можно улучшить. Полагаю, возможно возрастание негативных экологических тенденций в будущем из-за роста производственных сил предприятий. С помощью анализа исследовательских работ можно постараться конкретизировать влияние законодательства: ввести определенные лимиты на использование природных ресурсов (конкретные границы взять из совокупных результатов исследований), предусмотреть санкции за нерациональное пользование и загрязнение – контроль должен исполняться уполномоченными органами. Возможно также определить критические параметры стабильности экосистемы, снижение которых можно считать призывом к действиям чрезвычайного характера.

За улучшением экологического законодательства должно идти развитие экологического и биологического образования. К примеру, рассматривая сформулированный дуалистический подход, можно показать, насколько сложно бороться с эвтрофированием – нужно не только уменьшить поступление биогенов, но и повлиять на механизмы удаления фитопланктона фильтраторами. Это «сложно» говорит о том, что скорость эвтрофирования гораздо быстрее использованных ранее методов – нужно вводить более эффективные. Могу предположить, что проведенные исследования могут способствовать созданию модернизированных искусственных систем очищения, механизмы которых будут уподоблены биотическим с целью повышения эффективности. Полученные результаты должны стать толчком для нахождения новых примеров негативного воздействия детергентов и отходов производства, что подкрепит факт наличия проблемы и создаст новое направление работы природоохранной деятельности.

В работе были рассмотрены новые экологические концепции и разработки, которые дают возможность для анализа реальных ситуаций и для выявления нарушения экологических систем. Также была выражена надежда на имплементацию (воплощение в жизнь) экологического законодательства и приведены полезные рекомендации для его дополнения. Новые подходы, еще не получившие широкого распространения, могут быть актуальны в сферах биологического и

экологического образования с целью повышения общей экологической осведомленности и улучшения вспомогательных технологических систем.

#### Литература

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. –147 С.
2. Остроумов С.А. Inhibitory analysis of top-down control: new keys to studying eutrophication, algal blooms, and water self-purification // *Hydrobiologia*. 2002. Т. 469, С. 117–129.
3. Остроумов С.А. On the Multifunctional Role of the Biota in the Self-Purification of Aquatic Ecosystems // *Russian Journal of Ecology*. 2005. Т. 36, № 6. С. 414–420.
4. Остроумов С.А. Potentially Hazardous Substances with a New Type of Action: Disconnectors of the Pelagial-Benthic Interlink // *Доклады Академии наук*. 2002b. Т. 383, № 1. С. 138–141.
5. Остроумов С.А. Биологический механизм самоочищения в природных водоемах и водотоках: теория и приложения // *Успехи современной биологии*. 2004. Т. 124. № 5. С. 429–442.
6. Остроумов С.А. Синэкологические основы решения проблемы эвтрофирования // *Доклады Академии наук*. 2001. Т. 381, № 5. С. 709–712.
7. Остроумов С.А., Колесников М.П. Биокатализ переноса вещества в микрокосме ингибируется контаминантом: воздействие ПАВ на *Lytnaea stagnalis* // *Доклады Академии наук*. 2000. Т. 373, № 2. С. 278–280.
8. Севастьянов Д.В., Сикацкая Е.Д. Органическое вещество в донных отложениях озер как индикатор состояния окружающей среды // *Вестник СПбГУ*. 2003. Сер. 7. вып. 4, № 31. С. 46–55.
9. Сухинов А.И., Никитина А.В., Чистяков А.Е., Семенов И.С., Семенякина А.А., Хачунц Д.С. Математическое моделирование процессов эвтрофикации в мелководных водоемах на многопроцессорной вычислительной системе // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика*. 2016. Т. 5, № 3. С. 36–53.

#### Д.В. Киракосян

Российский химико-технологический университет имени Менделеева Д. И.;  
Институт океанологии имени Ширшова П. П. РАН, г. Москва

#### **АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ (29 МАЯ 2020, НОРИЛЬСК)**

В работе проанализированы причины и последствия аварии в Норильске. Приведены данные по составу дизельного топлива,  $C_{орг}$  и ПАУ, оценке ущерба окружающей среде, водным объектам, в том числе и коренным народам Севера.

Ключевые слова: аварийный разлив, нефтяное загрязнение, донные осадки, алифатические углеводороды, алканы, полициклические ароматические углеводороды

В Норильске 29 мая 2020 года на ТЭЦ-3 из-за внезапного проседания опор получил повреждения резервуар хранения дизельного топлива (ДТ), в результате утечка составила 21 тыс. т. Основной причиной аварии является упущения в проектировании и строительстве свайного основания резервуара. В результате часть свай не опиралась на скальный грунт, что привело к неравномерному распределению нагрузки [1].

ДТ представляет собой набор преимущественно насыщенных УВ, более чем на 70% состоящих из алканов: около 50% n-алканов  $C_{10}$ - $C_{26}$ , содержание которых равномерно снижается от  $C_{12}$  (максимальное содержание  $C_{11}$  и  $C_{12}$ ) с ростом молекулярной массы до  $C_{20}$ , затем резко падает (на алканы с  $C_n > C_{20}$  приходится меньше 4%) [2].

В Норильске была создана рабочая группа по ликвидации последствий инцидента, в которую вошли представители муниципальных и краевых властей, руководство компании, правоохранительные и профильные ведомства. В ликвидации последствий аварии было задействовано 163 резервуара общим объемом около 30 тыс. м<sup>3</sup>; в районе ТЭЦ-3 и р. Амбарной собрано 34 451 м<sup>3</sup> водно-топливной смеси; на площадке ТЭЦ-3 отсепарировано 4768 м<sup>3</sup>; с использованием сорбента очищено 423 тыс. м<sup>2</sup> территории в водосборе р. Амбарной.

АО «НТЭК» выплатила 146,2 миллиарда рублей компенсации ущерба окружающей среде. Из них 145,5 миллиарда рублей были направлены в доход федерального бюджета, а 684,9 миллиона — в доход Норильска в качестве возмещения вреда почвам [3].

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии предварительно оценил затраты на восстановление Норило-Пясинской озерно-речной системы после аварии в 40 млрд рублей и стоимость утраченных водных биологических ресурсов — в 3,5 млрд рублей [4].

Также по факту разлива была создана комиссия по этноэкспертизе, члены которой оценили ущерб в размере 174 млн руб. ПАО «Норникель» начнет осуществлять выплаты по программе поддержки коренных малочисленных народов севера в Красноярском крае до конца 2021 года [5].

В июле и августе 2020 г. сотрудниками Института биофизики и ИВЭП было отобрано 40 проб донных отложений рек Амбарная и Дадыкан, оз. Пясино и Карского моря (рис.1). Для анализа поверхностный слой донных осадков отбирали с помощью штангового дночерпателя.

Органический углерод ( $C_{орг}$ ) в донных осадках определяли методом сухого сжигания на анализаторе АН-7560.

Содержание и состав ПАУ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе LC-20 Prominence (фирма Shimadzu) с колонкой Envirosep PP, при температуре термостата колонки



40°C, с флуоресцентным детектором RF-20A в градиентном режиме (от 50% объемной доли ацетонитрила в воде до 90%).

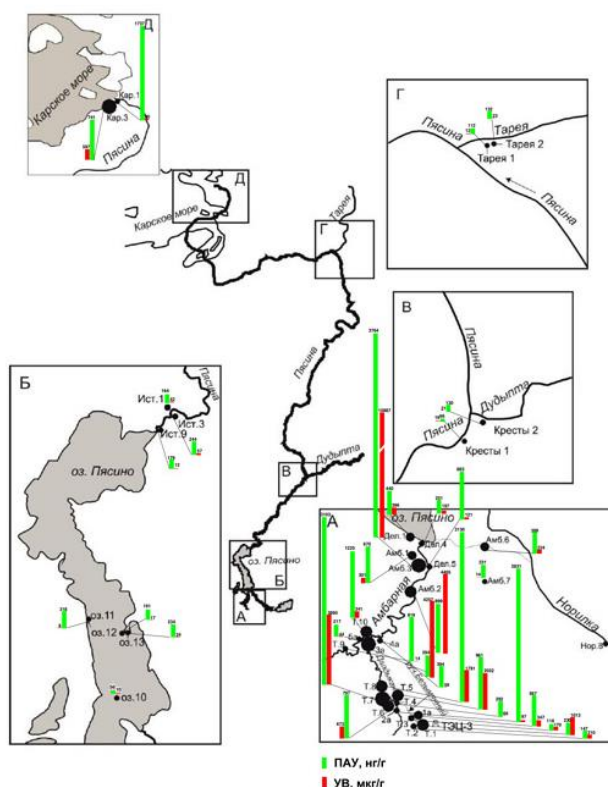


Рис. 1. Карта-схема отбора проб и распределение концентраций ПАУ и алифатических УВ в донных осадках

Содержание  $C_{\text{орг}}$  в донных осадках варьировало от 1,51 до 6,81 % (рис. 2). Пространственное распределение  $C_{\text{орг}}$  характеризовалось неоднородностью.

Пойменные почвы вблизи аварии места аварии имели преимущественно песчаный и супесчаный гранулометрический состав с высокой долей крупных скелетных частиц и низким содержанием ила и органического вещества, в силу чего они неспособны поглощать и удерживать значительные количества нефтепродуктов. Такой состав и свойства пойменных почв предопределены тем, что они сформировались на аллювиальных отложениях потоков речных вод с высокой скоростью течения, обусловленной большим перепадом высот на этом участке [2]. Это и могло повлиять на низкое содержание  $C_{\text{орг}}$  в донных осадках около места аварии.

Содержание суммарного ПАУ по всем индивидуальным полиаренам в донных осадках варьировало от 55,6 до 3764,4 нг/г. В их составе проб доминировали нафтенy (нафталин (НАФ), 1-метилнафталин (1-МеНАФ), 2-метилнафталин (2-МеНАФ)) и фенантрен (ФЕН).

Содержание наиболее канцерогенного из идентифицированных ПАУ бенз(а)пирена было наиболее высоким на участках, близких к месту аварии (рис.3), что превышало величину ПДК в почвах.

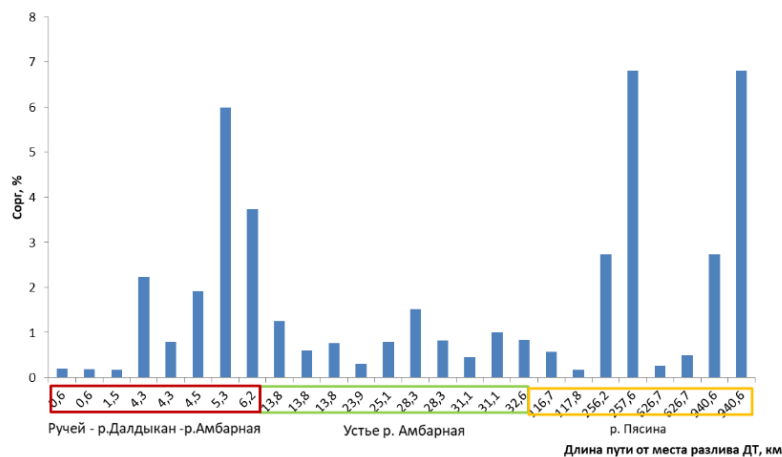


Рис. 2. Распределение содержания  $C_{орг}$  в донных осадках по мере удаления от места аварии

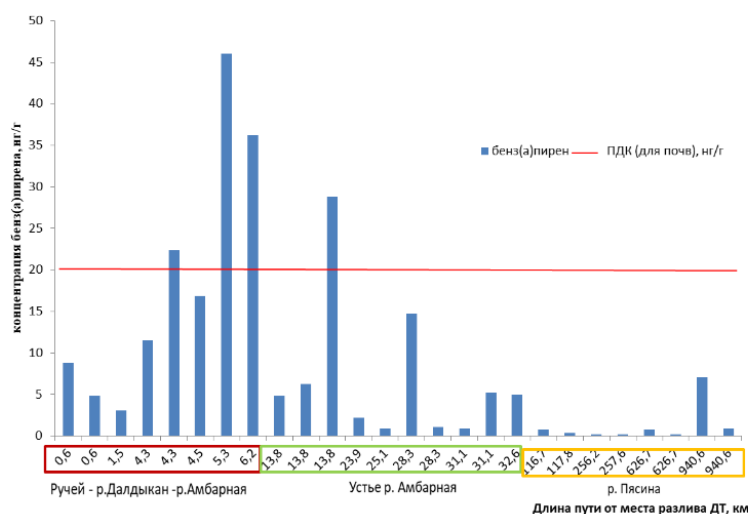


Рис.3. Распределение концентрации бенз(а)пирена в донных осадках по мере удаления от места аварии

По концентрациям индивидуальных ПАУ были рассчитаны индикаторные соотношения ПАУ [6] (в том числе доля нафталинов от суммы ПАУ), так как эти соотношения могут пролить свет на происхождение ПАУ.

Соотношение ФЕН/АНТР 62,5 % случаев соответствия проб интервалу, что говорит о петрогенном происхождении ПАУ.

Было выявлено, что неустойчивые нафталины составляют до 70% от общего содержания ПАУ, что свидетельствует о нефтяном происхождении загрязнителя.

В заключение хотелось бы сказать о том, что причиной аварии в Норильске является халатность руководства, которое дало разрешение на эксплуатацию резервуара после ремонта без соблюдения требований промышленной безопасности и разрешения контролирующих органов.

По распределению маркеров установлено, что загрязнение – нефтяное, так как доминируют нафталины (до 70% от общего содержания ПАУ) – маркеры нефтяного загрязнения, несмотря на быструю трансформацию состава алифатических УВ.

Проведенные анализы позволили оценить основные характеристики загрязнения и подтвердить тот факт, что авария оказала влияние на окружающую среду, даже при своевременных мероприятиях по ликвидации последствий аварии.

#### Литература

1. Акт технического расследования аварии топливного резервуара АО «НТЭК», РОСТЕХНАДЗОР, 10.11.2020 [Электронный ресурс]: сайт. — URL: <https://www.gosnadzor.ru/news/65/3325/>

2. Сибирское отделение РАН. Краткий отчет по итогам большой экспедиции (лето-осень 2020 г.). 2020. Режим доступа: <https://www.sbras.ru>

3. Последствия разлива топлива в Норильске [Электронный ресурс]: сайт. — URL: <https://www.rbc.ru/business/04/06/2020/5ed7b3a19a79470f8a58995b>

4. Шестаков И. Объединенная пресс-служба Росрыболовства. 25.09.2020 [Электронный ресурс]: сайт. — URL: <http://fish.gov.ru/obiedinnaya-press-sluzhba/novosti/31469-ilya-shestakov-vosstanovlenie-vodnoj-ekosistemy-posle-avarii-v-norilске-zajmet-18-let>

5. В МЧС майский разлив дизельного топлива в Норильске назвали самым масштабным на планете. 24.12.2020 [Электронный ресурс]: сайт. — URL: <https://news.rambler.ru/ecology/45496462-v-mchs-mayskiy-razliv-dizelnogo-topliva-v-norilске-nazvali-samym-masshtabnym-na-planete/>

6. Хаустов А. П., Редина М. М. Полициклические ароматические углеводороды как геохимические маркеры нефтяного загрязнения окружающей среды. Экспозиция нефть газ, 2014, № 4 (36), С. 92-96

**Е.В. Кирюшин, И.И. Шепелев, Е.Н. Еськова**

Красноярский государственный аграрный университет

## **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Разработка и внедрение малоотходных технологий на основе комплексного использования минеральных ресурсов обеспечивает не только экономический эффект за счет доизвлечения из техногенных материалов ценных компонентов, но и экологическую безопасность глиноземного производства. При этом сокращаются объемы образования отходов и сокращаются площади для их размещения, что приводит к уменьшению экологического ущерба и снижению вредного воздействия отходов на окружающую среду. Внедрение дополнительной ступени газоочистки выбросов тонкодисперсных примесей в атмосферу от печей спекания способствовало обеспечить очистку с КПД до 96% при расходе подшламовой воды больше 0,6 л/м<sup>3</sup>. Это позволило достичь установленные для предприятия нормативы предельно-допустимых выбросов твердых загрязняющих веществ в атмосферу и обеспечить утилизацию образуемого шлама без загрязнения окружающей природной среды.

**Ключевые слова:** глиноземное производство, техногенные материалы, печи спекания, газовые выбросы, тонкодисперсная пыль, электрофильтры, шлам.

Переработка сырья с разным соотношением компонентов и содержанием примесей выдвигает проблемы разработки и внедрения малоотходных технологий на основе комплексного использования минеральных ресурсов в разряд первостепенных задач экологической безопасности [1]. При существующих масштабах и темпах роста производства, когда в переработку могут вовлекаться разнообразные по составу и примесям алюминиевые руды, количество отходов, а также их негативное воздействие на окружающую среду будет постоянно возрастать [2-3]. Ежегодно при производстве глинозема на Ачинском глиноземном комбинате образуется 6,5 – 6,8 млн. тонн нефелинового шлама [4]. Использование образуемого на комбинате нефелинового шлама в настоящее время ведется очень ограниченными объемами (в пределах 250 тыс. тонн /год) и требует разработки и реализации технических предложений по максимальной утилизации нефелинового шлама с обоснованием затрат на их внедрение. Вместе с тем нефелиновый шлам является отходом 5 кл. опасности, не токсичен, не радиоактивен и обладает выраженными вяжущими свойствами [4]. На глиноземном комбинате разрабатываются и испытываются новые технологии использования нефелинового шлама в дорожном строительстве, для кладочных работ отработанных шахтных выработок с созданием новых рецептур кладочных смесей с применением шлама и местных инертных материалов, для использования шлама в земледелии при раскислении почв

и при рекультивации отработанных угольных разрезов. В перспективе промышленная реализация данных технологий сможет обеспечить масштабное использование нефелинового шлама в регионах СФО.

В качестве других техногенных добавок, используемых в производстве глинозема, рассматривались шлаки ферротитанового производства, отходы шамотной футеровки, золо-шлаковые отходы. Данные отходы являются низко-щелочным видом сырья, и требуют корректировки модульных соотношений в шихте. Установлено, что при добавках отходов в шихту до 8% от массы сырья извлечение глинозема при выщелачивании полученных спеков остается на необходимом высоком уровне, что позволяет экономить основное сырье. Установлено, что ввод шлака в количестве 2,1 % масс. в состав сухой рудной смеси увеличивает содержание  $Al_2O_3$  в спеке на 0,4 % масс.

В ходе промышленного внедрения ресурсосберегающей технологии шамотный кирпич, отслуживший свой срок, доставлялся в сырьевой цех на переработку и подавался на совместное дробление с рудой. До вторичного использования эти отходы, применяемые для футеровки вращающихся печей и других тепловых агрегатов, складировались на территории промышленной площадки и не перерабатывались. В настоящее время они практически полностью вовлекаются во вторичную переработку. В процесс приготовления шихты за последние годы было направлено более 40 тыс. тонн отходов огнеупорного шамотного кирпича. При этом сэкономлено 50 тыс. тонн нефелиновой руды, за счет сокращения транспортных расходов и расхода основного сырья себестоимость выпуска глинозема снижена.

В результате промышленной деятельности АО «РУСАЛ Ачинск» образуется техногенное загрязнение атмосферного воздуха пылью от глиноземного производства. Наиболее масштабное загрязнение атмосферного воздуха составляют выбросы вредных веществ от печей спекания [1, 2]. Процесс спекания глиноземсодержащей шихты во вращающихся печах сопровождается значительным пылевыделением. Основная масса пыли выносятся из печи вместе с отходящими газами. Цех спекания АО «РУСАЛ Ачинск» представлен 10-ю печами 5,6/5,0×185 м (печное отделение № 1, технологические нитки 1–10) и 2-я печами 5,0/5,6/5,0×175 м (печное отделение № 2, технологические нитки 11–12). В настоящее время на некоторых печах спекания установлены современные 5-ти полные электрофильтры типа ЭГАВ 1-25-12-7-5; очистка осуществляется в два этапа – пылевая камера и электрофильтры (по 2 на печь) [5]. Но даже при такой двухступенчатой очистке отходящие газы печей спекания еще содержат тонкодисперсные твердые частицы пыли. Поэтому для повышения степени очистки атмосферного воздуха на комбинате были сделаны попытки к существующей системе очистки в электрофильтрах установить дополнительную ступень очистки газов в

скрубберах [6]. В качестве жидкости в установках «мокрой» очистки газов было предложено применять оборотную подшламовую воду [7]. Очищенный от пыли, смолистых и других составляющих газ выбрасывается через высотные дымовые трубы в атмосферу. Проведенные промышленные испытания и внедрение смонтированной на печах спекания установки «мокрой» очистки подтвердили достижение высокоэффективной очистки газовых выбросов от тонкодисперсных примесей с КПД до 96% при расходе подшламовой воды больше 0,6 л/м<sup>3</sup> очищаемого газа.

Для проработки вопроса возможного возврата шлама после установки «мокрой» очистки в технологический процесс гидрохимического передела были проведены исследования минералогического состава образуемого твердого осадка. Учитывая результаты минералогических исследований и сходство данного шлама с сырьевой шихтой, можно рекомендовать после очистки направлять шлам в технологию на дальнейшую переработку в цех гидрохимии. Внедрение дополнительной ступени очистки отходящих газов печей спекания позволит повысить эффективность очистки от тонкодисперсной глиноземной пыли, достичь установленные для предприятия нормативы предельно-допустимых выбросов в атмосферу и обеспечить утилизацию образуемого шлама без загрязнения окружающей природной среды.

Для проведения экологического мониторинга на глиноземном комбинате работает санитарно-промышленная лаборатория, основная задача которой – инструментальный контроль экологической безопасности производства – как для сотрудников АО «РУСАЛ Ачинск», так и для жителей близлежащего города. Лабораторией проводится большая работа по анализу состояния воздуха и других вредных производственных факторов на рабочих местах в цехах комбината, а также на границе санитарной зоны предприятия.

Решение экологических проблем на Ачинском глиноземном комбинате осуществляется не только для достижения предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, но и для здоровья людей, так как комбинат является основным градообразующим промышленным предприятием. Вторичная переработка образуемых на комбинате отработанных и складированных материалов и утилизация их мест размещения приводит к уменьшению экологического ущерба и снижению вредного воздействия отходов на окружающую среду.

#### Литература

1. Сизяков, В.М. Стратегические задачи металлургического комплекса России [Текст] / В.М. Сизяков, А.А. Власов, В.Ю. Бажин // Цветные металлы. – 2006. – №1. – С.32-38.

2. Липин, В.А. Пути совершенствования технологии переработки алюмосиликатного сырья на глинозем и сопутствующие продукты [Текст] / В.А. Липин, А.Ю. Баймаков // Цветные металлы. – 2014. – № 4. – С. 62-68.
3. Александров, А.В. Пути улучшения качества алюминийсодержащего спека во вращающейся печи [Текст] / А.В. Александров, Н.В. Немчинова, Е.А. Федотова // Сб. научн. тр. Переработка природного и техногенного сырья. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2016. – С. 57-60.
4. Шепелев, И.И. Перспективы вторичного использования отходов глиноземного производства [Текст] / И.И. Шепелев и [др.] // Журнал «Естественные и технические науки». – 2017. – №6. – С.41-51.
5. Гузаев, В.А. Технические решения по повышению эффективности и надежности электрофильтров ФИНГО [Текст] / В.А. Гузаев, А.А. Троицкий // Сб. докладов IV Междун. конференции Пылегазоочистка – 2011. – ООО «ИНТЭКО», 2011. – С.16-18.
6. Дружинин, К.Е. Совершенствование основного и вспомогательного оборудования пирометаллургических процессов и его испытания в условиях действующего производства [Текст] / К.Е. Дружинин, Н.В. Немчинова, Н.В. Васюнина // Вестник ИрГТУ. – 2016. – № 5. – С. 144-152.
7. Shepelev, I. The solution to the problems of gas treatment in alumina production with application of ecological engineering / I .I Shepelev, E. N. Eskova, O. V. Pilaeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). – 2019. – 537 (6) 062063.

**А.С. Костина<sup>1</sup>, Э.Г. Рядно<sup>1</sup>, А.М. Васильев<sup>1</sup>, И.А. Колычев<sup>2</sup>,  
А.В. Доброштан<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет, Краснодар

<sup>2</sup>ООО «Газпром трансгаз Краснодар», Краснодар

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СИЛИКАГЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АДСОРБЕНТА**

В работе рассмотрены особенности конверсии метанола в диметиловый эфир с использованием адсорбентов на силикагелевой основе, модифицированных оксидом алюминия, различных марок (АСМ, АСМ ВС, BASF КС-Тrockenperlen Н, BASF КС-Тrockenperlen WS) и адсорбента марки НИАП-АОС, используемых в промышленных адсорбционных установках при очистке природного газа. Охарактеризованы состав и структурные характеристики промышленных адсорбентов, которые сопоставлены с их каталитической активностью. Результаты термокatalитических превращений метанола на адсорбентах показали перспективность использования модифицированного 4,6 % оксидом алюминия силикагеля марки АСМ при очистке природного газа в промышленности, способного обеспечить существенное сокращение вредных выбросов метанола в атмосферу.

Ключевые слова: газ природный, конверсия метанола, модифицированные силикагелевые адсорбенты, диметиловый эфир.

В процессе транспортировки природного газа могут образовываться газовые гидраты, уменьшающие пропускную способность газопроводов [1]. Ввод в газораспределительные системы метанола позволяет при низкой стоимости и доступности реагента достигнуть высокой активности ингибирования и является одним из эффективных вариантов предупреждения образования газовых гидратов [2]. Однако применение ингибиторов на основе метанола имеет и серьезные недостатки – высокая токсичность и пожароопасность, а также высокая упругость его паров [3]. При осушке природного газа в установках подготовки газа к транспорту на этапе регенерирования адсорбентов при 280–290°C возможна утилизация экологически опасного метанола в диметиловый эфир на силикагелевых адсорбентах.

Целью настоящей работы является изучение каталитической активности промышленных адсорбентов марок АСМ, АСМ ВС, BASF КС-Тrockenperlen Н, BASF КС-Тrockenperlen WS, НИАП-АОС, используемых при очистке природного газа, в условиях конверсии метанола и установление наиболее эффективного катализатора термокаталитических превращений метанола.

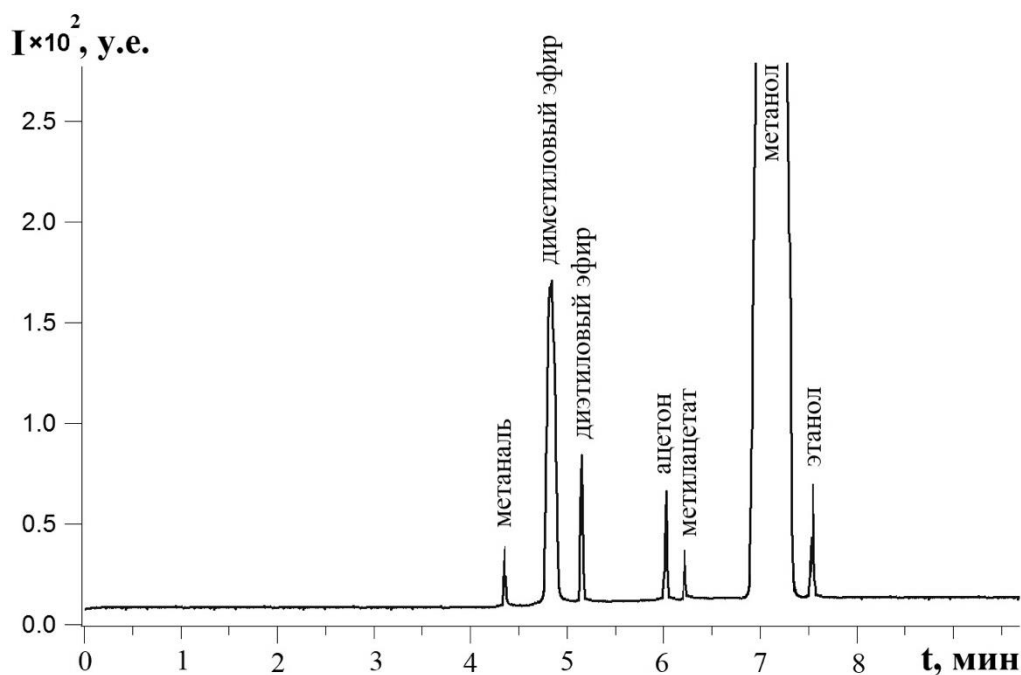
Удельную поверхность и удельный объем пор исследуемых образцов определяли по низкотемпературной адсорбции азота при 77 К на анализаторе удельной поверхности «Сорбтометр-М». Элементный состав адсорбентов изучали на рентгенофлуоресцентном спектрометре Shimadzu EDX-8000. Исследование фазового состава проводили методом рентгенофазового анализа на дифрактометре Shimadzu XRD-7000.

Каталитические испытания промышленных образцов силикагеля для изучения конверсии метанола проводили на экспериментальной установке проточного типа при атмосферном давлении в температурном диапазоне 120–290°C и скоростях потока насыщенного метанолом азота 400 и 800 мл/мин. Процесс конверсии метанола осуществляли хроматографически на приборе «Кристалл-2000 М» с пламенно-ионизационным детектором и кварцевой капиллярной колонкой с привитой фазой FFAP.

Идентификацию и определение продуктов конверсии метанола осуществляли методом газовой хроматомасс-спектрометрии на хроматографе Shimadzu GC-2010 с масс-спектрометрическим детектором GCMS-QP2010 Plus.

В качестве побочных продуктов конверсии метанола на адсорбентах в реакционной смеси идентифицированы метаналь, диэтиловый эфир, ацетон, метилацетат и этанол. Типичная для всех хроматограмма газовой смеси, образующейся в реакторе на всех исследованных адсорбентах, на примере адсорбента АСМ в начальной стадии нагрева приведена на рис.





Хроматограмма газовой смеси, образующейся в реакторе с адсорбентом АСМ в начальной стадии нагрева (до 20 минут) при 290°C и скорости потока азота, насыщенного метанолом, 400 мл/мин

Конверсия метанола при температурах до 150°C не протекает. С увеличением температуры со 160 до 290°C повышается конверсия метанола в реакторе на всех исследованных адсорбентах, также возрастают концентрации побочных продуктов. При 290°C и скорости потока 800 мл/мин конверсия метанола на силикагеле марки АСМ достигает максимального значения – 89 % масс, а выход диметилового эфира составляет 40 % масс.

Каталитическая активность адсорбентов марок НИАП-АОС, АСМ ВС, BASF КС-Trockenperlen Н, BASF КС-Trockenperlen WS, АСМ и немодифицированного силикагеля в конверсии метанола существенно различается. Характер активности этих адсорбентов при других скоростях потока азота, насыщенного метанолом, идентичен. Немодифицированный адсорбент практически не обладает каталитической активностью, способствующей конверсии метанола.

Данные по активности адсорбентов марок НИАП-АОС, АСМ ВС, BASF КС-Trockenperlen Н и BASF КС-Trockenperlen WS, АСМ и рентгенофазового анализа показали, что каталитическая активность конверсии обусловлена более эффективным взаимодействием метанола с аморфной формой адсорбентов. Увеличение удельной поверхности и удельного объема пор также повышают каталитическую активность адсорбентов в конверсии метанола.

Таким образом, термокatalитические свойства адсорбента АСМ, проявленные в процессе конверсии метанола, показали перспективность

его использования при очистке природного газа в промышленности, что обеспечит сокращение вредных выбросов метанола в атмосферу.

*Исследования проводились в рамках выполнения госзаданий Минобрнауки РФ, проекты № FZEN-2020-0022 и № 075-Г/З/X2295/685/2, с использованием научного оборудования ЦКП «Эколого-аналитический центр» и УНПК «Аналит» Кубанского госуниверситета.*

#### Литература

1. Yang, M. Hydrate reformation characteristics in natural gas hydrate dissociation process: A review / M. Yang [et al.] // Appl. Energy. 2019. V. 256. ID 113878.
2. Бешенцева, С.А. Анализ методов предупреждения гидратообразования в трубопроводах / С.А. Бешенцева // Вестник кибернетики. 2012. № 11. С. 40–44.
3. Pohanka, M. Toxicology and the biological role of methanol and ethanol: Current view / M. Pohanka // Biomed. Pap. Med. fac. Univ. Palacky Olomouc Czech. Repub. 2016. V. 160. № 1. P. 54–63.

**А.В. Кошелев, В.Ф. Головков, В.В. Суровцев, Е.И. Тихомирова<sup>1</sup>**

Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии, г. Москва

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

### **АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ДИОКСИНОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

В работе представлен анализ современных представлений об образовании диоксинов при термическом обезвреживании хлорсодержащих органических соединений. Рассмотрен механизм формирования диоксинов в процессе горения хлорсодержащих органических соединений, влияние на этот процесс различных факторов. Анализ необходим для разработки рекомендаций по сокращению содержания диоксинов в дымовых газах до концентраций, не превышающих предельно допустимых значений (ПДК), установленных нормативной документацией.

Ключевые слова: диоксины, хлорсодержащие органические соединения, термическое обезвреживание, экологические риски

Проблема термического обезвреживания хлорсодержащих органических соединений (ХСОС) без эмиссии диоксинов чрезвычайно актуальна вследствие необходимости уничтожения мусорных свалок, медицинских отходов и накопленных запасов, запрещенных к применению ядохимикатов, в которых ХСОС составляют существенную часть. Эти вещества могут быть как в твердом, так и жидком состоянии. При

термообезвреживании веществ в твердом агрегатном состоянии процесс ведут в две стадии [1, 2]:

- предварительный обжиг с целью перевода ХСОС в газовую фазу (дымовые газы) и удаление инертного материала;

- дожигание (дальнейшее окисление) дымовых газов до образования простых негорючих веществ  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $CO_2$  с последующей газовой очисткой.

В зависимости от количества атомов хлора в молекуле ХСОС существенно меняются их теплотехнические характеристики: температура разложения, теплота сгорания и другие. При увеличении количества атомов хлора, замещающих водород, теплота сгорания снижается. Наименее горючим веществом является гексахлорбензол (температура кипения (возгонки)  $324\text{ }^{\circ}C$ , температура вспышки  $242\text{ }^{\circ}C$ , теплота испарения  $2131\text{ кДж/кг}$ ). Поэтому термообезвреживание ХСОС необходимо проводить при дополнительном подводе энергии, например, при подаче топлива и воздуха. При этом для жидких ХСОС и продуктов их сжигания возможны варианты: введение (впрыск) в пламя обычной или плазменной горелки [1,3,4], в высокотемпературную камеру пульсирующего (детонационного) горения [5,6], в циклонную камеру дожигания с дополнительным нагревом [1,7,8].

Для предварительного обжига твердых ХСОС применяют [1,7,9] непрерывно действующие шахтные печи, барабанные печи, печи «кипящего» слоя», сжигание в шлаковом расплаве (печь Ванюкова), а также периодические инсинераторы, - герметизированные камеры, оснащённые форсунками.

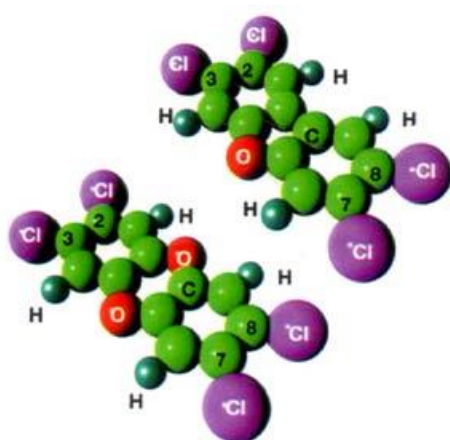
Для дожигания дымовых газов и жидких ХСОС рекомендовано [1] применять циклонные камеры дожигания. Анализ современных представлений об образовании диоксинов при термическом обезвреживании ХСОС необходим для разработки рекомендаций по сокращению содержания диоксинов в дымовых газах до концентраций, не превышающих предельно допустимых значений (ПДК), установленных нормативной документацией.

### **Современные представления об образовании диоксинов в процессе термообезвреживания ХСОС**

Диоксины и родственные им фураны — группа химических соединений, насчитывающая более двухсот представителей, из которых семнадцать чрезвычайно опасны для природы и человека. Обычно о диоксине говорят в единственном числе. При этом, как правило, имеют в виду наиболее токсичное вещество в группе - тетрахлордибензо-пара-диоксин (2, 3, 7, 8-ТХДД, или просто ТХДД). Обобщающие названия аналогичных веществ – «диоксины» ТХДД и «фураны» ТХДФ. О смеси диоксинов и фуранов применяют сокращение ТХДД (Ф).

Диоксины состоят из двух бензольных колец, связанных друг с другом двумя атомами кислорода, а фураны — одним. К каждому бензольному кольцу диоксинов и фуранов могут присоединяться от 1 до 4 атомов хлора, замещая атомы водорода (Рисунок). Число и положение атомов хлора определяют разнообразие химических свойств отдельных представителей семейства.

Диоксин — синтетический тотальный яд, поражает практически все формы живой материи от бактерий до теплокровных животных. ТХДД примерно в 67 тысяч раз ядовитее цианистого калия и в 500 раз — стрихнина. Он образуется при температурах от 250 до 800°C как побочный продукт многих технологических процессов, использующих соединения хлора и углерода.



Тетрахлорибензофуран

Диоксин

Рис.1 Структурная формула диоксина и фурана

Диоксины и фураны чаще встречаются в виде сложных смесей, поэтому для оценки их суммарной токсичности была разработана международная система показателей токсического эквивалента TEFs (toxic equivalency factors). В этой системе показатель 2,3,7,8-ТХДД принимается равным 1,0. Следующее по токсичности вещество имеет TEF = 0,5, то есть ядовито в два раза меньше. Показатели родственных диоксину соединений меняются от 0,5 до 0,00001. Произведение TEF данного соединения на его концентрацию называют TEQ или teq (toxic equivalency quantity) — количеством токсического эквивалента.

Рассмотрим механизм формирования диоксинов в процессе горения ХСОС и влияние на этот процесс различных факторов.

### **Образование и разрушение диоксинов в печи для сжигания ХСОС**

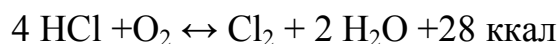
Продукты горения — это газообразные, жидкие или твердые вещества, образующиеся в процессе горения. Состав продуктов сгорания зависит от состава горящего вещества и от условий его горения. Органические и неорганические горючие вещества состоят, в общем случае, из углерода, кислорода, водорода, хлора, серы, фосфора и азота. Из

них хлор, углерод, водород, сера и фосфор способны окисляться при температуре горения и образовывать продукты горения:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Азот при температуре горения не окисляется и выделяется в свободном состоянии, а кислород расходуется на окисление горючих элементов вещества. Все указанные продукты сгорания (за исключением окиси углерода  $\text{CO}$ ) гореть в дальнейшем больше не способны. Они образуются при полном сгорании, то есть при горении, которое протекает при доступе достаточного количества воздуха и при высокой температуре.

При неполном сгорании органических веществ в условиях низких температур и недостатка воздуха образуются более разнообразные продукты – окись углерода, спирты, кетоны, альдегиды, кислоты и другие сложные химические соединения. Они получают при частичном окислении как самого горючего, так и продуктов его сухой перегонки (пиролиза). Эти продукты образуют едкий и ядовитый дым.

Хлорорганические соединения при сжигании образуют  $\text{HCl}$ , сернистые компоненты - двуокись серы, а соединения азота - оксиды азота. Эти вещества являются газами. Следует отметить, что до температуры  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  азот практически не окисляется [7, 8].

При термообезвреживании  $\text{XCO}$  образующиеся пары  $\text{HCl}$  реагирует с кислородом  $\text{O}_2$  по обратимой реакции:



Ниже  $600\text{ }^\circ\text{C}$  реакция смещается вправо, выше  $600\text{ }^\circ\text{C}$  – влево.

Так как  $\text{HCl}$  является продуктом сгорания всех хлорорганических соединений, следует, что любое из этих соединений является потенциальным предшественником диоксинов при сгорании.

Таким образом, при полном окислении любой хлорорганики на выходе получаем соли металлов, окислы металлов, пары воды, углекислый газ, пары соляной кислоты, оксиды азота. При наличии серы, например в топливе, добавляется двуокись серы.

На промежуточных этапах при медленном горении дополнительно возможны органические радикалы и свободный хлор. Если сгорание происходит при избытке кислорода, что необходимо для полного сгорания, то в дымовых газах на выходе из камеры сгорания присутствует свободный кислород. При недостатке кислорода (неконтролируемое горение) образуется сажа – аморфный углерод с примесью продуктов сухой перегонки. Эти продукты образуют едкий и ядовитый дым.

Общепринятым механизмом образования диоксина и фурана являются гетерогенные реакции в более холодных областях камеры сгорания с участием газофазных органических предшественников, донора хлора (например,  $\text{HCl}$ ) и металлического катализатора, связанного с

летучей золой, такого как хлорид меди [9]. Значительная часть образующихся ПХДД/Ф испаряется, а не остается в твердой фазе при температурах выше 350°C.

Анализ экспериментальных данных, полученных на мусоросжигательных заводах и в лабораторных исследованиях, предполагает три возможных пути образования диоксинов, изложенных ниже.

1. Диоксины и фураны, уже присутствуют в сырье.
2. Из соединений-предшественников в сырье, которое может приводить к образованию диоксинов и фуранов.
3. Синтез *de novo* диоксинов и фуранов, от более мелких, относительно безобидных, химических молекул нехлорированных углеводов, углерода, кислорода, хлора и других атомов, присутствующих в продуктах сгорания и объединенных вместе на поверхности частиц под влиянием катализа металлом или из кольцевых структур углерода при каталитическом окислении.

Предшественники могут уже существовать и переноситься через камеру сгорания, адсорбированными или абсорбированными на таких материалах, как сажа или пыль.

На настоящий момент известны основные факторы, которые влияют на выбросы диоксинов из источников горения:

1. ПХДД в сырье (например, консерванты для древесины или пестициды).
2. Прекурсоры в сырье (например, хлорированные фенолы, хлорированные бензолы и ПХБ, которые могут присутствовать в древесных консервантах, гербицидах, растворителях, красителях и диэлектрических жидкостях, ранее использовавшихся в электрических трансформаторах).
3. Хлор в сырье.
4. Температура горения (от 500 до 800 °C способствует образованию ПХДД, тогда как температура выше 900°C разрушает ПХДД).

Исследование термодинамики и кинетики окисления диоксинов приводит к выводу о том, что отсутствует термическая или кинетическая устойчивость этих веществ. Теоретически, окисление, по сути, завершено при температурах выше 500°C хотя, на практике общепризнано, что для полного уничтожения необходимы температура сжигания 850°C и время удержания газа 2 сек или 1000°C и время удержания газа в 1 с. Поскольку разложение диоксинов зависит от температуры в геометрической прогрессии, то при рекомендованной для хлорсодержащих углеводов температуре сжигания 1200°C время удержания для полного уничтожения измеряется в миллисекундах.

5. Время пребывания (чем выше температура газа, тем меньше времени пребывания требуется для уничтожения ПХДД и наоборот).

6. Доступность кислорода (недостаточный кислород для полного сгорания углеводородов или плохое смешивание воздуха и топлива будет способствовать ухудшению условий горения и образованию ПХДД).

7. Обработка сырья (жидкое и газообразное топливо, как правило, легче смешиваются с воздухом и сгорают, поэтому твердые топлива могут нуждаться в сушке, измельчении, или обработке каким-либо другим способом для обеспечения полного сгорания для минимизации образования ПХДД).

8. Дополнительное топливо (когда теплота сгорания отходов сгорания недостаточна и требуется дополнительное топливо, процесс сжигания имеет тенденцию быть более эффективным, а температура выше, что менее благоприятно для образования ПХДД).

Считается, что при температурах выше  $850^{\circ}\text{C}$  любые диоксин/фураны, присутствующие в схеме, будут уничтожены. Отсюда, в частности следует, что испарение и газификация токсичных реагентов из сгоревшего твердого топлива происходит при температуре  $750-850^{\circ}\text{C}$  при достаточном времени пребывания, после чего твердые продукты сжигания инертны и могут быть удалены из системы сжигания.

Для эффективного и полного сгорания частиц углеродсодержащего материала, содержащегося в уносе дымовых газов, которые могут в дальнейшем выступить в качестве катализатора де ново-синтеза, должна быть достигнута температура выше  $1000^{\circ}\text{C}$ . Для выполнения этого условия рекомендовано применять камеры дожигания отходящих дымовых газов с температурой  $1200^{\circ}\text{C}$  и временем пребывания при этой температуре не менее 2 секунд. Спроектированные ранее мусоросжигательные заводы, не учитывавшие перечисленные факторы, являлись, по сути, генераторами диоксинов. Гипотетическая картина образования и разрушения диоксинов в «эффективном» процессе сжигания представлена на рисунке 2.

Наличие диоксинов в дымовых газах и твердых частиц в «эффективных» системах сгорания может быть отнесено к двум возможным механизмам формирования на основе гетерогенных катализируемых реакций.

- Диоксины образуются из предшественников, которые присутствуют в топливе или отходах, или которые образуются в процессе сгорания.

- Синтез de Novo из нехлорированные углеводородов, углерода, кислорода, хлора и других атомов, присутствующих в продуктах сгорания.

Вопрос о механизмах образования и разложения диоксинов изучен недостаточно глубоко вследствие сложности гетерогенных каталитических процессов в сжигающих установках. Одним из аспектов является исследование влияние температуры на процесс формирования диоксинов. Проведено много экспериментальных работ в этом направлении на

твердых и газообразных реагентах, подтверждающих, что образование диоксинов происходит в диапазоне температур 300-500°C (рис. 3).

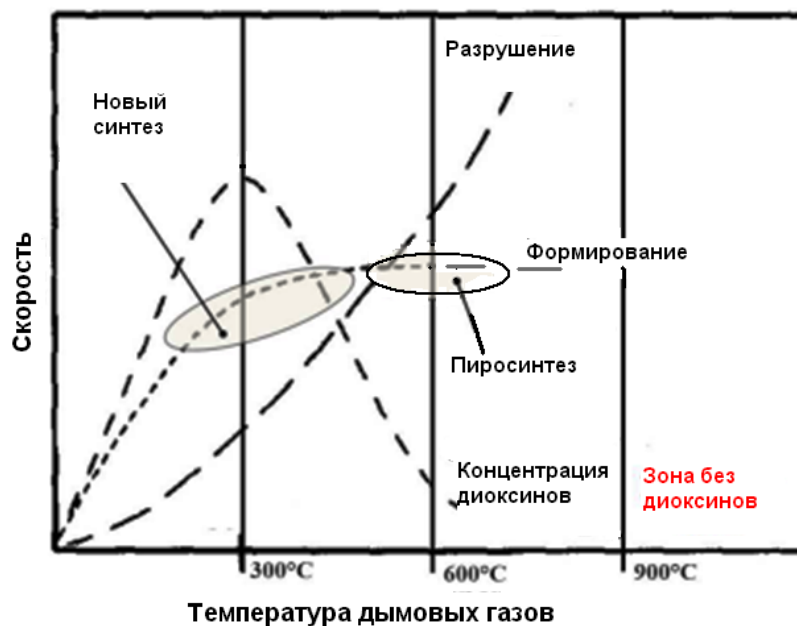


Рис. 2. Дуалистический принцип формирования и разрушения диоксинов при сжигании ХСОС [11].

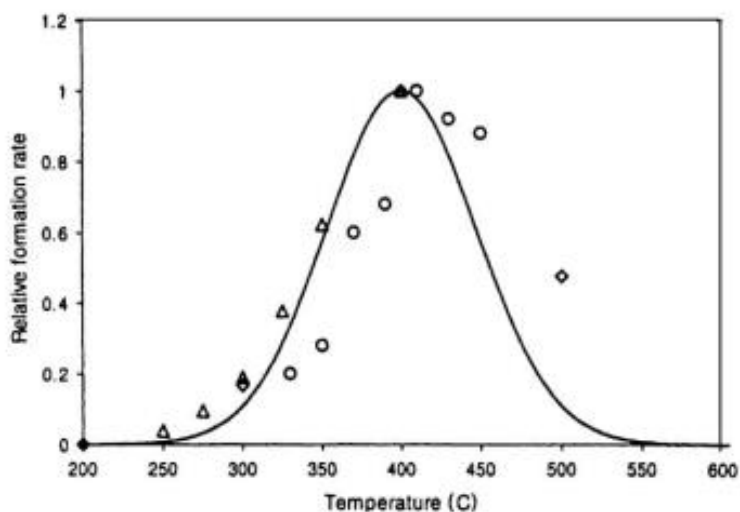


Рис. 3. Относительные темпы формирования диоксинов (вблизи 400°C) при различной температуре дымового газа [12]

При дальнейшем повышении температуры (свыше 800 C) происходит разрушение структуры диоксинов до простых неорганических соединений. Конструктивно это зона дожигания. Для случая твердых ХСОС это также зона выгрузки термообезвреженного материала, т.к. к этому времени прекурсоры диоксинов переходят в газовую фазу, которая подвергается дальнейшему нагреву в камере дожигания.



Температура 1200 и время пребывания дымовых газов в камере дожигания 2 секунды рекомендованы в [1], как обязательные. Если камера дожигания выполнена в циклонном формфакторе и футерована химстойким материалом, то созданы благоприятные условия для увеличения времени пребывания, удаления взвеси мелких частиц, золы и сажи из потока дымовых газов. Это один из факторов, снижающий образование диоксинов на стадиях охлаждения и очистки дымовых газов.

В соответствии с [12], формирование диоксинов определяется, по крайней мере, тремя механизмами:

1 – Пиросинтез *в газовой фазе* из хлора, кислорода и ароматических соединений, образующихся в результате неполного сгорания ХСОС в диапазоне температур (500÷700) °С. Они образуются из соединений – предшественников диоксинов, таких как хлорированные бензолы, фенолы, бифенилы или хлорированный дифениловый эфир в газовой фазе при каталитическом хлорировании на поверхности сажи (недожиг углерода) с последующей рекомбинацией на поверхности частиц с образованием ароматических прекурсоров.

2 – Новый каталитический синтез диоксинов *в газовой фазе* из нехлорированных органических продуктов сгорания, хлора и кислорода на частицах металлов, золы и сажи в диапазоне температур (300-500) °С. Предполагается, что синтез предшественника происходит, когда углерод из несгоревшего топлива объединяется с хлором в газовой фазе с образованием предшественников, а затем прекурсоры конденсируются на поверхностях частиц и подвергаются реакциям каталитической рекомбинации с образованием ароматических соединений.

Другая теория ново-синтеза предполагает, что источником углерода являются частицы углерода и хлорирование происходит на поверхности частиц. Кольцевые структуры освобождаются от несгоревшей углеродной матрицы и могут подвергаться реакциям рекомбинации с образованием более крупных кольцевых структур.

3 – Каталитический синтез диоксинов *на металлических поверхностях*.

Известно, что некоторые металлы, такие как медь, катализируют новый синтез, в то время как другие разлагают диоксины и фураны, образовавшиеся ранее. Эффективность снижения применительно к ПХДД / Ф последующих соединений, содержащих атомы азота и серы, можно классифицировать приблизительно в соответствии с принципом, согласно которому чем больше атомов серы и азота в молекулярной структуре ингибитора, тем выше его восстанавливающие способности.

В случае испытаний, проведенных с использованием соединений металлов (оксидов), также наблюдалась способность к уменьшению диоксинов. Однако это не ингибирующий эффект, а результат параллельных процессов каталитического разложения ПХДД / Ф. Только

алюминий и цинк показали каталитическую активность, которая повышала эффективность нового синтеза. Кроме того, для сравнения разрушающего воздействия вольфрама и молибдена использовались их различные формы. Эксперименты подтвердили гипотезу о том, что в этом случае важным фактором является металл, а не его форма.

На основании исследований показано, что метод снижения выбросов диоксинов с помощью химических ингибиторов и отдельных металлов обеспечивает очень большие и реальные возможности его применения в производственной практике. Возможность ингибирования и введения металла, который оказывает влияние на синтез диоксинов путем подачи небольшого количества относительно дешевых соединений в поток дымовых газов (при подходящей температуре) приводит к тому, что это может быть экономичной альтернативой другим способам удаления диоксинов (например, по сравнению с каталитическими и адсорбционными методами).

#### Литература

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2015 - «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)», 1 июля 2016 г.
2. Кунцевич А. Д., Головков В.Ф., Рембовский В. Р. Дибензо-п-диоксины. Методы синтеза, химические свойства и оценка опасности. // Успехи химии, 1996. Т.65 (№1), С. 29-42.
3. Кондратьев В.Б., Корольков М.В., Глухан Е.Н., Куткин А.В. Промышленная реализация инновационных отечественных технологий утилизации и обезвреживания полихлорированных дифенилов. // Химия технология органических веществ, 2017. №1 С.50-61.
4. Бернадинер И.М., Бернадинер М.Н. Обезвреживание опасных отходов: выбор оптимальной технологии. // Твердые бытовые отходы. 2010. №10. С. 18 - 26.
5. Аршинов Н.П., Васин А.В., Папуша А.И., Папуша И.А., Тюрин О.В.- Опыт обезвреживания ПХБ из крупногабаритных силовых трансформаторов // Электрика. 2006. № 3. С. 28-32.
6. Павлов Г.И. Разработка наукоемкой технологии по термическому обезвреживанию отходов разного класса опасности на основе особенностей неустойчивого горения в камерах сгорания ракетных двигателей – Докт. дисс., Казанское высшее артиллерийское командное училище. – Казань, 2004. 286 с.
7. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.:Химия, 1990.
8. Ершов А.Г., Шубников В.Л. Термическое обезвреживание отходов: теория и практика, мифы и легенды. // Журнал ТБО. 2014. №5. С. 47-52.
9. Бернадинер И.М. Диоксины и другие токсиканты при высокотемпературной переработке и обезвреживании отходов. – М.: Издательский дом МЭИ. 2012. 128 с.
10. Wehrmeier A., Lenoir D., Schramm K.W., Zimmermann R., Hahn K., Henkelmann B., Kettrup A., Patterns of isomers of chlorinated dibenzo-p-dioxins as tool for elucidation of thermal formation mechanisms // Chemosphere, 1998; 36:2775-2801.

11. Augusto Bianchini, Marco Pellegrini, Cesare Saccani.- Advanced plant solutions for dioxin emission reduction in industrial combustion processes. // Conference April 2015. P. 56-61.

12. Петров В.Г. Термодинамические и кинетические расчеты для выбора параметров процессов обезвреживания диоксиногенных отходов методом сжигания. // Вопросы обеспечения пожарной и промышленной безопасности. 2010. Том 2, № 1, С.61-68.

13. Петров В.Г., Стомпель С.И., Буков В.А. Анализ экологической безопасности работы инсинераторов КТО при вероятном образовании диоксинов // Вестник Удмуртского университета. 2013. Вып. 4. С. 36-40./

14. McKay G. Dioxin characterisation, formation and minimisation during municipal solid waste (MSW) incineration: review // Chem Eng J, 2002; 86:343-368.

**А.Р. Ларин, Д.А. Степовая, Т.В. Клейменова, Е.А. Полянская**

Пензенский государственный технологический университет

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье рассмотрено негативное воздействие различных факторов на качественное состояние почв Пензенской области. Приведены результаты мониторинга загрязнения почвы, проводимого на протяжении ряда лет.

Ключевые слова: почвы, эколого-токсикологические исследования, эрозия, мониторинг.

Почвенный покров является важнейшим компонентом природной среды, который характеризуется невозобновляемостью, длительным восстановлением в случае деградации. Организация мониторинга земельных ресурсов, а также анализ полученных данных необходимы для эффективного управления земельными ресурсами, предотвращения загрязнения земель и обеспечения их продуктивности.

Целью исследования является – анализ качественного состояния почв Пензенской области под воздействием антропогенных и природных факторов.

Анализ проводился на основе данных докладов о состоянии и использовании земель в Пензенской области за 2018-2020 гг. [1,2,3]

Для наблюдения за почвами Пензенской области выбраны 14 сельскохозяйственных предприятий, расположенных в 13 административных районах. Они образуют сеть стационарных ключевых участков, информация о которых обрабатывается ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Пензенский».

С изменением качественного состояния почв Пензенской области можно познакомиться на рисунке 1.

Из рисунка видно, что степень развития процессов: водная эрозия, подтопление, переувлажнение, каменистость, заболачивание, засоление, нарушенные земли постепенно возрастает. Наибольшее негативное воздействие оказывает водная эрозия, а степень развития процесса засоление – наименьшая. Слабое радиоактивное загрязнение постепенно снижается.

Оценка материалов исследований валовых форм тяжелых металлов в почвах позволяет сделать следующие выводы:

1) концентрации металлов первого (свинец, ртуть, кадмий) и второго (медь) класса опасности находится в диапазоне предельно-допустимых концентраций (ПДК);

2) высокое содержание марганца и никеля в почвообразующих породах отразилось на содержании их валовых форм в почвах – зафиксировано незначительное превышение в пределах 1,06-1,75 ПДК.

Анализ отобранных проб по эколого-токсикологическим показателям представлен на рисунке 2 [4,5,6].

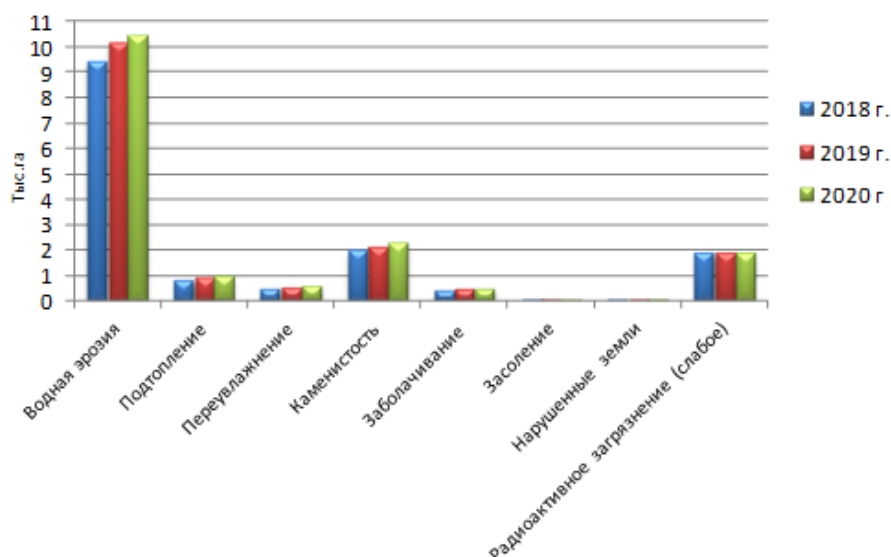
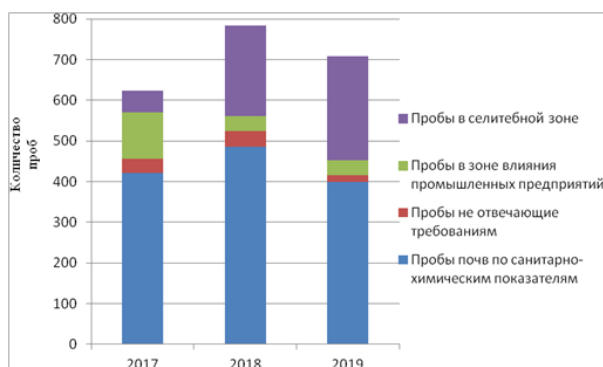
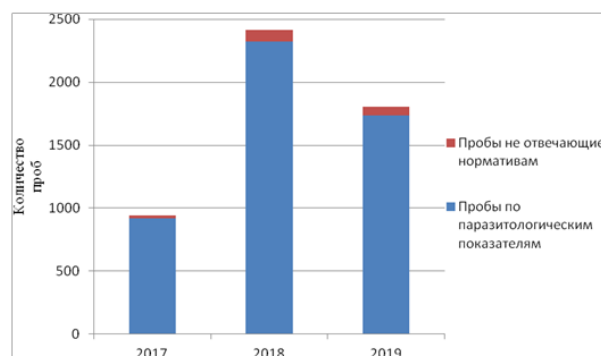


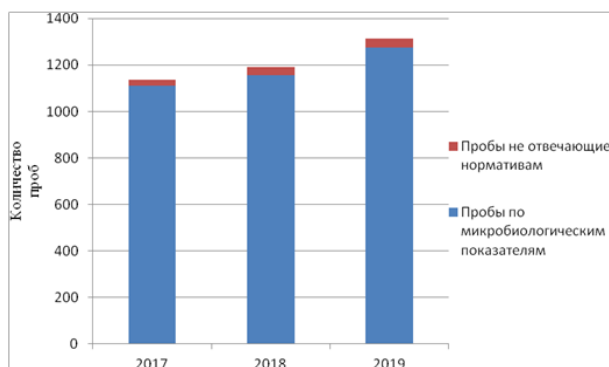
Рис. 1. Сравнительный анализ качественного состояния почв Пензенской области за 2018-2020 гг.



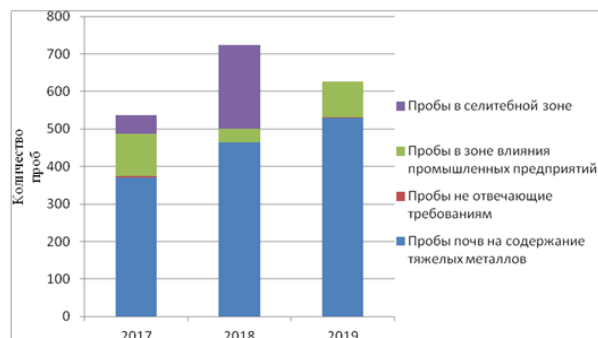
а) санитарно-химические показатели



б) паразитологические показатели



в) микробиологические показатели



г) содержание тяжелых металлов

Рис. 2. Анализ качественного состава проб почвы

Из рисунка видно, что из общего числа проб, отобранных по санитарно-химическим показателям, количество проб, не отвечающих требованиям, за период 2017-2019 снизилось на 3,2%. Общее число проб в зоне влияния промышленных предприятий в 2018 году снизилось на 78 шт., в сравнении с 2017 г., с 2018-2019 гг. осталось неизменно. Количество проб, отобранных в сельтебной зоне, увеличилось за период 2017-2019 гг. на 204 шт.

Число отобранных проб по паразитологическим показателям выросло на 866 штук, при этом не отвечает нормативам на 1,9% больше проб.

Качество отбора проб по содержанию тяжелых металлов улучшилось, меньше 1 % проб не соответствовали требованиям гигиенических нормативов.

Число проб, отобранных по микробиологическим показателям за период 2017 – 2019 гг. увеличилось на 177 шт. Из общего количества проб, число проб, не отвечающих нормативам, увеличилось на 0,5%.

Перечисленные данные позволяют сделать вывод о том, что состояние почв Пензенской области по эколого-токсикологическим параметрам не представляет опасности, и находится в рамках допустимых значений. Мониторинг загрязнения почвы, проводимый на протяжении ряда лет, в целом, свидетельствует об улучшении качества почвы по микробиологическим, паразитологическим и санитарно-химическим показателям.

#### Литература

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Пензенской области в 2017 году» – Пенза, 2018, 131 с.
2. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Пензенской области в 2018 году» – Пенза, 2019, 138 с.

3. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Пензенской области в 2019 году» – Пенза, 2020, 129 с.
4. Доклад «О состоянии и использовании земель в Пензенской области в 2017 году» – Пенза, 2017, 94 с.
5. Доклад «О состоянии и использовании земель в Пензенской области в 2018 году» – Пенза, 2018, 27 с.
6. Доклад «О состоянии и использовании земель в Пензенской области в 2019 году» – Пенза, 2019, 120 с.

**С.А. Лисенков, А.Р. Никулина, М.Г. Опекунова**

Санкт-Петербургский государственный университет

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИВОВ ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНО- ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

В статье рассматривается влияние разливов шламовых амбаров на компоненты природных территориальных комплексов в условиях севера Западной Сибири на примере Пырейного газоконденсатного месторождения (ЯНАО). В ходе проведенных исследований определены рН почв и валовое содержание химических элементов в почвах и растениях. Выявлены виды растений и химических элементов, являющиеся индикаторами загрязнения среды при разливах шламовых амбаров. Оценена токсичность проб почв методами биотестирования.

На территории ЯНАО в настоящее время происходит активное освоение нефтегазовых месторождений, которое влечет за собой увеличение воздействия на природно-территориальные комплексы (ПТК). При этом наибольшую опасность представляют отходы бурения, которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой. В их составе содержится широкий спектр веществ минеральной и органической природы, оказывающих негативное и токсическое воздействие на окружающую среду. В штатном режиме функционирования бурового комплекса при захоронении отходов бурения в герметичных изолированных отсеках [1] существенного негативного воздействия на почвы и подземные воды не наблюдается [7], но в аварийных ситуациях или при размыве стенок амбаров весной возрастает риск попадания шламовых отходов в компоненты окружающей среды [3, 5]. При мониторинге ПТК месторождений важно использовать сочетание физико-химических и биологических методов анализа почв и растений с учетом региональных особенностей местности, которые позволяют дать

комплексную оценку воздействия природных и антропогенных факторов на уязвимые ПТК севера.

**Материалы и методы исследований.** В работе представлены данные, полученные при исследованиях, проведенных коллективом научно-исследовательской группы ИНЗ СПбГУ на Пырейном газоконденсатном месторождении (ЯНАО) в 2019 – 2021 гг. Работы велись на 35 станциях мониторинга (СМ), расположенных на условно фоновых и контрольных участках. Валовое содержание химических элементов (ХЭ) в почве и растениях определяли в аккредитованной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой согласно ПНД Ф 16.1:2.3:3.11–98. Биотестирование проводили с применением тест-объектов [2, 7] *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer – в соответствии с ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.12—06; ПНД Ф Т 16.1:2:2.3:3.9-12—06; ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.10—04; ПНД Ф Т 16.1:2:2.3:3.7—04 в лаборатории физико-химического анализа СПбГУ.

**Результаты.** Для органогенных горизонтов исследуемых почв в фоновых условиях характерна сильноокислая реакция среды ( $pH = 4,2$ ), при наличии загрязнения  $pH$  незначительно увеличивается (до  $4,5 - 4,6$ ). Индикатором поступления щелочных растворов с отходами бурения служит увеличение  $pH$  до слабокислых значений (на СМ 208  $pH = 6,4$ ). В минеральных горизонтах степень подщелачивания почв существенно ниже, почвообразующая порода имеет постоянный  $pH$  в независимости от загрязнения, в среднем равный  $4,9$ .

Валовое содержание практически всех тяжелых металлов в почвах на контрольных участках было выше по сравнению с фоновыми, за исключением литофильного Mn, а также сидерофильных Fe и Co на торфяниках, концентрации которых, напротив, уменьшаются. Органогенные горизонты характеризуются пониженными содержаниями K, Ca, Na и в незначительной степени Fe, в сравнении с минеральными горизонтами, что связано с активным вовлечением перечисленных элементов в биологический круговорот.

Для всего ряда ХЭ выявлены превышения среднего регионального геохимического фона [4] на антропогенно нарушенных участках. Для органогенного горизонта по V в среднем в 2 раза, по Ba в 2,5 раза, и для Sr в 3,6 раза; в торфяниках – превышение регионального фона по всем элементам, кроме Cd. Концентрация V и Co в среднем в 4 раза превышает фоновую. На порядок выше фона концентрация Sr вблизи прорыва шламового амбара (СМ 208).

При анализе показателей латеральной и радиальной миграции [6] установлено, что на поведение ТМ в почвенном профиле оказывает влияние гранулометрический состав почвы и подвижность самого элемента. Накопление литофильных и сидерофильных ТМ в почвах, сложенных суглинками, происходит преимущественно в минеральном

горизонте, концентрация высоко подвижных халькофильных элементов отмечается в верхних почвенных горизонтах. Аккумуляция в органогенных горизонтах в максимальной степени выражена у Cd (R в органогенном горизонте = 46,2). Повышенной аккумуляцией в поверхностном горизонте характеризуются халькофильные элементы и Sr на контрольных участках.

При анализе химического состава растений установлено, что в условиях разлива пластовых вод на СМ 221 наблюдается резкое увеличение концентраций ТМ: Zn, Zr, Al и Ba – в 3-4 раза и биогенных элементов: Na, K, Ca и Fe – в 2,5-3 раза в лишайниках *Cladonia alpestris*, *C. rangiferina*. В *Ledum decumbens* и *Empetrum nigrum* зафиксировано снижение концентрации Mn и Ca в среднем в 2 раза относительно фона. Это вызвано антагонистическим взаимодействием в тканях растений Mn с Fe, Cr, V, Cd и Pb при загрязнении [8]. Для корки *Larix sibirica* отмечается превышения Sc, V, Cr на порядок выше, чем на фоновой территории, что указывает на продолжительное аэротехногенное загрязнение поверхности ствола продуктами сгорания топлива.

При аварийных прорывах стенок шламовых амбаров к вышеперечисленным индикаторным элементам добавляются Cr и Sr, хлориды. На СМ 208 отмечается увеличение содержания всех ТМ в растениях, при этом концентрация Zn, Mn и Ni значительно выше фоновых содержаний и кларка. Максимальные концентрации Na, Ba, Sr, Cu, Ni, Pb, Cr, Fe и V наблюдаются в *L. decumbens*, *E. nigrum*, *Vaccinium vitis-idaea* и *V. uliginosum* на расстоянии 50-100 м от пятна загрязнения. Для лишайников и листьев *Betula nana* характерно увеличение концентраций Ba, Sr и Zr непосредственно вблизи разлива, концентрация этих элементов является максимальной по всему профилю. У рудеральных видов, произрастающих на территории самого пятна отмечено аномальное концентрирование биогенных элементов (превышение содержание Na более чем в 130 раз, а также Sr, Ba, K, Ca, Mn и Co в 10-12 раз).

В качестве основного индикатора антропогенного воздействия оптимально использовать изменение химического состава *Ledum decumbens* (рис. 1а) и *Cladonia alpestris* (рис. 1б), широко распространенных на территории ЯНАО.

Загрязнение индикаторных видов происходит преимущественно вблизи объектов нефтегазодобывающего комплекса. Рудеральные виды являются индикаторами поступления техногенных элементов: Sr, V, Mn и др. Выявлены металлы, непосредственно участвующие в биологическом круговороте (Zn, Ca, K и Mn), нейтральные для растений (Sc, Ni, Fe) и индикаторы антропогенного воздействия (V, Sr, Pb, Zr, Cd, Na).

Биотестирование позволило оценить степень токсичности почвы и проранжировать опытные участки по степени возрастания опасности для живых организмов. Для описываемых СМ острая токсичность свойственна



почвам на станциях контрольного мониторинга – 208, 208-1, 221. Наиболее токсичны поверхностные и иллювиальные горизонты почв.

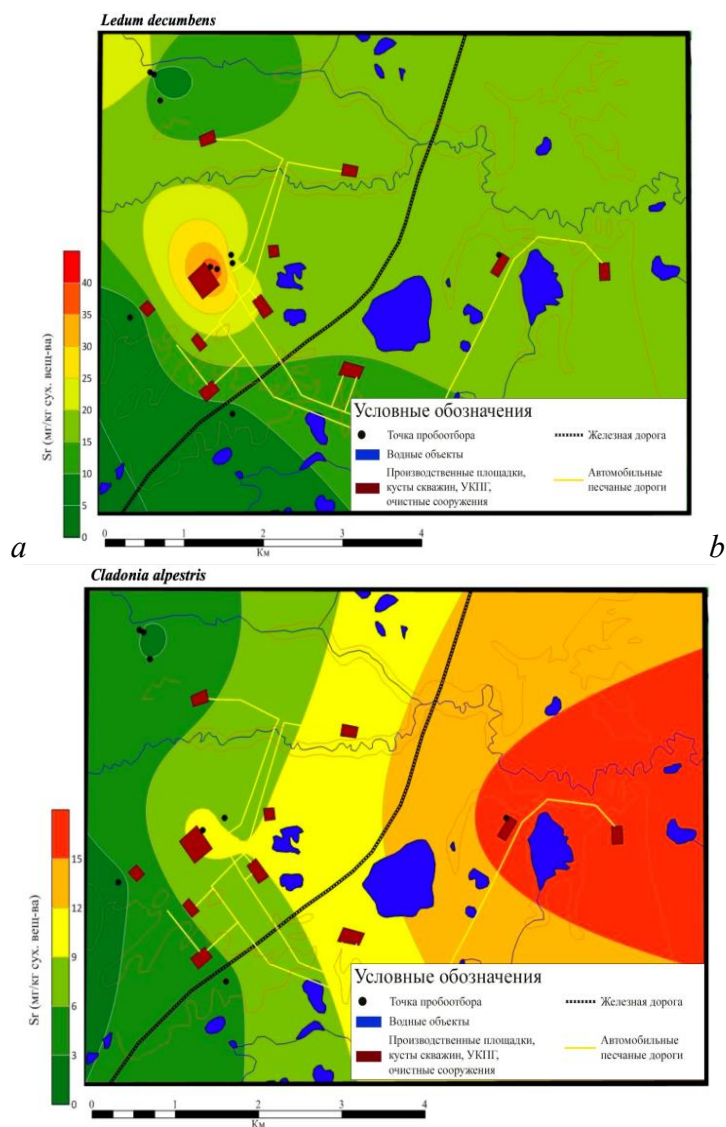


Рис.1. Картографическая модель содержания Sr в *Ledum decumbens* (a) и *Cladonia alpestris* (b)

На фоновых участках не установлено угнетающего воздействия тестируемой среды на живые объекты. Полученные результаты биотестирования после 48 часов экспозиции с дафниями и 22 часа культивирования с хлореллой отличаются высокой степенью сопоставимости: коэффициент ранговой корреляции Спирмена равен 0,88.

Таким образом, при проведении локального экологического мониторинга эффективно применение биоиндикации, в частности – биотестирования, которая позволяет получить достоверное представление о происходящих изменениях в конкретном компоненте геосистемы. Даже при поступлении незначительных концентраций поллютантов наблюдается существенная разница между фоновыми и нарушенными территориями по

величине валового содержания и подвижных форм ХЭ в растениях, а также по токсичности почв, установленной методами биотестирования.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05081 «Почвы районов нефтегазодобычи севера Западной Сибири: устойчивость к химическому загрязнению и потенциал самоочищения в условиях изменения климата».*

#### Литература

1. Король В.В., Позднышев Г.Н., Манырин В.Н. Утилизация отходов бурения скважин / Экология и промышленность России, №1, 2005.
2. Никулина, А.Р., Лисенков, С.А., Опекунова, М. Г. Применение методов биотестирования для оценки загрязнения почв на территории Пырейного газоконденсатного месторождения ЯНАО / Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2021: сборник научных статей. Амирит ред. Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, 2021.
3. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Арестова И.Ю., Кукушкин С.Ю., Спасский В. В., Никитина М. А., Елсукова Е. Ю., Шейнерман Н. А., Недбаев И. С. Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке экологического состояния территории газоконденсатных месторождений севера Западной Сибири // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. Т. 63. Вып. 3. 2018.
4. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири // Почвоведение, 2019.
5. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С. Ю., Ганул А. Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7: Геология, география. 2012.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999.
7. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. М.: РЭФИА, НИА–Природа, 2002.
8. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010.

**М.П. Матвеев<sup>1,2</sup>, Е.И.Тихомирова<sup>1</sup>, А.В. Алексахин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина  
Ю.А. <sup>2</sup> ООО «АКРОС», Москва, Россия

### **АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С РАЗМЕЩЕНИЕМ И УТИЛИЗАЦИЕЙ ОТХОДОВ БУРОВЫХ РАБОТ**

В последнее десятилетие произошло изменение компонентного состава буровых растворов. В работе проведен анализ объективных причин этих изменений. Соответственно изменяется и состав буровых отходов. Обоснована необходимость

научной оценки экологических рисков для территорий арктической зоны Российской Федерации, связанных с размещением и утилизацией отходов буровых работ с учетом изменений их компонентного состава.

Ключевые слова: экологические риски, буровые растворы, буровые шламы, утилизация отходов

Определяющую роль в обеспечении энергетических потребностей страны играет нефтегазовый комплекс России, как базовая отрасль экономики [1]. По объемам добычи, разведанным запасам и прогнозным ресурсам углеводородного сырья Россия занимает одно из ведущих мест в мире.

Неотделимым от процесса бурения являются как процесс использования различных по составу буровых растворов, так и образование буровых отходов, к которым относятся буровой шлам, отработанный буровой раствор, буровые сточные воды. Буровой шлам является поликомпонентной суспензией, имеющей в своем составе все применяемые в используемом буровом растворе хим. реагенты. Их спектр и, соответственно, уровень опасности бурового шлама различен и определяется используемой технологией бурения [2].

В последнее десятилетие произошло изменение компонентного состава буровых растворов в силу ряда причин. Во-первых, связанного с необходимостью повышения величины извлекаемых запасов и увеличения поверхности дренирования залежи при совершенствовании газогидродинамической системы «скважина-продуктивная залежь». Подобные технологии в обязательном порядке подразумевают изменение требований, предъявляемых к буровым растворам; зачастую происходит смена основы бурового раствора с заменой ее на углеводородную либо синтетическую.

Кроме того, существующие направления совершенствования строительства скважин (удешевление по стоимости, сокращение продолжительности цикла бурения, уменьшение материалоемкости и т.д.) предполагают, в том числе, строительство скважин по т.н. «оптимизированному дизайну», конечной целью которого является бурение скважины в 1-2 долбления на одном типе бурового раствора.

В настоящее время большинство используемых растворов на углеродной основе (РУО) представляют собой обратную эмульсию насыщенного раствора солей кальция (хлорида или бромида) в неполярной жидкости – основе (нефть, дизельное топливо, минеральные и синтетические масла и т.д.). Также в рецептуру РУО входят и другие компоненты – эмульгаторы, структурообразователи, органофильный бентонит, утяжелители и др. [3].

На рисунке приведены доли, которые занимают ключевые компоненты РУО как в массовом выражении, так и с учетом формирования цены за  $1 \text{ м}^3$ . Видно, что, хотя количество базового масла, необходимое для приготовления  $1 \text{ м}^3$  РУО с ростом плотности падает, его

стоимость все равно является самым главным фактором, определяющим стоимость РУО и бурового раствора.

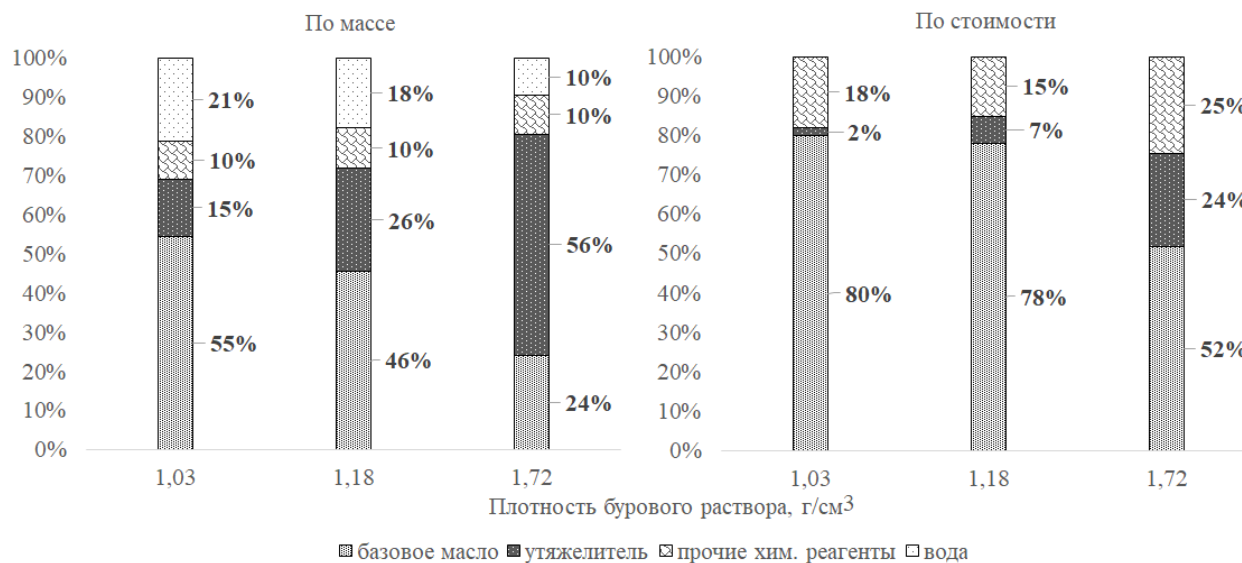


Рисунок. Сопоставление процентных соотношений компонентов РУО

Очевидно, что при использовании РУО будет велик интерес к регенерации базового масла в виде эмульсии из шламовой пульпы, представляющей смесь выбуренной породы. Подобная технология носит название рециклинга [4]. Конечным отходом рециклинга является шлам, остаточное содержание основы в котором по современным нормативам не должна превышать 5-6% по массе.

При строительстве одной скважины глубиной до 3000 м образуется от 1000 до 3000 м³ жидких отходов [5] – бурового шлама, отработанного бурового раствора, буровых сточных вод. Централизованный сбор этих отходов производится в шламовом амбаре, в подавляющем большинстве случаев – расположенного на той же площадке, что и буровая.

Важнейшими составляющими содержимого шламовых амбаров являются вода (45,1%) и твердая фаза (51,4% суммарно, 30,0% из которых – выбуренная порода) [6].

Особое внимание ввиду вышеперечисленных обстоятельств обращает на себя технология закачки отходов буровых работ в пласт (CRI, Cutting Re-Injection). Данная технология была запатентована в 1986 году, и к настоящему моменту хорошо себя зарекомендовала при освоении многих месторождений мира [7]. Рассматриваемая технология представляет собой процесс сбора всего спектра буровых отходов, образующихся в процессе строительства скважин и накопленных в шламовых амбарах. Затем диспергацию отходов в однородную, пригодную для закачки пульпу и закачки шламовой пульпы под давлением, превышающим давление гидроразрыва пласта, в предварительно выбранный пласт, определенный в

ходе соответствующих геологических и инженерно-геофизических исследований [8]. Самое главное, что может предоставить технология CRI как на морских, так и наземных проектах бурения – это так называемые «нулевой сброс отходов» и «безамбарное бурение», т.е. отсутствие необходимости их размещения где-то еще, кроме непосредственно объекта закачки, а также вытекающего из этой необходимости увеличенного времени контакта отходов с окружающей средой. Подобное решение экологических проблем сразу по их возникновению и отсутствие у недропользователя долгосрочных обязательств положительно сказывается на выполнении природоохранного законодательства.

Обязательное проведение геологического исследования параметров трещинного домена, построение модели закачки перед проведением гидроразрыва пласта, а также постоянный мониторинг критически важных параметров закачки (параметров пульпы, регистрации скорости, давления и объема закачки в динамике по времени) позволяет свести к минимуму эксплуатационные и экологические риски (такие, например, как соприкосновение закачиваемой пульпы с подземными водоносными горизонтами). Основу системы мониторинга состояния недр и подземных вод составляют наблюдательные скважины, через которые осуществляется контроль гидродинамических параметров поглощающего домена и объемного распространения пульпы.

По оценкам специалистов ООО «АКРОС» суммарный объем отходов, который способна принять одна инъекционная скважина колеблется в пределах от 500 до 1000 тыс. м<sup>3</sup> и зависит от конкретных геологических условий.

Растет список номенклатуры химических реагентов, вовлекаемых в процесс бурения и последующего освоения скважин: в 1976 году [9] упоминалось использование в отечественной буровой практике 41 наименования реагентов, в 2005 [10] – 123 наименования (из них – 28 наименований материалов для борьбы с поглощениями).

Важным направлением усложнения компонентного состава буровых растворов является глубокое вовлечение солей одно- и двухвалентных металлов, ранее в широкой буровой практике представленных эпизодически (хлорида, нитрата и бромида кальция; бромида цинка; формиатов натрия и калия и т.д.) в компонентный состав буровых растворов. Продиктовано эта тенденция реалиями проведения буровых работ нашего времени, такими, как вовлечение в разработку залежей с наличием сложных термобарических условий. Подобные условия неизбежно ведут к необходимости использования буровых растворов высоких плотностей и высоких показателей термостабильности [11]. Рост плотностей используемых буровых растворов сопряжен с увеличением массы размещаемых отходов буровых работ.

Классический подход к достижению необходимой плотности бурового раствора – использование утяжелителей (баритовых, магнетитовых и др.) – предполагает прогрессивный рост нерастворимой твердой фазы. Для бурового раствора плотностью 1,70 г/см<sup>3</sup> содержание твердой фазы составит не менее 25%; плотностью 2,00 г/см<sup>3</sup> – порядка 35% и т.д. Подчеркнем, что это справедливо для свежеприготовленного раствора; в процессе бурения содержание твердой фазы будет только увеличиваться. Соответственно, для РУО, стартовая плотность эмульсии у которых меньше 1,00 г/см<sup>3</sup>, процентное содержание твердой фазы будет еще выше.

В качестве альтернативных систем в мировой практике используется РВО на основе солей, обладающих высокой плотностью насыщенного раствора. В таблице представлены сравнительные концентрации реагентов для различных систем бурового раствора при неизменной плотности 1,70 г/см<sup>3</sup>. Следует особо отметить, что концентрация карбоната кальция в системе ULTIMUD не обусловлена необходимостью достижения требуемой плотности бурового раствора, а поддерживается для сохранения его кольматационных свойств.

Таблица – Сравнительные концентрации реагентов для систем бурового раствора

| Система бурового раствора | Плотность бурового раствора, г/см <sup>3</sup> | Используемая основа                  |                              | Концентрация утяжелителей, кг/м <sup>3</sup> |                  |
|---------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|--|------------------|
|                           |  | тип                                  | плотность, г/см <sup>3</sup> | барит  | карбонат кальция |
| UNIDRIL (РУО)             | 1,70   | обратная эмульсия                    | 0,98                         | 830  | 120              |
| UNIFORM K (РВО)           |  | насыщенный раствор формиата калия    | 1,58                         | -  | 200              |
| ULTIMUD (РВО)             |  | ненасыщенный раствор бромиды кальция | 1,70                         | -  | 100              |

Очевидно, что применение, в частности, бромидов, несет дополнительные экологические риски в случае нарушения технологического регламента размещения отходов буровых работ, и последующей рекультивации площадок размещения. Экологические риски использования формиатов значительно ниже [12].

В заключение следует отметить, что динамика образования и рекультивации шламовых амбаров в связи с активностью буровой деятельности требует дальнейшего изучения. Эти исследования являются актуальными для проведения дальнего (10 лет и более) планирования природозащитных мероприятий в уязвимых регионах. Также представляется необходимым проведение разработки технологий комплексной реабилитации территорий арктической зоны России,

вовлеченных в проведение буровых работ, с учетом оценки комплексной токсичности образуемых отходов современных многокомпонентных буровых растворов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ледовских А.А. и др. Основные проблемы геологического изучения недр и прироста запасов углеводородного сырья Российской Федерации // Геология нефти и газа. 2010. №.5. С. 9-23.

2. Опекунов А.Ю. и др. Оценка загрязнения почв отходами буровых работ на территории ЯНАО / Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. 2015. С. 443-448.

3. Оптимальное бурение – Журнал «Сибирская нефть». [Электронный ресурс]. 2018. Дата обновления: 10.11.2018. URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-november/2067588/> (дата обращения: 05.10.2019).

4. Нуцкова М. В. и др. Исследования буровых растворов на углеводородной основе для первичного вскрытия продуктивных пластов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. 2019. Т. 19. №. 2.

5. Солодовников А.Ю., Солодовникова З.А. К вопросу утилизации отходов производства и потребления на предприятиях нефтегазового комплекса //Наука сегодня: реальность и перспективы: материалы международной научно-практической конференции. – М., 2019. С. 158.

6. Скипин Л.Н. и др. Техногенное воздействие шламовых амбаров на окружающую среду полуострова Ямал //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. №.11. С. 146.

7. Любин Г. П. и др. Первый опыт проектирования в России установки по закачке буровых отходов в пласт //Нефтяное хозяйство. 2009. №. 9. С. 66-69.

8. По закачке буровых отходов. [Электронный ресурс]. 2017. Дата обновления: 15.06.2017. URL: <https://www.akros-llc.com/upload/iblock/51a/51af8b4b14cd55913bf1304f2725fd45.pdf> (дата обращения: 25.09.2021).

9. Жуховицкий С.Ю. Промысловые жидкости в бурении. – М.: Недра, 1976. С.67-106.

10. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург: Летопись, 2005. С.170-276, 424-430.

11. Нацепинская А. М. и др. Перспективы развития буровых растворов и технологических жидкостей для условий АВПД //Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2004. №. 5. С. 55-59.

12. Опыт применения безбаритовой системы... [Электронный ресурс]. 2017. Дата обновления: 10.09.2017. URL: <https://www.akros-llc.com/innovation/projects/opyt-primeneniya-bezbaritovoy-sistemy-burovogo-rastvora-uniform-k-na-osnove-formiata-kaliya-pri-stro/> (дата обращения: 01.10.2019).

**В.С. Назарова, Н.А Комарова, Д.Е. Борисков, С.Ю. Ефремова**

Пензенский государственный технологический университет

**ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ПРИМЕРЕ  
БАССЕЙНА РЕКИ СУРА**

В статье рассмотрено влияние сточных вод, содержащие тяжелые металлы, на водные объекты. Приведен механизм распределения металлов по экосистеме.

Ключевые слова: тяжелые металлы, водные объекты, сточные воды.

Проблема загрязнения окружающей среды, в том числе водных объектов, сточными водами является актуальной в связи с тем, что в настоящее время идет активное развитие различных областей промышленности, в результате которых образуются сточные воды.

Сточные воды – это потоки воды, загрязнённой в результате хозяйственной и производственной (технологической) деятельности человека, обладающая измененным химическим составом. Именно промышленные сточные воды напрямую оказывают негативное влияние на все сферы нашей деятельности [3].

За период 25 лет (с 1995 г. по 2020 г.) В Пензенской области доля и объем загрязненных сточных вод, сброшенных в водные объекты различного назначения (питьевого, рыбо-хозяйственного, культурно-бытового, хозяйственно-питьевого) от общего числа сбросов изменилась на 10% в сторону прироста, не смотря на усовершенствование и развитие технологий по водоочистке и водоподготовке.

В Пензенской области протекает река Сура, которая является правым притоком Волги. Протяженность Суры 350 км, 30% прилегающей территории покрыто лесным массивом, который снижает поверхностный сток, в свою очередь повышает объем подземных вод, составляющие 25%.

На реке Сура располагается крупнейшее Пензенское водохранилище, которое является главным источником водоснабжения городов Пенза и Заречный. Состояние качества воды подвергается постоянному мониторингу и контролю. Из предприятий, которые оказывают наибольшее негативное влияние на химико-физический состав поверхностных вод в бассейне реки, можно выделить следующие: ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт», г.Заречный, ОАО «Маяк», г.Пенза, ООО «Горводоканал» [2].

По итогам проведенных контрольных мероприятий, осуществленных управлением Росприроднадзора по Пензенской области в 2019 году, обнаружено 295 нарушений в области экологического законодательства,



природопользования. За 2020 год наблюдается несущественный прирост нарушений, которые составили 312.

Тяжёлые металлы, попадая в водный объект, распределяется между компонентами водной экосистемы. Низкая или незначительная концентрация металлов не вызывает негативных изменений. Об этом свидетельствует буферная емкость экосистемы (способность системы сопротивляться токсическому действию) [1].

В сточных водах тяжелые металлы содержатся в виде ионов или солей, что увеличивает их токсическое действие на природную среду и организм человека. При попадании загрязненных стоков в почву, подземные или поверхностные воды, ионы тяжелых металлов включаются в пищевые цепочки, где происходит их дальнейшее преобразование. В водоемах они имеют способность накапливаться в донных отложениях и, тем самым, являются источниками вторичного загрязнения [5,1].

Концентрации соединений тяжелых металлов в бассейне реки Сура составляют:

- Соединения Cu- 3,8 от значений ПДК;
- Соединения Fe - 3,0 от значений ПДК;
- Соединения Mn – 6,3 от значений ПДК;
- Соединения Zn – 2,0 от значений ПДК;
- Соединения нитритов 3,9 от значений ПДК.

Основные показатели качества воды, изменились незначительно или находятся в пределах нормы ПДК.

Распределение тяжелых металлов, которые находят в форме донных отложений, озер и водоема Пензенской области является однородным: коэффициент вариации по некоторым элементам варьируется от 7,3% до 26,6 % и только по кадмию достигает 40,7 % [4].

Содержания кадмия в беспозвоночных гораздо ниже, чем в водорослях, а морские виды показывают большие показатели. Такие различия вызваны разными формами нахождения кадмия в пресной и морской воде. В присутствии кислорода взвеси донных осадков выделяют в раствор большее количество кадмия при повышенной солености.

При сравнении бассейна Сурского водохранилища с другими объектами Ульяновской области наблюдается тенденция систематическое превышение содержания ПДК – 75% железо, марганец медь, аммонийный азот. По другим элементам превышение ПДК составляет 50% от общего объема (органические вещества – БПК, фенолы). По оставшимся соединениям превышения не были отмечены.

Одним из решения данной проблемы может служить предотвращение загрязнения водных объектов сточными водами путем усовершенствования процессов очистки сточных вод, соблюдением санитарно-гигиенических и токсикологических норм [6].

## Литература

1. Хрусталёв Б. М. Инженерная экология и очистка выбросов промышленных предприятий : учебное пособие для студентов /. ред. Б. М. Хрусталева. — Минск : Витпостер, 2014. — 488 с.
2. Линник, П.Н. Комплексообразование ионов металлов в природных водах/ П.Н. Линник, Б.И. Набиванец //Гидробиологический журнал. – 2013.Т. 19, № 3. – С. 82-95.
3. Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния / Дж. В. Мур, С.П. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 285 с.
4. Boriskov D., Efremova S., Komarova N., Tikhomirova E.//Applicability of the modified diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals// E3S Web Conf. Том 247, 2021 Международная конференция по эффективному производству и переработке (ICERP-2021).
5. Комарова Н.А., Давыдова М.А., Борисков Д.Е., Кузьмин А.А.Использование модели Фрейндлиха для описания адсорбции ионов меди на поверхности модифицированного диатомита// Журнал «ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» - Пенза, 2020 г. – 55-60 с.
6. Комарова Н.А., Давыдова М.А., Борисков Д.Е., Ефремова С.Ю// О возможности использования модифицированного диатомита для очистки высококонцентрированных сточных вод, содержащих тяжелые металлы// Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2019 Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит» (Саратов) – 160-163 с.

**М.А. Позднякова, А.Е. Артамошкин, С.Ю. Ефремова**

Пензенский государственный технологический университет

### **ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТХОДАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

В статье рассматривается проблема загрязнения отходами почвенного покрова в России. Приведена обобщающая классификация загрязняющих веществ и способов попадания их в почву. Выявлены регионы с наиболее загрязнённой почвой. Проанализированы методы восстановления почвенного покрова: биологические, механические, электрокинетические.

Ключевые слова: Отходы, загрязнение почвы, техногенные источники, методы восстановления.

Ежегодное образование огромного количества отходов в местах их складирования, размещения, захоронения приводит к загрязнению экосистемы. К примеру, прирост захоронения твердых коммунальных отходов возрастает на 3-5% в год, что приводит к увеличению занимаемых площадей более чем на 50 тыс. га. Что в свою очередь составляет не

меньшую опасность, влияния промышленных отходов 1 и 2 классов опасности. Ведь почвы данных территорий на продолжительное время становятся источником миграции химических веществ в водные объекты, растения, продукты питания.

И в связи с этим, одной из важных экологических проблем в России в настоящее время, является проблема загрязнения почвенного покрова, как прямое следствие производственной деятельности человека. Почва выполняет такие важные функции как: влияние на изменение химического состава подземных вод и воздушного баланса; задержание токсических соединений; стабилизация газового состава атмосферы; влияние на динамику тепла и влаги в приземных слоях воздуха; осуществление санитарных функций и т.д. Поэтому здоровья человека и всех живых существ на земле напрямую зависит от состояния почвенного покрова [3].

Загрязнители по способу попадания в почву можно условно разделить на 2 группы:

1) вносимые целенаправленно, планомерно (пестициды, удобрения, и т.д.);

2) попадающие случайно в результате техногенного воздействия производственных циклов с отходами, различного рода выбросами.

Сами загрязняющие вещества почвы, можно классифицировать следующим образом:

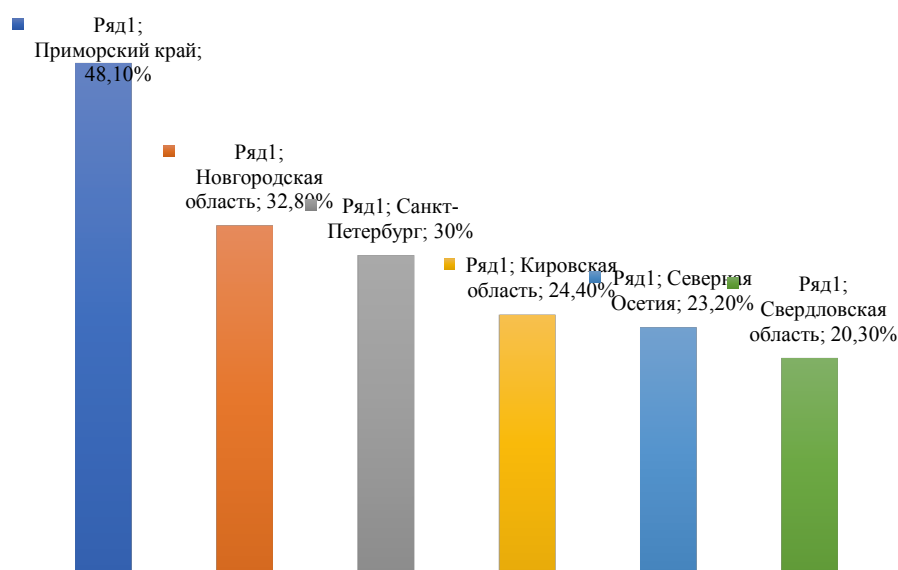
- вещества смешанного характера, включающие твердые и жидкие вещества. Загрязнения отвалами, выбросами, мусором, отстойными породами. В основном, это вещества, не оказывающие прямого вреда здоровью человека, но засоряющие поверхность почвы, затрудняющие рост растений на этой площади.

- тяжелые металлы, являются важнейшими загрязняющими веществами и находятся в почве в виде различных химических соединений. Данный вид загрязнений, представляет ощутимую опасность для человека и других живых организмов.

- пестициды второго поколения (дихлордифенилтрихлорэтана), третьего поколения (сульфонилмочевины, триазолы, глифосаты). Вещества данного поколения применяются до сих пор, для уничтожения вредных грызунов, насекомых, сорняков. По своей опасности для человека и животных они приближаются к предыдущей группе. Длительность нахождения их в почве различно, зависит от состава;

- радиоактивные вещества, могут попасть в трофическую или пищевую цепь, тем самым привести к развитию заболеваний у животных и человека [4].

Согласно данным Министерства природных ресурсов и экологии России, регионами с большим уровнем загрязнения почв являются (рисунок) [1]:



Доля неблагоприятных проб почвы по регионам РФ

Приморский край является лидером среди регионов с долей неблагоприятных проб почв – 48,1%, а также по уровню микробиологического загрязнения почвы. На втором месте по данному показателю находится Новгородская область – 32,8%, Санкт-Петербург занимает третью позицию – 30,0%. Также в список вошли Кировская область (24,4%), республика Северная Осетия (23,2%) и Свердловская область (20,3%). Данная проблема является актуальной практически для всех регионов РФ. По степени загрязнения тяжёлыми металлами лидируют: Приморский край – 88,1%; Кировская область – 46,3%; Северная Осетия – 29,1%, а также Челябинская область – 21%.

Основными загрязняющими веществами почвенного покрова в большинстве регионов РФ являются тяжелые металлы. Из-за несовершенных систем очистки промышленных предприятий попадают в почву, они аккумулируются растениями и приводят к их гибели. В таблице приведены основные техногенные источники поступления тяжелых металлов в зависимости от отрасли субъектов экономики.

Основные техногенные источники тяжелых металлов

| Источники ТМ            | Элементы                          |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Нефтяная промышленность | Zn, Pb, Cu, Ni, Mn                |
| Сжигание нефти          | Pb, As, Cd                        |
| Черная металлургия      | Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Co, W         |
| Цветная металлургия     | W, Hg, Pb, Sb, Zn, Cu, Mn, Cd, Co |
| Сжигание угля           | As, Sb, Cd, Mo, Cr                |
| Энергетика              | Se, As, Sb                        |

К возникновению эрозии и дефляции почв, снижению их продуктивности и качества, приводит загрязненность химическими веществами, избыток пестицидов и других вредных минеральных веществ.

Существует множество методов восстановления почвенного покрова, рассмотрим некоторые из них.

Самыми распространенными являются механические способы, к которым относятся: рыхление, частые вспашки, дискование, распашка загрязненных нефтью земель. Данный способ стимулирует процессы разрушения химических веществ в почве.

Одним из эффективных биологических методов, применяющимся в различных регионах России, является микробиологическая очистка почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, в том числе углеводородами, фенолами, пиренами. В качестве биопрепарата наиболее часто используют «Микромицет» (микрогрибы), данная технология позволяет очищать почву до глубины 1,5 м до образования полезной для почв и экологически безопасной биомассы.

Ещё одним эффективным применяемым методом очистки почвы от загрязнения является активизация микрофлоры. Метод основан на оживлении, существующей в почве или породе микрофлоры. В результате микроорганизмы вызывают разрушение загрязнителей, путем их активного поглощения.

В последнее время всё чаще стали использовать методы электрокинетической активизации биодеградаци. Метод основан на воздействие электрического тока на почвенный покров, что обеспечивает миграцию микроорганизмов, имеющих собственный заряд по загрязненной зоне, что гарантирует более быструю и равномерную очистку грунта. Механизм биодеградаци с помощью ультразвука состоит в разделении больших почвенных агрегатов, для увеличения доступности загрязнителя для микроорганизмов. Для проведения процесса биодеструкции, наиболее идеальными являются нейтральные почвы.

Другим встречающимся способом биоактивации является усовершенствование условий аэрации почвы, за счет добавок воздуха. Данный метод применяется при загрязнении почв дизельным топливом, летучими углеводородами и другими загрязнителями. Нередко методы продувки воздухом совмещают с введением питательных веществ, это дает ряд преимуществ, таких как оптимизация баланса питательных веществ, улучшение условий дыхания, доступность и подвижность неводорастворимых органических загрязнителей [2].

Таким образом, проблема образования отходов в настоящее время является чрезвычайно актуальной, т.к. загрязненная почва является источником миграции вредных соединений для жизни человека. Средой, в которой происходит взаимодействие воздушных и водных компонентов, фактором санитарно-эпидемиологического состояния регионов, поэтому

обеспечение экологической безопасности почвенного покрова оказывает непосредственное воздействие на состояние всей экосистемы в целом.

#### Литература

1. Охрана окружающей среды в России. 2020: Стат. сб./Росстат. –0-92 М., 2020 – 113 с.
2. Королев В.А. Очистка и восстановление геологической среды /Учебное пособие для вузов - М.: ООО Сампринт, 2019 –430 с.
3. Казакова Н.А. Экологическое нормирование почв (дополнительный материал к курсу почвоведения). Материалы всероссийской научно-методической конференции Менеджмент образования: состояние, проблемы, перспективы. - Ульяновск: Издательство «Вектор-С», 2008. - С. 103 - 108.
4. Ильина Н.А. Почвенные загрязнения антропогенного характера и их классификация // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2015. №3. С. 148-149.

**Е.Ю. Руденко, А.А. Федотов, Д.А. Воздвиженский, В.В. Бахарев**

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

### **ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ В ОТНОШЕНИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ**

Исследованы основные адсорбционные свойства лузги подсолнечника. Показано, что различные фракции подсолнечной лузги отличаются друг от друга по способности адсорбировать синтетические органические красители метиленовый синий и метиловый оранжевый.

Ключевые слова: подсолнечная лузга, адсорбция, метиленовый синий, метиловый оранжевый.

Неочищенные сточные воды текстильной промышленности, содержащие синтетические органические красители, чрезвычайно токсичны для различных живых организмов и окружающей среды. Для очистки загрязненных сточных вод часто используют адсорбцию, т.к. она имеет невысокую стоимость и проста в реализации. В качестве адсорбентов применяют различные природные и синтетические вещества неорганической и органической природы. В последнее время в качестве адсорбентов для удаления красителей из сточных вод все чаще используют отходы сельского хозяйства и пищевой промышленности [1, 2]. Подсолнечная лузга представляет собой основной отход при производстве подсолнечного масла. Она является перспективным сырьем для

производства адсорбентов для очистки сточных вод от синтетических органических красителей.

**Материалы и методы.** Объектом исследований являлась подсолнечная лузга, полученная в ЗАО «Самараагропромпереработка». Подсолнечную лузгу высушивали при температуре 105 °С в сушильном шкафу «ЭКРОС» до постоянной массы. Анализ гранулометрического состава подсолнечной лузги проводили путем просеивания через сита различного калибра по ГОСТ Р51641-2000 [3]. Показатели адсорбционной активности подсолнечной лузги по метиленовому синему и метиловому оранжевому определяли по ГОСТ 4453-74 [4].

**Результаты и их обсуждение.** Лабораторные исследования гранулометрического состава, показали, что в составе подсолнечной лузги преобладают крупные фракции, имеющие размер частиц 1,0 мм и более (рис. 1). Свыше 50 % подсолнечной лузги составляет фракция с размером частиц 2,5 мм и более. Фракции с размером частиц 0,8 мм и менее составляют не более 2 % подсолнечной лузги.

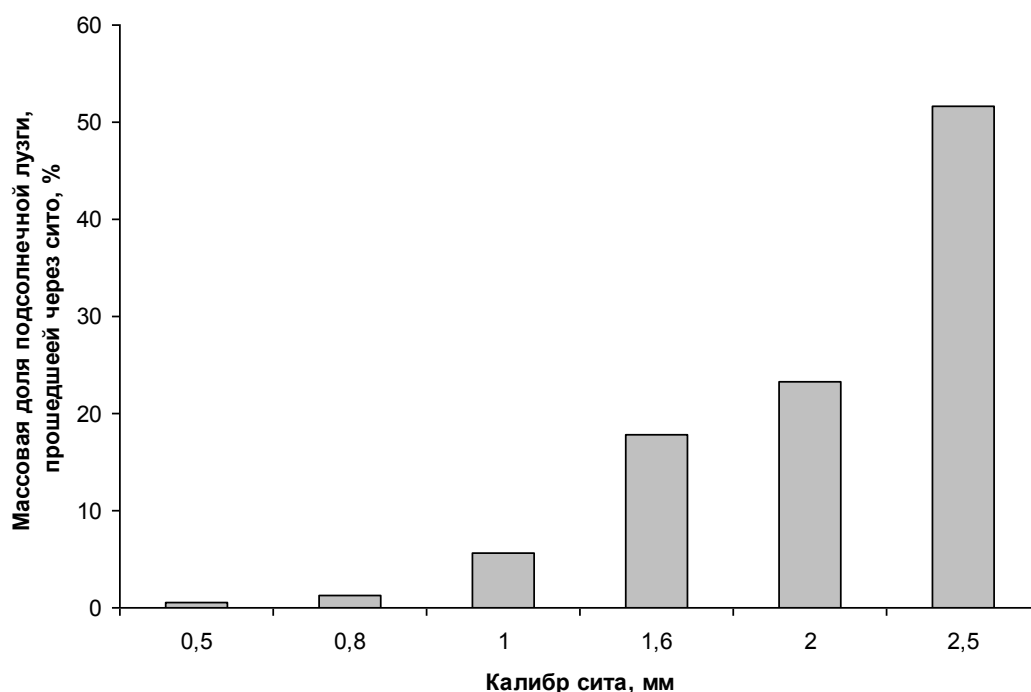


Рис. 1. График ситового анализа подсолнечной лузги

У различных фракций подсолнечной лузги выявлена способность адсорбировать тиозиновый краситель метиленовый синий (рис. 2) и азокраситель метиловый оранжевый (рис. 3).

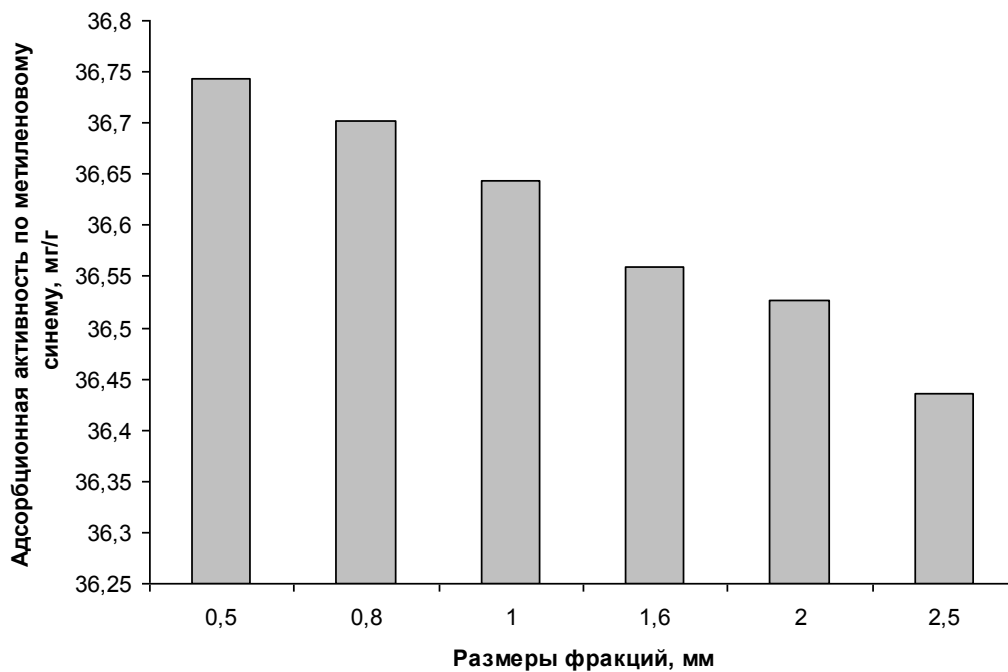


Рис. 2. Адсорбционная активности различных фракций подсолнечной лузги по метиленовому синему

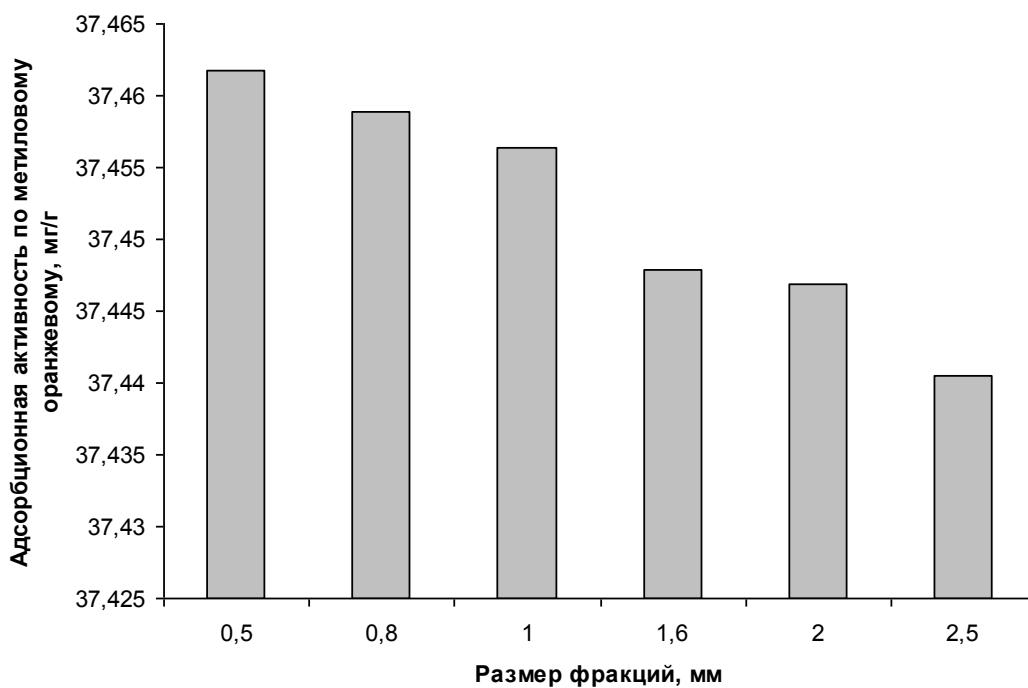


Рис. 3. Адсорбционная активности различных фракций подсолнечной лузги по метиловому оранжевому



Адсорбционная активность в отношении метиленового синего и метилового оранжевого проявляет тенденцию к увеличению с уменьшением размера фракций подсолнечной лузги. Содержание мелких фракций в подсолнечной лузге можно повысить путем размола.

**Заключение.** Подсолнечную лузгу можно использовать в качестве адсорбента для очистки сточных вод от синтетических органических тиозинового красителя метиленового синего и азокрасителя метилового оранжевого.

#### Литература

1. De Gisia, S., Lofranoab, G., Grassib, M., Notarnicola, M. Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review // Sustainable Materials and Technologies. – 2016. – V. 9. – P. 10 – 40.
2. Bhatnagar, A., Sillanpää, M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment – A review. – Chemical Engineering Journal. – 201. – V. 157. – P. 277 – 296.
3. ГОСТ Р 51641-2000. Материалы фильтрующие зернистые. Общие технические условия. – М.: Госстандарт России, 2001. – 12 с.
4. ГОСТ 4453-74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 21 с.

**В.В. Солдатова, А.А. Фомина**

Национальный исследовательский университет ИТМО,  
г. Санкт-Петербург,  
Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

### **СТРАТЕГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ Г. САРАТОВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ И РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РАСШИРЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ**

В работе была проведена оценка сложившейся в Саратове ситуации по сбору, накоплению и утилизации твердых коммунальных отходов и разработана стратегия совершенствования этой системы путем экологического образования и просвещения населения. Разработан и проведен опрос жителей города по готовности и вовлеченности в отдельный сбор и сортировку отходов. Разработан уникальный для региона образовательный мастер-класс, нацеленный на развитие экологического мышления и формирование навыков отдельного сбора.

Ключевые слова: отдельный сбор отходов, экологическое образование, расширенная ответственность производителя, региональный оператор.

Вопросы, связанные с обращением с отходами, косвенно влияют на многие сферы социальной и экономической жизни страны. От их решения зависят и уровень комфорта городской среды, и качество жизни граждан. На данный момент близка к критической ситуация с официальными полигонами. При существующих темпах роста объемов твердых коммунальных отходов (ТКО) (1-2 % в год) в 32 регионах их мощности будут исчерпаны до 2024 года, а в 17 из них – до 2022 года. При этом возможностей создать новые полигоны у большинства регионов нет. Требуется пересмотра и региональные программы обращения с отходами, в том числе в Саратовской области. В связи с этим целью работы стала разработка стратегии по реализации системы раздельного сбора отходов путем экологического образования в г. Саратове.

Проблема обращения с отходами уже давно имеет глобальный характер, и в настоящее время управление ими включено в качестве задачи в Цель устойчивого развития ООН № 12 «Обеспечение устойчивых моделей потребления и производства». Иерархия обращения с отходами заключается в следующих этапах: сокращать образование отходов, увеличивать объемы переработки и повторного использования, внедрять экологичные способы захоронения отходов при отсутствии возможных альтернатив [1].

Большую часть отходов потребления составляет тара и упаковка от товаров, что обуславливает необходимость регулирования ее производства и утилизации. Именно эту проблему призвана решить концепция расширенной ответственности производителя (РОП). Это механизм экономического регулирования, согласно которому производитель и импортёр товаров обязаны утилизировать произведенную или ввезенную ими на территорию страны продукцию в конце её жизненного цикла после утраты потребительских свойств. Расчет ставок экологического сбора должен базироваться на принципе: ставка должна быть тем больше, чем менее «экологичным», трудноперерабатываемым является соответствующий товар, упаковка [2, 3].

Для этого необходимо выделить такие товары из прочих коммунальных отходов. Сортировка отходов является важнейшим технологическим процессом обогащения отходов, который предшествует любому методу их переработки и обезвреживания. В общем случае назначение сортировки ТКО заключается в выделении ценных компонентов ТКО для их вторичного использования, а также с целью оптимизации состава отходов для последующих этапов переработки.

Принципиально возможны два направления обогащения ТКО – селективный сбор в местах образования и сортировка на заводах

(механизированная и ручная). При этом возможны три варианта организации селективного сбора ТКО в местах их образования: чисто селективный (покомпонентный) сбор отходов в различные контейнеры и, так называемый, коллективно-селективный сбор ряда компонентов в один контейнер. Одним из важнейших мероприятий в области обращения с отходами, в том числе ТКО, является третий вариант – отдельный сбор вторичного сырья, посредством организации стационарных и передвижных пунктов приема [4, 5].

Для реализации отдельного сбора отходов необходимо просвещать население, однако законодательно закреплена лишь необходимость общего экологического образования и возможность его реализации, в то время как ничего не сказано именно про образование в сфере обращения с отходами, которое становится не просто желательным, а необходимым навыком любого гражданина в современных реалиях [6].

В процессе изучения сложившейся ситуации в стране и регионе, возникла необходимость выяснения мнения жителей Саратова, их осведомленности о сложившейся ситуации, отношения к отдельному сбору отходов, так как аналогичные исследования не проводились. Существующие всероссийские опросы показывают, что все больший процент населения готов разделять коммунальные отходы в домохозяйствах, в то время как недоверие к региональным операторам и недостаточная информированность о правилах отдельного сбора также имеют место [6].

По результатам опроса, проводившегося дистанционно среди 102 респондентов посредством Google форм, был сформирован ряд выводов. Молодежь в лице студентов, так же, как и более старшее поколение, сильно обеспокоена проблемами образования и накопления отходов. Их сильно тревожит сложившаяся модель перепотребления и нерационального использования природных ресурсов. Практически все опрошенные считают, что действия индивидов в решении проблемы отдельного сбора отходов важны в той или иной мере. Более того, многие из опрошенных уже вносят посильный вклад в решение этой проблемы, выделяя и сдавая отдельно некоторые виды отходов, даже учитывая, что инфраструктура для этого не всегда находится поблизости и приходится добираться на транспорте. Для вовлечения большего количества жителей, особенно в возрасте до 50 лет, в систему отдельного сбора отходов необходимо развивать социальные сети региональных операторов и волонтерских инициатив, транслировать рекламу по телевидению и устанавливать рекламные стенды. Помимо этого, стоит популяризировать экологичный образ жизни посредством мобильных приложений и точечной работы с каждым домохозяйством через жилищные управляющие компании. Дополнительными

инструментами, помогающими начать, а впоследствии эффективно реализовывать РСО, отмечены доступность инфраструктуры, прозрачность логистики, наглядные руководства, актуализация проблемы в глазах населения. Наряду с этим, волонтерские проекты по приему вторсырья могут стимулировать граждан бонусами компаний-партнеров.

На основании проделанной работы был сформирован ряд рекомендаций по реализации системы экологического просвещения в сфере обращения с отходами, которые были направлены администрации города, региональному оператору и министерству природных ресурсов и экологии Саратовской области, чтобы успешно внедрить в дальнейшем отдельный сбор отходов в соответствии с государственной политикой в этом вопросе.

Дополнительно для решения проблемы дефицита достоверной экологической информации предлагается уникальная методическая разработка адаптивного мастер-класса, формирующего навык сортировки отходов, наравне с экологическим мышлением. Данный мастер-класс уже был успешно апробирован на практике среди студентов и школьников и получил большой отклик.

#### Литература

1. Мусорная реформа [Электронный ресурс] // Бюллетень Счётной Палаты РФ, 2020. — № 9 (274). — URL: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/462/46234b3e3624fccbb8bace5c892f2f4.pdf> (дата обращения 20.04.2021).
2. Концепция Правительства РФ от 28.12.2020 № 12888п-П11 "Концепция совершенствования института расширенной ответственности производителей и импортеров товаров и упаковки" URL: <https://www.alt.ru/tamdoc/20a12888/> (дата обращения 20.10.2021).
3. Счетная палата РФ признала Саратовскую область худшей по «мусорной реформе» [Электронный ресурс] // Интернет-газета "Четвертая Власть" – URL: <https://www.4vsar.ru/news/137536.html> (дата обращения: 19.03.2021 13:10)
4. Корендясева, Е. В. Экологические аспекты управления городом: учебное пособие для направления подготовки 38.03.04 «Государственное и муниципальное управление», профиль «Управление городским хозяйством» / Е. В. Корендясева ; Моск. гор. ун-т упр. Правительства Москвы. – Москва : МГУУ Правительства Москвы, 2017. – 140 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mguu.ru/wp-content/uploads/2018/10/Korendyaseva-E.V.-Ekologicheskie-aspekty-upravleniya-gorodom-2017.pdf> (дата обращения: 25.03.2021)
5. Экология города: учебное пособие. / ред. В. В. Денисова. Ростов н /Д.: МарТ, 2011, 831 с.
6. Савватеева, А.Б. Спиридонова, Е.Г. Лебедева // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29188> (дата обращения: 14.04.2021).
7. Итоги опроса о новой системе отдельного сбора отходов в Москве [Электронный ресурс] // НИУ ВШЭ. – URL: <https://politinst.hse.ru/local/news/341828866.html> (дата обращения: 13.05.2021)

**З.А. Темердашев<sup>1</sup>, А.С. Костина<sup>1</sup>, Э.Г. Рядно<sup>1</sup>, А.М. Васильев<sup>1</sup>,  
И.А. Колычев<sup>2</sup>, А.В. Доброштан<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

<sup>2</sup>ООО «Газпром трансгаз Краснодар», Краснодар, Россия

## **ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СИЛИКАГЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Работа посвящена исследованию жизненного цикла силикагелевых адсорбентов марки АСМ, используемых при очистке природного газа, а также установлению факторов, оказывающих влияние на их каталитическую активность, в условиях конверсии метанола в диметиловый эфир. Установлено снижение значений удельной поверхности и удельного объема пор адсорбентов, а также накопление различных органических компонентов (турбинного масла).

Ключевые слова: природный газ, силикагелевый адсорбент, старение адсорбентов.

Для предупреждения образования газовых гидратов при добыче, сборе и подготовке природного газа к транспортировке в России в условиях низких температур широко используется метанол в связи с его низкой стоимостью и высокой эффективностью [1]. Наряду с очисткой газа от углеводородов  $C_{5+}$  и воды возможна утилизация экологически опасного метанола посредством его конверсии в диметиловый эфир на силикагелевых адсорбентах в промышленных установках подготовки газа к транспорту (УПГТ) на стадии регенерация при 280–290°C [2, 3]. При эксплуатации адсорбентов меняются их физико-химические свойства, что отрицательно сказывается на возможности повторного использования силикагелей.

Снижение каталитической активности применяемых в УПГТ промышленных адсорбентов в конверсии метанола в диметиловый эфир может зависеть от ряда факторов – степени кристалличности и закоксовывания поверхности адсорбентов, а также сорбции на них других компонентов. J. Voop и др. [4] показали, что активность катализатора на основе  $\gamma-Al_2O_3$  в рассматриваемых процессах снижается с увеличением их степени кристалличности. Загрязнителем применяемых при очистке природного газа компанией ООО «Газпром трансгаз Краснодар» промышленных адсорбентов также является аэрозоль турбинного масла ТП-22С [5]. Входящие в состав масла антиокислительные, антикоррозионные и деэмульгирующие присадки загрязняют адсорбент и практически не удаляются в процессе его высокотемпературной регенерации.

Целью настоящей работы является выявление и изучение факторов, оказывающих влияние на каталитическую активность силикагелевых

адсорбентов марки АСМ в условиях конверсии метанола в диметиловый эфир, и изучение их жизненного цикла при очистке природного газа.

Объектами исследования были свежие и отработанные промышленные образцы силикагелей марки АСМ, СТО 61182334-004-2011 (ООО «Салаватский катализаторный завод»), применяемые при очистке природного газа компанией ООО «Газпром трансгаз Краснодар». Регенерацию отработанных образцов проводили ацетоном, ч.д.а. ГОСТ 2603-79 (АО «ЭКОС-1»).

Порометрические характеристики исследуемых адсорбентов (удельную поверхность и удельный объем пор) проводили на анализаторе удельной поверхности «Сорботметр-М» (ЗАО «КАТАКОН») методом низкотемпературной адсорбции азота по адсорбционным кривым. Элементный состав изучали на рентгенофлуоресцентном спектрометре Shimadzu EDX-8000, кристалличность – на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu).

Факт загрязнения адсорбентов сорбировавшимися на них различными компонентами устанавливали методом синхронного термического анализа на приборе STA-409 PC LUXX (Netzsch). Регенерацию отработанных адсорбентов проводили методом непрерывной экстракции сорбированных компонентов ацетоном в аппарате Сокслета.

Порометрические характеристики исследуемых адсорбентов марки АСМ показывают, что с увеличением времени работы на УПГТ от 4 до 33 месяцев происходило снижение удельной поверхности адсорбентов с 697 (исходный) до 505 (отработавший 33 месяца) м<sup>2</sup>/г. Удельный объем пор также снижался с 0,33 до 0,28 см<sup>3</sup>/г по отношению ко всем отработавшим от 4 до 33 месяцев адсорбентам. Удельная поверхность и удельный объем пор адсорбентов не менялись после их регенерации.

Рентгенофазовые исследования показали, что свежий, отработанные и регенерированные адсорбенты марки АСМ рентгеноаморфны. Степень кристалличности всех образцов до и после регенерации ацетоном не превышала 0.3 %.

Методами синхронного термического анализа изучили исходные и промежуточные образцы адсорбента марки АСМ. Образцы силикагелей марки АСМ (исходный, отработавшие 9 и 33 месяца) при нагреве теряли адсорбированную воду при 90-122°С в атмосфере воздуха с потерей массы 10-15 %. Диссоциация и удаление органических компонентов с отработанных адсорбентов сопровождалась тремя экзотермическими эффектами при 200-650°С, которые свидетельствовали об окислении «органики» кислородом воздуха. В атмосфере аргона удаление сорбированных органических компонентов протекает без окислительных процессов.

Снижение каталитической активности адсорбентов обусловлено, по-видимому, загрязнением адсорбентов компонентами органического

происхождения, включая аэрозоль турбинного масла ТП-22С, попадающий в систему очистки газа через уплотнители нагнетателей газоперекачивающих агрегатов [5].

Таким образом, установлено постоянство фазового (аморфного) состояния и степени кристалличности силикагелевых адсорбентов в УПГТ. Накопление в образцах адсорбентов компонентов органического происхождения (турбинного масла ТП-22С) привело к снижению удельной поверхности образцов и блокировке каталитических центров.

*Исследования проводились в рамках выполнения госзаданий Минобрнауки РФ, проекты № FZEN-2020-0022 и № 075-Г/3/X2295/685/2, с использованием научного оборудования ЦКП «Эколого-аналитический центр» и УНПК «Аналит» Кубанского госуниверситета.*

#### Литература

1. Бессонова, Н.С. Анализ способов предотвращения гидратообразования углеводородных газов / Н.С. Бессонова // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения. 2019. № 1. С. 70–75.
2. Catizzone, E. Hierarchical Low Si/Al Ratio Ferrierite Zeolite by Sequential Postsynthesis Treatment: Catalytic Assessment in Dehydration Reaction of Methanol / E. Catizzone [et. al] // Journal of Chemistry. 2019. Vol. 2019. ID 3084356. P. 2.
3. Темердашев, З.А. Влияние условий регенерации алюмосиликатных адсорбентов на дегидратацию метанола, извлеченного из природного газа / З.А. Темердашев [и др.] // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 8. С. 17–21.
4. Boon, J. Reversible deactivation of  $\gamma$ -alumina by steam in the gas-phase dehydration of methanol to dimethyl ether / J. Boon [et al.] // Catalysis Communications. 2019. Vol. 119. P. 22–27.
5. Иванова, Ю.А. Аналитический контроль загрязненности силикагелевого адсорбента компонентами турбинного масла в процессе очистки природного газа / Ю.А. Иванова [и др.] // Аналитика и контроль. 2020. Т. 24. № 3. С. 195–200.

**Ю.В. Тимошина<sup>1</sup>, О.В. Абросимова<sup>1</sup>, О.М. Посненкова<sup>2</sup>, Л.А. Рычёва<sup>3</sup>  
С.Н. Герасимов<sup>4</sup>, И.Н. Нестеров<sup>5</sup>, В.Е. Буланов<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.,

<sup>2</sup> Саратовский государственный медицинский университет  
имени В.И. Разумовского,

<sup>3</sup> Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова,

<sup>4</sup> ООО «Медис», г. Сартов, <sup>5</sup> Филиал 2 1477 ВМКГ МО РФ

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ У РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ НИТРИЛА АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

В статье рассмотрены развития профессиональных заболеваний, их зависимость от экологической безопасности предприятия, а также оценка влияния производства нитрила акриловой кислоты на развитие профессиональных заболеваний, связанных с сердцем и сосудами.

Ключевые слова: профессиональные заболевания, экологическая культура, экологическая безопасность, нитрил акриловой кислоты

Одними из важных факторов развития профессиональных заболеваний у сотрудников производств являются обеспечение экологической безопасности на предприятии, а также экологическое просвещение сотрудников [1,2].

Экологическая безопасность предприятия — комплекс организационно-технических мер, направленных на обеспечение соответствия природоохранной деятельности предприятия нормативным требованиям [3,4]. При этом немаловажным является экологическое просвещение работников. Подготовка работников промышленности предполагает обучение, ориентированное на получение знаний по экологии, формирование четкого представления о связи деятельности конкретного производства с возможными неблагоприятными последствиями для окружающей среды и для него самого, а также личной ответственностью каждого работника за экологическую обстановку на предприятии. Такой подход позволит предприятиям повысить эффективность управления экологической деятельностью, промышленной безопасностью и охраной труда. В процессе химического производства могут образовываться опасные отходы: они несут непоправимый вред экологической ситуации [3].

Поэтому цель проведённого исследования — экологическое просвещение работников производства нитрила акриловой кислоты в целях обеспечения экологической безопасности производства и снижения негативного воздействия опасных соединений на здоровье сотрудников.

Для решения цели были выполнены следующие задачи:

1. Было изучено влияние нитрила акриловой кислоты (НАК) на организм человека; а также рассмотрены возможные причины появления сердечнососудистых заболеваний (СЗЗ) у рабочих производственного предприятия;
2. Был проведён скрининг артериального давления (АД) сотрудников предприятия, относящихся непосредственно к получению, переработке, вывозу НАК и сделаны соответствующие выводы;



3. Даны рекомендации по обеспечению экологической безопасности и экологического просвещения на предприятии.

#### **Нитрил акриловой кислоты и его влияние на организм человека**

На Конференции ООН по (Рио-де-Жанейро,1992) акрилаты включены в перечень приоритетных химических загрязнителей. В последнее время загрязнение окружающей среды токсикантами общедовитого действия, в частности, НАК, существенно увеличилось. Это обусловлено постоянно растущим широким использованием акрилонитрила в промышленности [4].

Нитрил акриловой кислоты, акрилонитрил ( $\text{CH}_2\text{CHCN}$ ) – отход второго класса опасности. Это бесцветная легколетучая, легко воспламеняющаяся жидкость с неприятным запахом. Легче воды. При температуре  $-83,5^\circ\text{C}$  затвердевает, кипит при температуре  $+77,5^\circ\text{C}$ . Пары в 1,9 раза тяжелее воздуха, образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Растворяется в воде и многих органических растворителях. [5].

НАК является исходным сырьем для производства пластмасс, АБС-пластиков, синтетических волокон, эфиров акриловой кислоты, пластификаторов, бутадиен-нитрильных каучуков, необходимых для производства маслостойких резин [5].

Акрилаты могут медленно накапливаться в крови и постепенно расщепляться с образованием синильной кислоты. Возможны острые и хронические отравления. В зависимости от действующей концентрации они проявляются различной симптоматикой от преходящих легких явлений раздражения слизистых оболочек, зуда кожи, головной боли, рвоты и головокружения до чувства страха, двигательного беспокойства, расстройств дыхания, потери сознания, комы, напоминая фазы отравления синильной кислотой [5,6]. Хронические интоксикации возникают при стаже работы более 5-7 лет.

#### **Причины появления артериальной гипертонии у сотрудников производственного предприятия**

Практически каждый вид современного промышленного производства прямо или опосредованно вносит определенный вклад и/или создает предпосылки к развитию сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) - группе болезней сердца и кровеносных сосудов, в том числе в силу аллостатического (т.е. накопительного) эффекта комплекса различных факторов.

Артериальная гипертензия (АГ) – заболевание или клинический синдром с зарегистрированным повышением (более 140/90 мм рт. ст.) артериального давления (АД) при неоднократных его измерениях. Она может зависеть как от условий жизни, питания, наследственности, вредных привычек и пр., так и от социальных факторов, а также от качества условий окружающей среды и рабочего пространства.

## Материалы и методы

В ходе проведения исследования было оценено около 180 материалов амбулаторных карт, где были данные на основе медицинских профессиональных осмотров сотрудников предприятия за 2019 год.

Особое внимание уделялось полу, возрасту работников, профессии сотрудника, месту работы (цех, лаборатория, офис) и продолжительности трудового стажа на предприятии. Наряду с этим изучали индивидуальные значения САД, ДАД, ЧСС, ЭКГ, значения глюкозы, холестерина, гемоглобина, а также тромбоцитов в крови.

Для получения полной картины был произведен анализ диагноза терапевта, по которому каждому из пациентов, проходящих медосмотр, было поставлено заключение о профессиональной пригодности работника.

## Результаты исследования

Все сотрудники были разделены на 2 группы: 1-я группа – производственный персонал. Это те люди, которые не имеют отношения к производству НАК: электрогазосварщики, машинисты, аппаратчики, слесари, механики, электромонтеры и др., а 2-я группа – аппаратчики отделения перегонки НАК, аппаратчики окисления, лаборанты химанализа и др.

В таблице 1 приведены средние значения мужского пола, возраста и стажа работы сотрудников в исследуемых группах предприятия.

В таблице 2 приведены средние показатели систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД соответственно), пульса, а также результаты электрокардиографии (ЭКГ).

Таблица 1

Половозрастная характеристика и стаж сотрудников производства

|                 | Мужской пол, абс. (%) | Возраст, лет, М±SD | Стаж, лет, М±SD |
|-----------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| 1 группа (n=91) | 59                    | 44,6±10,1          | 10,8±9,9        |
| 2 группа (n=91) | 68                    | 42,3±10,0          | 15,2±8,9        |
| P               | 0,5                   | 0,2                | 0,6             |

Таблица 2

Оценка сердечно-сосудистой системы работников производства

|          | САД, мм рт.ст, М±SD | ДАД, мм рт.ст., М±SD | Пульс, уд./мин, М±SD | ЭКГ: ЧСС, уд/мин, М±SD | ЭКГ: признаки гипертрофии левого желудочка, чел, абс. (%) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---|
| 1 группа | 126,1±15,6          | 80,4±8,1             | 72,9±5,2             | 70,1±9,2               | 4   |
| 2 группа | 124,3±16,2          | 77,3±7,0             | 72,7±4,7             | 68,1±10,7              | 13  |
| P        | 0,9                 | 2,4                  | 0,3                  | 0,05                   | 0,05  |

Анализ поставленных диагнозов терапевтов сотрудникам химического предприятия представлены в таблице 3.

Таблица 3

Анализ распространенности различных патологий у сотрудников производства

|          | Артериальная гипертензия, абс, (%) | Ишемическая болезнь сердца, абс, % | Хроническая сердечная недостаточность, абс, (%) | Сахарный диабет, абс, (%) | Практически здоров, абс, (%) |
|----------|------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------|
| 1 группа | 21                                 | 1                                  | 0   | 2                         | 54                           |
| 2 группа | 23                                 | 1                                  | 1   | 3                         | 52                           |
| p        | 0,6                                | 0,2                                | 0,4   | 0,7                       | 0,6                          |

В ходе обработки данных было выявлено, что выбранные группы отличались между собой. Процент мужчин в группе сотрудников, работающих с производством НАК, больше (68%), чем в группе производственного персонала, не относящегося к производству отхода второго класса опасности (59%). Здесь же выше (почти на 5 лет) стаж работников предприятия, что может сказываться на их здоровье (Табл.1).

Средние показатели САД, ДАД и ЧСС находятся в норме (Табл.2). Из общего числа сотрудников в первой группе было выявлено 16 человек с повышенным САД, в то время как во второй – 19. При этом у 2-х человек из этой группы при повышенном давлении наблюдались сопутствующие заболевания – ИБС и сахарный диабет. А во второй – у 3-х: ИБС, ХСН и сахарный диабет, что говорит о том, что процент встречаемости ССЗ больше во второй группе, чем в первой. И по результатам ЭКГ процент появления гипертрофии левого желудочка сердца выше практически в 3 раза у сотрудников предприятия, работающих с переработкой НАК.

**Заключение.** Результаты исследования доказывают, что производство нитрила акриловой кислоты может влиять на появление профессиональных заболеваний, связанных с сердцем и сосудами: при сравнении двух групп, в одной из которых сотрудники предприятия непосредственно относились к ее производству, в ходе исследования были выявлены отклонения по некоторым показателям.

В конце проведенного исследования были даны следующие рекомендации для обеспечения экологической безопасности сотрудников предприятия, а также для профилактики ССЗ:

Очевидно, что приостановить или полностью отказаться от производства нитрила акриловой кислоты невозможно, но возможно снизить негативные воздействия производства. А именно внедрение в производство принципов экологизации:

1. Внедрение энерго- и материалосберегающих технологий. Использование передовых разработок зарубежных, отечественных исследователей

2. Эффективное использование газа. Переработка минерально-сырьевых ресурсов, углеводородов с применением научных разработок

3. Внедрение на предприятиях безотходных процессов, минимизация производственных операций и глубокий передел сырьевых ресурсов.

4. Использование передового оборудования при технической реконструкции и перевооружении. Строительство новых передовых компаний

А также выполнение требований, касаемых экологического просвещения работников:

5. Включение в число профессиональных знаний и технического образования сотрудников экологических знаний;

6. Массовая ориентация рабочих на самосохраняющее поведение: проведение антитабачной пропаганды, внедрение массового спорта на предприятиях и создание на заводах школ здорового образа жизни;

7. Усиление контроля по соблюдению мер техники безопасности рабочими;

8. Частое проведение профессиональных медицинских осмотров рабочих;

9. Обеспечение руководством предприятия для сотрудника безопасного ведения технологических процессов.

Соблюдение контроля факторов риска и планомерное воздействие на них, своевременное экологическое просвещение сотрудников, также обеспечение экологической безопасности на предприятии позволят продлить профессиональное долголетие рабочих и снизить воздействие производства на окружающую среду и работников производства.

#### Литература

1. Алексеева Т.С., Скрипченко А.Е., Огарков М.Ю., Янкин М.Ю. Влияние характера профессиональной деятельности на распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 5-2. – С. 236-239

2. Артамонов В. Технические и коммунальные отходы и окружающая среда// Гражданская защита. - 2007. - N 2. - С. 30-31.

3. Артамонова В.Г., Мухин Н.А. Профессиональные болезни. - М.: Медицина, 2004. – 118 с.

4. Справочник химика Т.1; под ред. Б.Н. Никольский. - Л.: Химия, 1966. - 1072 с.

5. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. [Текст]: под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и док. мед. наук Э.Н. Левиной. изд. - 7-е, пер. и доп. В трех томах. Т.2; - Л.: Химия, 1979. - 624 с.

6. Горичный В.А., Язенок А.В., Загородников Г.Г. [и др.]. Анализ первичной заболеваемости по классу болезней сердечно-сосудистой системы у лиц персонала

объектов уничтожения химического оружия. // Клиническая токсикология. – 2013.– Т.14.– С.52-64.

7. Малютина Н.Н., Риски формирования сердечно-сосудистых болезней, связанных с работой на химическом производстве // Малютина Н.Н., Тараненко Л.А., Колтырина Е.Н. – 2015. – Пермь. – С. 90-92

8. Власова Е.М. Малютина Н.Н. Влияние производственных факторов на формирование сердечно-сосудистых заболеваний в условиях работы с компьютерными технологиями // Профилактическая медицина. – 2010. - №5. – с.55-56.

9. Dawber Th.R. The Framingham study. The epidemiology of atherosclerotic disease. London: Harvard University Press, 1980. – 328 p.

10. Cyclic acid anhydrides: human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 75 // World Health Organization. – 2009.

**А.Н. Федосеев**

Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева, г. Москва

## **ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ГРУНТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РТУТЬСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ**

Стабилизация ртути *in situ* является перспективным методом фиторемедиации почв, загрязненных ртутьсодержащими отходами.

В ходе проведенных исследований получены данные о том, что при использовании ауксиновых и гиббереллиновых кислот, в качестве химических добавок в загрязненный грунт, коэффициент транслокации ртути в таких растениях, как клевер ползучий и горчица белая может уменьшаться до 300 %. Таким образом, их можно использовать в качестве вспомогательных компонентов при фиторемедиации почв.

Ключевые слова: стабилизация, ртутьсодержащие отходы, фиторемедиация

При высоком уровне загрязнения ртутьсодержащими отходами, извлечение ртути становится не рентабельным и более того трудноосуществимым процессом. Поэтому в таких случаях прибегают к обезвреживанию непосредственно территории загрязнения (*in situ* 1–3]), далее снижению подвижности, а также биодоступности загрязняющих веществ, включая тяжёлых металлов (ТМ) [4].

Процессы стабилизации *in situ* ТМ в грунте можно ускорить за счёт добавления стабилизаторов, использования микроорганизмов (биологическая иммобилизация *in situ*) и растений (фитостабилизация).

Многие подходы к стабилизации ртути в грунте и их эффективность исследованы и описаны в недостаточном объеме [5,6].

Поэтому исследовалась эффективность применения ауксиновых и гиббереллиновых кислот, в качестве добавок в грунт для фитостабилизации ртути корневой системой растений горчицы белой и

клевера. Для оценки их влияния использовали модельные грунты, искусственно загрязненные ртутью. Модельные грунты готовились путем внесения в грунт водного раствора нитрата ртути ( $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) в количестве 35,91 мг/кг грунта, что эквивалентно уровню в 10 ПДК ртути в почве.

Для проведения вегетационных опытов, вегетационные сосуды объемом 1 л, заполняли универсальным грунтом (марка «Селигер агро») по 600 г в каждый (почву обильно поливали дистиллированной водой, влажность почвы составила 60%). Опыты проводили в трёхкратной повторности. В качестве сравнительного образца грунта (без превышения ПДК ртути в почве) использовали универсальный грунт марки «Селигер агро».

Для экспериментов использовали горчицу белую и клевер ползучий, которые распространены по всей территории России, кроме северных районов. В результате исследования возможности использовать фитостабилизацию в грунте за счёт её накопления корнями растений горчицы белой установлено, что наличие ртути, оказывает существенное влияние на рост и развитие растений (табл. 1), но не приводят к их тотальной гибели (рис. 1).

Таблица 1

Биометрические параметры растений горчицы белой

| Образец  | Высота растений, см | Длина корней, см | Биомасса растений, г |
|--|---------------------|------------------|----------------------|
| Грунт с превышением ПДК <sub>Hg</sub> в почве  | 5,8±0,3             | 5,3±0,3          | 1,0±0,1              |
| Грунт без превышения ПДК <sub>Hg</sub> в почве | 9,1±0,5*            | 7,4±0,4*         | 1,6±0,1              |

Примечание: \* – Различия являются статистически достоверными при  $p < 0,05$ .



Рис. 1. Слева – внешний вид растений, выращенных на грунте с превышением ПДК<sub>Hg</sub>, справа – на грунте без превышения ПДК<sub>Hg</sub>

Результаты исследования эффективности влияния различных добавок на процесс фитостабилизации ртути в модельных грунтах, искусственно загрязнённые ртутью, представлены в таблице 2.

При загрязнении ртутью грунта без использования химических добавок происходит значительный перенос ртути (табл. 2) в надземную часть, что говорит о низкой способности самих растений фитостабилизировать ртуть в корнях.

Использование комбинаций  $K_2OЭДФ$  + ГК + ИМК и МЭБТА + ГК + ИМК, показало наибольшую эффективность для фитостабилизации ртути, за счёт накопления корнями растений горчицы белой и клевера ползучего, коэффициент транслокации уменьшился в 3 раза по сравнению с грунтом без внесения химических добавок.

Таблица 2

Результаты исследования влияния химических добавок на процесс транслокации ртути

| №<br>No. | Химическая<br>добавка           | Содержание ртути в<br>побегах, $C_1(Hg)$ ,<br>мкг/г | Содержание ртути в<br>корнях, $C_2(Hg)$ , мкг/г | Коэффициент<br>транслокации<br>ртути<br>$\frac{C_1(Hg)}{C_2(Hg)}$ |
|----------|---------------------------------|---|---|---|
| 1        | Ртуть                           | 90,1±0,3  | 488±25  | 0,19±0,01   |
| 2        | Ртуть + $K_2OЭДФ$               | 100,0±0,5*  | 531±25*   | 0,19±0,01   |
| 3        | Ртуть + $K_2OЭДФ$<br>+ ГК + ИМК | 38,1±0,3  | 536±30  | 0,07±0,01   |
| 4        | Ртуть                           | 7,6±0,4   | 32,1±0,2  | 0,24±0,01   |
| 5        | Ртуть + МЭБТА                   | 8,9±0,5*  | 16,8±0,3*                                       | 0,53±0,02   |
| 6        | Ртуть + МЭБТА<br>+ ГК + ИМК     | 6,9±0,3   | 84,9±0,3  | 0,08±0,01   |

Примечание: \* – достоверное различие вариантов при  $p < 0,05$  для варианта 2 (сравнивали с № 1) и для варианта 5 (сравнивали с № 4).

$K_2OЭДФ$  – калиевая соль оксиэтилидендифосфоновой кислоты;

МЭБТА – моноэтаноламиновая соль битиоуксусной кислоты

ГК – натриевые соли гиббереллиновых кислот;

ИМК – индолилмасляная кислота.

**Заключение.** В результате проведенных работ было установлено, для обезвреживания грунта, загрязненного ртутьсодержащими отходами, может быть успешно использована стабилизация ртути *in situ*.

Использование в качестве химических добавок гиббериллиновых и ауксиновых кислот оказывают выраженное положительное действие на процесс фитостабилизации за счёт снижения поступления ртути в наземные органы растений до 300 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке РХТУ имени Д.И. Менделеева (проект № 3-2020-039).

## Литература

1. Zhang Y., Zhang H., Wang M., Zhang Z., Marhaba T., Sun C., Zhang W. *In situ* immobilization of heavy metals in contaminated sediments by composite additives of hydroxyapatite and oxides // *Environmental Earth Sciences*. 2019. V. 78. Article No. 94.
2. Rada E.C., Andreottola G., Istrate I.A., Viotti P., Conti F., Magaril E.R. Remediation of soil polluted by organic compounds through chemical oxidation and phytoremediation combined with DCT // *Int J Environ Res Public Health*. 2019. V. 16. Article No. 3179.
3. Devasena M., Nambi I.M. *In situ* stabilization of entrapped elemental mercury // *Journal of Environmental Management*. 2013. V. 130. P. 185–191.
4. Mitoma Y., Simion A., Simion C. Dual soil decontamination procedures // *Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions*. In Tech. 2016. P. 233–251.
5. Zgorelec Z., Bilandzija N., Knez K., Galic M., Zuzul S. Cadmium and mercury phytostabilization from soil using *Miscanthus × giganteus* // *Scientific Reports*. 2020. V. 10. Article No. 6685.
6. Tiodar E.D., Văcar C.L., Podar D. Phytoremediation and microorganisms-assisted phytoremediation of mercury-contaminated soils: challenges and perspectives // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021. V. 18. Article No. 2435.

**А.М. Хачатрян<sup>1</sup>, С.С. Айрапетян<sup>2</sup>, Л.А. Маргарян<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Государственная академия кризисного управления, Армения, г. Ереван  
<sup>2,3</sup>Ереванский государственный университет, Армения, г. Ереван

### **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАБРОШЕННОЙ РУДЫ КАПАН НА КАЧЕСТВО ВОДЫ РЕКИ КАВАРТ**

В данной работе было оценено воздействие заброшенной руды Капана на качество воды реки Каварт. Результаты оценки показали, что река Каварт по всему руслу загрязнена тяжелыми металлами и вода соответствует 5-ому «плохому» качеству, непригодному для использования в различных отраслях и рекреации. В результате продолжительной высокой загрязненности в реке полностью исчезла все аквакультура.

Ключевые слова: качество воды, тяжелые металлы, руда, горная промышленность.

Армения богата полезными ископаемыми, которые имеют также важное промышленное значение. В стране зарегистрированы более чем 24 рудников представляющие собой металлические руды (медь, молибден, свинец, цинк, железо, алюминий, золото, серебро и др.) [1].

Один из главных медных рудников Армении – Капанский рудник. Он расположен в бассейне реки Каварт, 3-4км к северу от города Капан. Рудник имеет минеральные запасы площадью 23 га, которые в настоящее время не разрабатываются. С 2007г запасы Капанского медного рудника составляют 90.5 тонны (среднее содержание – 8.02%, из которых 1.55%



связано с минерализацией меди и 6.5% - с минерализацией пирита). Количество колчеданной руды составляет 2443.69 тыс. тонн [1-2].

После приостановления эксплуатации, рудник не консервировался и находится в заброшенном состоянии. Рядом с открытым рудником также расположены промышленные отходы (рисунок).

В период паводков, обильных осадков, таяния снегов или проливных дождей на территории заброшенной шахты поверхностным течением вымывается большое количество руды. Впоследствии образовавшийся поверхностный сток, обогащенный различными тяжелыми металлами и остатками сульфатов, вливается в реку Каварт, который в районе города Капан впадает в реку Вохчи, загрязняя ее воды и прибрежные районы города. Также были выявлены случаи, когда река Каварт во время весеннего паводка выходила из русла и речная вода, загрязненная токсичными металлами, текла по улицам центральной части города Капана [3-5].



Капанский рудник и образовавшиеся поверхностные воды, июнь 2021 г.

Таким образом, целью нашей работы было исследование воздействия заброшенной руды Капана на реку Каварт и оценка экологического состояния реки. Для этого были взяты пробы воды в четырех различных точках реки Каварт по течению вниз в мае и в июне 2021г. В пробах воды определялись рН, электропроводимость, содержания меди, железа, марганца и сульфатов. Гидрохимические параметры измерялись колориметром НАСН 3900 [6-7]. Полученные данные приведены в таблице.

Оценка и классификация качества воды проводилась в соответствии с принятым нормам РА для рек бассейна Вохчи [8].

Таблица – Данные гидрохимических параметров воды реки Каварт за май-июнь 2021г.

| Параметры                    | На территории шахты | Вблизи района Ленгруп | После района Ленгруп | До впадения в реку Вохчи | Концентрации соответствующие 5-ому, плохому качеству воды |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|---|
| рН                           | 2.97                | 2.87                  | 2.52                 | 3.22                     | <6.5  |
| Электропроводимость, мСим/см | 2740                | 6560                  | 3860                 | 6070                     | >2300   |
| Сульфаты, мг/л               | 480                 | 1830                  | 960                  | 980                      | >300  |
| Медь, мг/л                   | 1.1                 | 7.92                  | 13.5                 | 28.7                     | >0.1  |
| Железо, мг/л                 | 1.06                | 1.84                  | 2.54                 | 1.5                      | >1.0  |
| Марганец, мг/л               | 2.4                 | -                     | -                    | 5.1                      | >0.032  |
| Класс качества воды          | 5-ый, плохой        | 5-ый, плохой          | 5-ый, плохой         | 5-ый, плохой             |   |

По полученным данным, вода реки Каварт сильно-кислотная с высокой минерализацией. По течению вниз возрастет концентрация меди, железа и марганца, что свидетельствует о высокой загрязненности воды реки и накоплении металлов по всему руслу.

Согласно принятым в Армении экологическим нормам и оценки по пятибалльной шкале качества поверхностных вод [8], река Каварт относится к 5-ому, плохому классу и не пригодна для использования.

Из-за воздействия горнодобывающей деятельности и загрязнения реки высоким уровнем токсичных металлов аквакультура в реке полностью исчезла.

#### Литература

1. Mining in Armenia. Zoë Environment Network. Geneva: International Environment House, 2012. p. 32
2. Мелкумян С. «Экономическая и социальная география Республики Армения и Нагорно-Карабахской Республики», Зангак-97, Ереван, 2005 г., 448 стр.
3. Маргарян Л.А. Воздействие горнодобывающих предприятий на качество воды рек. Химическая безопасность. Москва, т.1 №1, 2017, 86-91с.
4. План управления Южного бассейна Армении. Программа Чистая энергия и вода. Ереван: USAID, 2015, 267с.
5. Results of Soil and Water Testing in Kindergartens and Schools of Kajaran and Artsvanik Communities, Syunig Marz, Republic of Armenia. AUA CRM. Yerevan: CRM, 2016. p. 33
6. Standard methods for the examination of water and wastewater 20th edition 1998, Edited by Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton.
7. HACH Colorimeter, Procedures Manual. USA 2013, 616p.
8. Правительство РА 2011 г. Решение от 27 января 2006 г. № 75-Н «Об определении нормативов обеспечения качества воды на каждой бассейновой территории управления в зависимости от особенностей региона»

**А.А. Хвостов**

Саратовская региональная общественная организация  
«Центр социально-правовых и природоохранных инициатив»

## **ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПЕРИОД КОРОНАВИРУСА**

В статье говорится об экологическом просвещении в условиях пандемии коронавируса на примере деятельности природоохранной некоммерческой организации. Предлагается один из авторских региональных проектов по природоохранному просвещению детей и подростков в Саратовской области.

Ключевые слова: охрана окружающей среды, экологическое просвещение, коронавирус, проект, НКО

В современной России довольно много НКО, которые, согласно их Уставу, борются за сохранение окружающей среды. Но даже в таком деле, как защита природы, есть много нюансов и отдельных направлений деятельности, так что каждая организация специализируется на чём-то своём. Это может быть защита животных, спасение лесов, водоёмов, раздельный сбор отходов, проведение субботников и многое другое. Но далеко не все из них имеют возможность заниматься просветительской природоохранной деятельностью, особенно сейчас, в период пандемии COVID-19, когда действуют всевозможные ограничения и жёсткие запреты на проведение массовых мероприятий.

К тому же, в настоящее время экологические проблемы региона и страны в целом для значительного числа наших граждан не являются насущными, так как уровень их экологического сознания до сих пор крайне низок, а также из-за доминирования других проблем, свалившихся на человечество в последние годы. Тем не менее, в это сложное время, несмотря ни на что, нельзя никак забывать и об охране окружающей среды. Взрослых людей сегодня будет довольно сложно обучить азам экологической культуры, поэтому понимаем, что предпочтительно развивать её необходимо, начиная непосредственно с детей и молодежи.

Поэтому нами был разработан новый проект под названием «Формирование экологической культуры у детей и подростков», посвящённый природоохранному просвещению подрастающего поколения Саратовской области. К большому сожалению, ни дошкольные, ни школьные учреждения, ни педагоги дополнительного образования, ни общественные экологические организации в нашем регионе в подавляющем большинстве не занимаются обучением правилам безопасного поведения на природе, в городской черте и навыкам охраны окружающей среды (особенно сейчас в пандемию). Поэтому проект направлен на формирование экологической культуры жителей младшего

возраста городов и сельских районов Саратовской области в дошкольных образовательных учреждениях, в общеобразовательных школах, в общественных организациях, в летних оздоровительных лагерях и т.д. и т.п., а также на акциях по благоустройству природных территорий с соблюдением всех необходимых мер предосторожности.

Идея проекта заключается в вовлечении нескольких десятков дошкольных и школьных учреждений г. Саратова и Саратовской области в эколого-просветительскую деятельность на регулярной основе путём участия в наших нескольких творческих экологических конкурсах для воспитателей, учителей, детей и подростков (их родителей).

В рамках проекта планируется проведение следующих конкурсов: Конкурс детской эковолонтерской журналистики, Конкурс по внедрению раздельного сбора отходов в учебных учреждениях, Конкурс по организации и проведению субботников, Конкурс экологических сказок и сценариев экологических игр на темы изменения климата, лесных пожаров, раздельного сбора отходов и т.п. Перед каждым конкурсом участники будут ознакомлены посредством раздаточного материала, презентаций и видеороликов с темами и регламентами их проведения. После подведения итогов работы жюри (из нескольких членов нашей НКО и привлечённых экспертов) победители будут поощрены почётными грамотами, сувенирами и призами, а прочие участники – сертификатами. А уже по итогам всех этих мероприятий планируется подготовка и издание в типографии итоговой брошюры (тиражом 500 экз.) с экологическими сказками и сценариями экологических игр для детских садов и начальных классов школ для практического применения – проведения регулярных подвижных экологических квестов в дошкольных и школьных учреждениях г. Саратова и Саратовской области на протяжении нескольких последующих лет.

Мероприятия в ходе проекта научат целевую аудиторию мерам предосторожности и правилам поведения на природе и в городской среде, дадут возможность повысить уровень экологических знаний детям, подросткам и их родителям. Для успешной реализации проекта в основном потребуются офисные, транспортные и прочие расходы для проведения экологических конкурсов как в г. Саратове, так и в муниципальных районах региона, а также для доставки приобретённого оборудования (информационные стенды, контейнеры для раздельного сбора отходов, реквизит для проведения экологических игр, изготовленный по итогам проведения конкурсов по написанию сценариев квестов и прочих подвижных детских мероприятий). Финансирование всех мероприятий и покупку необходимого оборудования можно будет получить с помощью Фонда президентских грантов на развитие гражданского общества.

Целевая аудитория проекта – это дошкольники, школьники и студенты колледжей, техникумов и т.д., проживающие на территории

Саратовской области. Общий возрастной диапазон - от 5 до 18 лет. Ожидается, что в Конкурсах примут участие не менее 30 учреждений Саратовской области, а в последующей апробации написанных сценариев игр на практике примут участие порядка 500 детей и подростков, которые и получают прямую пользу непосредственно во время реализации проекта. А косвенную пользу получит гораздо большее количество людей – несколько тысяч (5000-10000 человек в год). Ведь по окончании проекта по детским садам, школам, библиотекам будут бесплатно распространены 500 экземпляров брошюры со сценариями экологических сказок и игр. Ещё в несколько сотен учреждений планируется рассылка этой брошюры в электронном варианте в виде файла PDF. И в этих детских садах и школах Саратовской области тоже будут на протяжении нескольких лет уже непосредственно их воспитателями и учителями проводиться игры и квесты по сценариям из нашей брошюры для разных возрастных категорий местных детей и подростков. Таким образом, проект значительно расширит свою первоначальную географию и, соответственно, аудиторию.

Дальнейшее развитие проекта не должно вызывать сомнений. Ведь на базе наиболее отличившихся учебных заведений, принявших участие в проекте, будут созданы системы мероприятий наиболее подходящей им экологической направленности (например, посадка деревьев, благоустройство природной территории и берегов водоёмов), создание ежеквартальной природоохранной стенгазеты и экологических групп в социальных сетях и т.д.). По окончании проекта для регулярных экологических акций кому-то из дошкольных и школьных учреждений будет оставлен в дар реквизит экологических квестов и игр, другим – информационные стенды по охране окружающей среды, а третьим - игровые настольные наборы по сортировке мусора и контейнеры для раздельного сбора отходов, чтобы на протяжении нескольких лет в разных возрастных группах не останавливалась природоохранная волонтерская деятельность.

Всё вышеперечисленное приведёт и к качественным результатам: повышению экологической грамотности детей и подростков в нескольких районах Саратовской области; привлечению ребят к активному обсуждению и решению экологических проблем по месту жительства; проведению подростковых волонтерских экологических акций на базе учебных заведений; раскрытию интеллектуальных и творческих способностей детей и подростков посредством их участия в экологических конкурсах; тиражированию методики проведения учебных занятий по подвижным играм с помощью раздаточных материалов для дошкольных образовательных учреждений и для средних школ на территории всей Саратовской области.

**И.А. Шевченко, О.В. Агаманова, З.А. Симонова, А.А. Подоксенев**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **МОНИТОРИНГ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДА ЛУГА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Обосновывается актуальность проблемы повышения качества очистки сточных вод малых городов. Приводятся результаты мониторинга сточных вод малого города на примере г. Луга Ленинградской области. Дается заключение о целесообразности реконструкции очистных сооружений в составе ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал» с применением новейших технологий водоочистки.

Ключевые слова: сточные воды, загрязняющие вещества, водоочистка, мониторинг, очистные сооружения, малый город.

Проблема качественной очистки стоков малых городов является важной для всех регионов Российской Федерации. К сожалению, в малых городах, как и в сельской местности, очистка сточных вод с территории населенных пунктов обеспечивается значительно сложнее, чем это происходит в крупных урбанизированных центрах. Основной причиной, как правило, является недостаточное финансирование. Одними из лучших показателей по обеспечению водоочистки стоков малых городов в России обладает Ленинградская область. Большинство малых городов Ленинградской области имеют достаточно современные и своевременно реконструированные очистные сооружения [1].

Город Луга Ленинградской области находится в 140 км южнее г. Санкт-Петербурга. В городе Луга проживает чуть более 35000 чел. В соответствии с Областным законом Ленинградской области от 07.09.2004 года № 65-оз г. Луга - административный центр Лужского муниципального района. Город Луга располагается на левом берегу одноименной реки, куда и осуществляется основной сброс очищенных сточных вод населенного пункта.

Очистные сооружения г. Луга построены и функционируют с 1978 г. Именно тогда вступила в эксплуатацию первая линия системы очистных сооружений. В 1984 г. была внедрена вторая линия системы очистных сооружений. В 1990-х годах промышленность города резко пошла на спад и восстановить свой прежний уровень до сих пор так и не смогла. Поэтому в настоящее время в работе задействована только вторая линия очистных сооружений. На городские очистные сооружения поступают главным образом бытовые стоки, содержащие органические и неорганические соединения, патогенные организмы.

На территории Лужского городского поселения имеется одна эксплуатационная зона водоотведения. Она охватывает четыре

централизованные водоотводящие системы г. Луга. Гарантирующей организацией является ОАО «Лужский водоканал».

Для оценки состояния сточных вод г. Луга необходимо было провести мониторинг их состава в коллекторе ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал» перед сбросом их в реку. При проведении исследований были реализованы химико-аналитические и бактериологические методы. Химическое загрязнение определялось химическими анализами сточных вод, включая прозрачность, цвет, запах, осадок по объему и весу, наличие взвешенных веществ, плотный остаток при прокаливании, окисляемость, химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК), реакцию среды pH, азот общих и аммонийных солей, кислотность и щелочность, хлориды, фосфаты, сульфаты, концентрацию солей кислот, соли тяжелых металлов и другие химические примеси. Для выявления бактериологического загрязнения определялось наличие в воде особого вида бактерий - группы кишечной палочки: коли-титр (наименьшее количество воды в котором одна кишечная палочка), коли-индекс (число кишечных палочек в одном литре воды).

Для проведения анализа состава сточных вод нужно было установить концентрации ( $\text{мг/дм}^3$ ) загрязняющих веществ в исследуемых пробах воды [2]. Известно [3], что наибольшие концентрации токсикантов наблюдаются в сточных водах, чаще всего, в утреннее и вечернее время. Минимальное содержание токсикантов наблюдается в ночное время.

Лабораторные химико-аналитические и бактериологические исследования проводились в Научно-образовательном центре «Промышленная экология» (НОЦ ПЭ) в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А., куда пробы воды доставлялись в 2019-2020 гг. [4-6].

Расчетная концентрация сточных вод определялась по зависимости:

$$K = \frac{a \cdot 1000}{g_0}, \text{ мг/дм}^3 \quad K = \frac{\alpha \cdot 1000}{g_0}, \quad (1)$$

где  $a$  – величина загрязняющих веществ (г), в расчете на 1 человека в сут.;  $g$  – норма водоотведения (чел./сут.) [7].

Совместно сотрудниками химической лаборатории ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал» и НОЦ ПЭ было установлено, что количество загрязняющих веществ в расчете на 1 жителя г. Луга, поступающих в канализацию составляют (г/сут. на 1 жителя): взвешенные вещества – 124,7 г/сут.; БПК<sub>5</sub> – 35,4 г/сут.; БПК<sub>20</sub> – 40,1 г/сут.; азот аммонийных солей – 6,4 г/сут.; хлориды – 11,1 г/сут.

Проведенный весной и осенью 2019 г. мониторинг проб сточной воды из коллектора ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал» представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав сточной воды в коллекторе ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал» в 2019 г.  
(расчет выполнен в программе «Эколог»)

| Показатель                              | Весна                  | Осень                  | ПДКр.х., мг/дм <sup>3</sup> |
|---|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup> | 21,63 ± 51,61          | 15,41 ± 64,43          | 3,0                         |
| Минерализация                           | 41,83 ± 3,62           | 68,03 ± 4,2            | 70,0                        |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>             | 537,34±3,55            | 450,82±16,81           | 300                         |
| Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>        | 0,072 ± 0,006          | 0,091 ± 0,003          | 0,1                         |
| Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>            | 46,55 ± 2,45           | 98,33 ± 3,44           | 100,0                       |
| Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>             | 0,11 ± 0,01            | 0,15 ± 0,06            | 0,15                        |
| Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>     | 0,47 ± 0,01            | 0,42 ± 0,02            | 0,5                         |
| Азот нитритный, мг/дм <sup>3</sup>      | 0,011 ± 0,001          | 0,020 ± 0,001          | 0,02                        |
| Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>      | 6,11 ± 1,71            | 1,44 ± 0,16            | 9,0                         |
| Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>       | 0,67 ± 0,04            | 0,51 ± 0,04            | 0,05                        |
| БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>   | 1,53 ± 0,07            | 1,24 ± 0,03            | 2,0                         |
| ОКБ                                     | 21,2 · 10 <sup>7</sup> | 61,2 · 10 <sup>7</sup> | не более 100<br>КОЕ/100 мл  |
| ОМЧ                                     | 41,1 · 10 <sup>7</sup> | 70,7 · 10 <sup>7</sup> | < 10 <sup>4</sup>           |

Были выполнены также анализы проб исходной сточной воды, которая поступает на очистные сооружения ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал». Эти исследования проведены только в осенний период 2019 г.

Установленное содержание взвешенных веществ, БПК<sub>5</sub>, БПК<sub>20</sub>, азот аммонийных солей и хлоридов приведено в таблице 2. Химический состав ионов загрязняющих веществ в исходной сточной воде приведен в таблице 3.

Таблица 2

Состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения ГУП ЛО  
«ЛМР Лужский Водоканал»

| Наименование                     | Взвешенные вещества | БПК <sub>5</sub> | БПК <sub>20</sub> | Азот аммонийных солей | Хлориды |
|----------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------|
| Концентрация, мг/дм <sup>3</sup> | 1036                | 127,3            | 145,5             | 59,0                  | 1308,7  |



Таблица 3

Химический состав ионов загрязняющих веществ в исходной сточной воде, поступающей на очистные сооружения ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал»

| МГ/ДМ <sup>3</sup> |                  |                                 |                               |                  |                  |                 |                  |               |
|--------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| МГ-ЭКВ/л           |                  |                                 |                               |                  |                  |                 |                  |               |
| Ca <sup>2+</sup>   | Mn <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cu <sup>2+</sup> | Cd <sup>2+</sup> | Cl <sup>-</sup> | Pb <sup>2+</sup> | минерализация |
| <u>51,7</u>        | <u>7,1</u>       | <u>27,1</u>                     | <u>136,4</u>                  | <u>60,0</u>      | <u>1,5</u>       | <u>1300,1</u>   | <u>0,220</u>     | 312,4         |
| 2,58               | 0,26             | 1,18                            | 2,24                          | 1,89             | 0,03             | 37,04           | 0,002            |               |

Результаты мониторинга сточных вод ГУП ЛО «ЛМР Лужский Водоканал» позволили сделать вывод о том, что существующая очистка сточных вод г. Луга является не достаточно качественной, поскольку после нее имеют место превышения ПДК<sub>р.х.</sub> загрязняющих веществ. Это обосновывает необходимость реконструкции существующих очистных сооружений с применением новейших технологий водоочистки.

#### Литература

1. Миклашевский, Н.В. Чистая вода. Системы очистки и бытовые фильтры: Монография / Н.В. Миклашевский, С.В. Королькова. – СПб.: БХВ-Арлит, 2000. – 240 с.
2. Воронов, Ю.В. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Ю.В. Воронов, В.П. Саломеев, А.Л. Ивчатов. – М.: Стройиздат, 1990. - 223 с.
3. Атаманова, О.В. Повышение сорбционной способности модифицированного бентонита при очистке сточных вод путем его активации / О.В. Атаманова, Е. И. Тихомирова, Ж. К. Касымбеков, А.А. Подоксенов // Вода и экология: проблемы и решения. – С-Пб., 2020. – № 1 (81). – С. 3-12. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.3-12
4. Koshelev, A.V. Effect of Bentonite Modification with Glycerol on Adsorbent Structure and Physicochemical Characteristics / A.V. Koshelev, E.I. Tikhomirova, O.V. Atamanova // Russian Journal of Physical Chemistry B. Volume 13, Issue 6, 1 November 2019, Pages 1051-1056. DOI: 10.1134/S199079311906006X.
5. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В.Атаманова, А.В.Косарев, А.В.Кошелев // Фундаментальные исследования. 2018. № 1. С. 18-23.
6. Бобырев, С.В. Моделирование процесса адсорбции аминов на модифицированном бентоните в системе очистки сточных вод / С.В. Бобырев, М.В. Истрашкина, А.В. Косарев, О.В. Атаманова, Е.И.Тихомирова, А.Л. Подольский // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – Бишкек, 2016. –Т.16, № 5. – С.127-131.
7. Староверов, С. В. Водоснабжение промышленных предприятий [Электронный ресурс] / С. В. Староверов, В. М. Киреев. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. – 93 с. Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/28341.html>.

**Н.В. Веденеева, В.С. Газизов**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

## **АНАЛИЗ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

В работе приведен анализ современных методов и способов переработки отходов гальванических производств. Предлагается использовать коагулянт нового поколения для усовершенствования степени очистки сточных вод гальванических производств.

Ключевые слова: отходы, гальванические производства, сточные воды, коагулянт.

При производстве машиностроительной продукции многие предприятия для повышения коррозионной стойкости и улучшения внешнего вида металлических деталей наносят на них гальванические покрытия. В гальваническом производстве образуются сточные воды, которые содержат такие металлы, как хром, никель, свинец, медь, кадмий, цинк, олово и др.

Гальваношлам относится к четвертому классу отходов с наибольшим уровнем опасности и загрязнения (IV), поэтому влияние гальванического мусора на природу будет существенным. Длительное их поступление в организм с водой или пищей даже в незначительных дозах приводит к нарушению функционирования центральной нервной системы, внутренних органов, эндокринной и других жизненно важных систем организма.

Значительная часть предприятий с гальваническим производством не имеет очистных сооружений и сбрасывает промышленные стоки в городскую канализацию. Многие предприятия, хотя и производят очистку сточных вод, полной нейтрализации токсичных компонентов не добиваются и также сбрасывают в канализацию большое количество вредных веществ.

Сточные воды гальванических производств подразделяют на отработанные и промывные. Отработанные сточные воды образуются при смене технологических растворов на свежие, промывные - при промывке деталей с нанесенным покрытием. Характерной особенностью всех сточных вод гальванических производств является низкая концентрация кислот и высокая концентрация ионов металлов.

Методы очистки сточных вод гальванических производств подразделяются на химические, электрохимические и физические. Система очистки сточных вод может быть проточной и замкнутой. При проточной системе очистки сточные воды после нейтрализации сбрасываются в канализацию. Замкнутые системы очистки используют в технологическом

цикле очищенные сточные воды. Конечно, замкнутая система требует от предприятия более глубокой очистки сточных вод, но ее использование исключает сброс токсичных веществ в городскую канализацию, поэтому она более прогрессивна и предпочтительна.

Наиболее перспективны безреагентные способы очистки гальванических сточных вод, например электрокоагуляционный. Преимущества таких методов по сравнению с технологиями, использующими химические вещества для осаждения мелкодисперсных шламов, заключаются в сокращении продолжительности процесса и производственных площадей, непрерывности процесса и повышении качества очищенной воды.

При отстаивании сточных вод гальванических производств в шламонакопителях образуются шламы, которые представляют собой коллоидные системы, состоящие из мелкодисперсных нерастворимых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в воде. Их состав и количество колеблется в широком интервале в зависимости от типа производства.

При очистке сточных вод гальванического производства методом коагуляции образующиеся шламы содержат в пересчете на сухое вещество, %: 30-70 железа, 5-10 хрома, 2-5 никеля, 1-3 кальция, 1-2 магния и другие элементы. Во многих случаях шламы сбрасываются в шламонакопители, отвалы и пруды, загрязняя как воздушный бассейн, так и подземные и поверхностные воды.

При их захоронении в шламонакопителях помимо ущерба, наносимого окружающей среде, одновременно теряется большое количество ценного сырья. Повторное использование извлеченных из шламов материалов, наоборот, позволяет в ощутимых количествах экономить природные ресурсы и снизить нагрузку на окружающую среду.

При утилизации шламов гальванических производств применяют следующие методы: химические, физико-химические, термические и их комбинации. Важнейшей операцией при утилизации этих шламов является обезвоживание, поскольку содержание воды в них достигает 99%. Для обезвоживания шламов применяют фильтрование, центрифугирование, для чего используют камерные и ленточные прессы, а также фильтрующие центрифуги. Заключительную стадию обезвоживания проводят на фильтр-прессах при давлении до 1,5 МПа. После фильтрования содержание сухого вещества может составлять 30 - 70% (масс.). Дальнейшее удаление влаги до содержания не более 10% (масс.) проводят с помощью сушки в барабанных и других сушилках. Полученный сухой порошок является ценным сырьем для получения товарной продукции.

Процесс переработки гальваношламов возможно улучшить и привести выходное количество полезного материала к максимальным значениям, при этом, не затрачивая большее количество ресурсов. Данную

схему можно реализовать, если включить в цикл переработки гальваношламов этап коагуляции (рисунок). При данной последовательности этапов эффективность переработки возрастает.

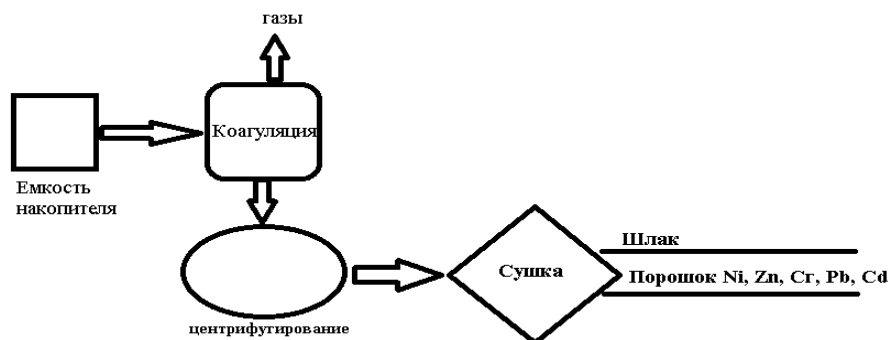


Рисунок. Упрощенная схема переработки гальваношламов с включенным в цикл этапом коагуляции

Обезвоженные гальванические шламы используют в промышленности строительных материалов. Для устранения экологической опасности отходов гальванических производств используют метод химической фиксации токсичных соединений, находящихся в шламе.

Фиксация производится путем ферритизации, силикатизации, отверждения с использованием вяжущих материалов и спекания твердой фазы. Хромсодержащие шламы после сушки используют в производстве декоративного стекла в качестве красителей. В зависимости от состава шлама можно получить стекла следующих цветов: зеленого, синего, коричневого, черного и их оттенков.

Использование до 10% порошка, полученного в результате сушки шлама, в составе глазури керамических облицовочных плиток позволяет увеличить их глянец. Варку стекла для получения таких плиток производят при 1410 - 1460 °С в слабовосстановительной или окислительной среде.

Добавка 3% порошка в смесь для изготовления строительной керамики позволяет повысить ее прочностные свойства. Обжигают керамику в туннельной печи при 980 °С.

При изготовлении кирпичей в глину добавляют 3-5% обезвоженных шламов с влажностью 60 - 80%, что позволяет улучшить технологические свойства композиции. Использование обезвоженного порошка при изготовлении керамической черепицы повышает ее прочностные свойства.

Гидроксидные шламы гальванических производств добавляют в количестве до 5% в асфальт, бетон, гипсовые смеси. Незначительное распыление частиц асфальта в процессе эксплуатации дорожного покрытия не вносит существенных изменений в химический состав грунта и дренажных вод.

Железосодержащие шламы после сушки используют для получения керамзита, а также для производства высококачественных ферросплавов. При получении ферросплавов обезвоженный шлак при содержании влаги до 10% смешивают с окалиной, золой, угольной пылью и другими компонентами, затем прессуют в виде брикетов, которые используют вместе с коксом и флюсами для получения ферросплавов методом восстановительной плавки.

Таким образом, переработка гальваношламов является перспективным и выгодным направлением, внедрение которого на производства снизит нагрузку на окружающую среду и влияние на здоровье человека.

Однако при разработке таких технологий следует помнить, что в шламах различные металлы несовместимы между собой, так, цинк является ядом для никеля, свинец – для цинка и никеля и т. п. Последнее обстоятельство приводит к тому, что во многих случаях регенерация металлов из шламов гальванического производства не производится.

## Литература

1. <https://bezotxodov.ru/promyshlennye-othody/galvanoshlam> //утилизация и переработка гальванического шлама.
2. <https://msd.com.ua/pererabotka-otxodov-proizvodstva/pererabotka-otxodov-galvanicheskix-proizvodstv/> - переработка отходов гальванических производств.
3. Элькин К.М. Смирнова В.М. Тишков К.Н. Трунова И.Г. Кондрашев П.Ю. / способ переработки шламов гальванических производств - 2001.07.10.
4. [https://studref.com/527282/tehnika/metody\\_utilizatsii\\_obezvrezhivaniya\\_galvanicheskikh\\_shlamov](https://studref.com/527282/tehnika/metody_utilizatsii_obezvrezhivaniya_galvanicheskikh_shlamov) // методы утилизации и обезвреживания гальванических шламов.

## Содержание

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния антропогеннонарушенных территорий.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Ажогина Т.Н., Сазыкина М.А.</b> Интегральная токсичность почв Ростовской области.....   | <b>3</b>  |
| <b>Антонова О.М., Шамин А.О.</b> Моделирование прогноза заражения территории метилизоцианатом при аварии в Бхопале.....  | <b>6</b>  |
| <b>Антонова О.М., Шманова Н.М.</b> Сравнительный анализ методов лишеноиндикации для оценки общего загрязнения атмосферы вблизи работы экотехнопарков по утилизации отходов I-II классов опасности.....                   | <b>10</b> |
| <b>Ахмадиев Г.М.</b> Разработка модели мониторинга безопасности окружающей среды.....  | <b>15</b> |
| <b>Барххуев Х.О., Кушнеров А.И.</b> Разработка информационно-технической системы оценки воздействия глубинных сбросов сточных вод.....   | <b>19</b> |
| <b>Большеротов Л.А., Большеротов А.Л.</b> Карбоновые полигоны. Методологические основы реализации проекта.....   | <b>23</b> |
| <b>Большеротов Л.А., Большеротов А.Л.</b> Научные исследования межрегионального характера, необходимые для реализации программы карбоновых полигонов.....  | <b>27</b> |
| <b>Володина М.А., Глухов А.Т.</b> Рациональная технология производства цианида натрия.....   | <b>32</b> |
| <b>Дегтева А.С., Тихомирова Е.И., Симонова З.А.</b> Менделеевская экологическая экспедиция Байкал-2021: опыт научных исследований и экологического образования в Байкальском заповеднике.....                            | <b>36</b> |
| <b>Ефимова Д.И., Торгашкова О.Н.</b> Структура почвенного запаса семян лесных сообществ в окрестностях поселка Шиханы Саратовской области.....   | <b>41</b> |
| <b>Жутов А.С., Отраднава М.И., Рогачева С.М.</b> Мониторинг загрязнения подземных вод Саратовской области.....   | <b>44</b> |
| <b>Загитова Г.Т.</b> Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова Байкальского заповедника.....   | <b>48</b> |
| <b>Китаев А.Б.</b> Качество воды малых рек г. Перми (по материалам 2015-2018гг.).....  | <b>52</b> |
| <b>Коробейникова А.С., Мурзина Ю.И., Глинская Е.В., Нечаева О.В.</b> Физиологические группы микроорганизмов, выделенные из почвы с территории полигона (с. Колонтаево, Московская область) .....                         | <b>55</b> |
| <b>Матвеева Ю.Г., Беляченко А.А.</b> Оценка последствий и пути решения разлива кислотудронных прудов-накопителей на территории ОПНМЗ им. Д.И. Менделеева.....  | <b>58</b> |
| <b>Опарина А.М., Опарина О.С.</b> Изучение элементного состава скорлупы яиц дрофы ( <i>Otistarda</i> ) и влияния количественного соотношения некоторых химических элементов на развитие вылупившихся из них птенцов..... | <b>62</b> |
| <b>Полянская Н.С., Евдомашенко А.С., Овчинникова Т.В.</b> Поля фильтрации и их потенциальная экологическая опасность на примере АО «Елань-коленовский сахарный завод».....   | <b>66</b> |
| <b>Семяниченко А.И., Санникова Н.Ю.</b> Изучение свойств сорбентов на основе отходов растительного сырья.....  | <b>72</b> |
| <b>Соловьев А.В.</b> Способ прогнозирования метеорологических условий распространения загрязняющих веществ на основе графических фигур фиксированной длины.....  | <b>75</b> |
| <b>Фомина А.А., Тарасенко А.М.</b> Обращение с отходами на предприятии железнодорожной отрасли.....  | <b>79</b> |
| <b>Правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности.....</b>  | <b>82</b> |
| <b>Багрянцев А.А., Багрянцева О.А., Великанова Е.М., Ефремова С.Ю.</b> Анализ ситуации в сфере по обращению с отходами I и II классов опасности и методы их решения.....   | <b>82</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Горячева Н.Г.</b> Организация межведомственного взаимодействия при чрезвычайных ситуациях на объектах нефтедобычи.....  | <b>85</b>  |
| <b>Зибарев Н.В., Политаева Н.А.</b> Переработка жидких и твердых отходов пищевой промышленности с применением микроводорослей.....   | <b>88</b>  |
| <b>Кудашова А.С., Ушакова Д.Д., Анохина Т.В.</b> Актуальные вопросы обращения с медицинскими отходами.....   | <b>91</b>  |
| <b>Рева Ю.В., Трегубов П.О.</b> К вопросу о правовом регулировании понятия первой помощи в Российской Федерации.....   | <b>94</b>  |
| <b>Пушкарева П.Д.</b> Применение современных технологий на предприятиях группы НЛМК.....   | <b>99</b>  |
| <b>Сластья И.В., Худякова Е.В., Степанцевич М.Н.</b> Организация и эколого-экономические аспекты термического обезвреживания высокотоксичных отходов в России.....                       | <b>102</b> |
| <b>Разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий.....</b>   | <b>107</b> |
| <b>Абдухалилов О.М., Скугорева С.Г., Фокина А.И.</b> Яичная скорлупа как источник кальция для синтеза глицината кальция.....   | <b>107</b> |
| <b>Антонова О.М., Кошуро А.Ю.</b> Технологии утилизации и рециклинга тутьсодержащих отходов  | <b>110</b> |
| <b>Артамошкин А.Е., Осипова Д.А., Горячева А.А., Курочкина О.Г.</b> Разработка схемы очистных сооружений для поселка городского типа.....  | <b>115</b> |
| <b>Астахова И.С., Абросимова О.В.</b> Экологическое обоснование новой технологии разработки карьера по добыче строительных материалов.....   | <b>118</b> |
| <b>Атаманова О.В., Тихомирова Е.И., Романевич А.С., Глубокая А.С.</b> Изучение биodeградации полимеров акриламида, акриловой кислоты и хитозана в почвогрунте.....                       | <b>122</b> |
| <b>Васильев А.В., Ермаков В.В., Виноградова В.А., Васильев В.А.</b> Снижение вибрации трубопроводов энергетических установок с использованием нового устройства.....                     | <b>126</b> |
| <b>Виноградова В.А.</b> Разработка комбинированного устройства гашения низкочастотного шума и колебаний давления.....  | <b>129</b> |
| <b>Глубокая А.С., Атамнова О.В.</b> Глинистые сорбционные материалы для очистки сточных вод текстильного предприятия.....  | <b>134</b> |
| <b>Гурьева Е.И., Головина О.В.</b> Методика выбора направления и характера интеграции промышленных объектов в городскую среду (на примере моногорода Семилуки Воронежская область) ..... | <b>138</b> |
| <b>Евсеев Д.И., Ежиков К.Е., Бодров А.В., Полянскова Е.А.</b> Разработка схемы очистки ливневых сточных вод.....   | <b>142</b> |
| <b>Жарова В.В., Комарова Н.А., Борисков Д.Е.</b> Возможность переработки полимеров с помощью химической рециркуляции.....  | <b>145</b> |
| <b>Зиновьев С.В., Храмова И.А., Чернова В.А., Зупарова В.В.</b> Возможность утилизации пластика при помощи микроорганизмов.....  | <b>148</b> |
| <b>Комарова Н.А., Борисков Д.Е., Ефремова С.Ю., Читалина В.С.</b> Очистка сточных вод с применением альтернативных химически модифицированных адсорбционных материалов....               | <b>151</b> |
| <b>Комиссаренко М.В., Татаринцева Е.А.</b> Применение промышленных отходов в бетонных смесях.....  | <b>154</b> |
| <b>Кушу А.Ю., Пищаева К.В., Макарова А.С.</b> Исследование эффективности фитоэкстракции ртути из почв растением <i>Lepidium sativum</i> .....  | <b>157</b> |
| <b>Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Акосах Й.А.</b> Исследование филогенетического родства гриба <i>Aspergillus niger</i> AM1.....  | <b>161</b> |
| <b>Ольшанская Л.Н., Лазарева Е.Н., Яковлева Е.В.</b> Извлечение металлов из гальваношламов электрохимическим способом.....   | <b>164</b> |
| <b>Остроумов С.А., Цай С.</b> Разработка теории самоочищения воды в МГУ и перспективы ее применения при реабилитации загрязненных водоемов.....  | <b>167</b> |
| <b>Переломов Л.В., Никишина М.Б., Мухторов Л.Г., Иванова Е.В., Атрощенко Ю.М.</b> Поглощение тяжелых металлов окисленными гуминовыми кислотами.....                                      | <b>172</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Подоксенов А.А., Атаманова О.В.</b> Увеличение эффективности очистки производственных сточных вод от ароматических аминосоединений на станциях водоочистки.....  | <b>174</b> |
| <b>Сапрошина А.А.</b> Эффективность использования солей оксиэтилидендифосфоновой кислоты для очистки сточных вод.....   | <b>178</b> |
| <b>Сухинина Е.А.</b> Алгоритм экологической оценки архитектурно-градостроительных объектов с учетом требований «зелёных» стандартов.....  | <b>182</b> |
| <b>Халепо И.В., Плотникова О.А.</b> Синхронное сканирование в флуоресценцентном анализе ПАУ   | <b>186</b> |
| <b>Холдуденева А.О., Ефремова С.Ю., Зупарова В.В., Бодров А.В., Медведева А.А.</b> Снижение негативного воздействия осадков сточных вод бумажно-картонного производства на почвы путем их электроосмотического обезвоживания..... | <b>190</b> |
| <b>Современные геоинформационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов.....</b>  | <b>194</b> |
| <b>Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И.</b> Обнаружение загрязнений сточных вод антибиотиками.....   | <b>194</b> |
| <b>Васильев А.В., Васильев В.А., Ганин А.И., Кленин А.В.</b> Дискретно-временная модель для исследования акустических характеристик в трубопроводах энергетических установок и ее реализация в виде программного продукта.....    | <b>198</b> |
| <b>Журавлева А.Н., Корепанова А.П.</b> Перспективы использования геоинформационных технологий в системе мониторинга опасных промышленных объектов.....  | <b>204</b> |
| <b>Сасим А.В.</b> Пресс-мероприятия по экологической проблематике как информационный инструмент формирования общественного мнения.....  | <b>208</b> |
| <b>Семакина А.В.</b> Интерактивная платформа «Медико-экологические условия г. Ижевска», как фактор оптимизации мониторинговой сети.....   | <b>211</b> |
| <b>Хакимова А.Х., Кудря В.В., Каракотина И.А.</b> Информационные технологии социально-гигиенического мониторинга как инструмента в системе управления рисками здоровью населения.....   | <b>215</b> |
| <b>Худякова Е.В., Степанцевич М.Н., Сластия И.В.</b> Информационные технологии мониторинга экологически вредных отходов в растениеводстве и животноводстве.....   | <b>218</b> |
| <b>Шадрин Г.Р., Купцов А.И., Гимранов Ф.М.</b> Прогнозирование границ зоны распространения газа с помощью искусственных нейронных сетей при аварийной разгерметизации емкости   | <b>222</b> |
| <b>Современные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценка их воздействия на экосистемы и здоровье человека.....</b>   | <b>225</b> |
| <b>Анциферова А.А., Копаева М.Ю., Кашкаров П.К.</b> Влияние промышленных наноматериалов на поведенческие и когнитивные функции млекопитающих на примере наночастиц серебра.....   | <b>225</b> |
| <b>Великс А.Э., Коваль Ю.Н.</b> Проблемы утилизации огнетушащей пены.....   | <b>228</b> |
| <b>Жаксылыков Н.Б., Безбердая Л.А., Лычагин М.Ю.</b> Фракционный состав тяжелых металлов и металлоидов в почвах г. Севастополя.....   | <b>231</b> |
| <b>Кизеев А.Н., Меньшакова М.Ю., Ушамова С.Ф., Кульнев В.В.</b> Удельная активность естественных радионуклидов и цезия-137 в наземных экосистемах Кольского Севера.....   | <b>235</b> |
| <b>Костецкая Т.В., Рожкова Н.А., Коротченко И.С.</b> Каталазная и уреазная активность почв в зоне влияния Рудногорского рудника Коршуновского ГОК .....   | <b>239</b> |
| <b>Лицевич А.Р., Хмелевцова Л.Е., Сазыкин И.С.</b> Исследование экспрессии стрессовых генов у <i>Rhodococcus erythropolis</i> при воздействии углеводов.....  | <b>242</b> |
| <b>Лобкова Г.В.</b> Оценка влияния металлов на физиологические характеристики <i>Daphnia magna</i>  | <b>245</b> |
| <b>Магомедова А.Р., Джахбарова Ф.А.</b> Гигиенические подходы к улучшению состояния здоровья учащихся, находящихся в условиях экологического воздействия.....   | <b>248</b> |
| <b>Плотникова О.А., Тихомирова Е.И.</b> Методы повышения селективности люминесцентного анализа экотоксикантов ПАУ.....  | <b>250</b> |
| <b>Потапова С.О., Шепелев И.И., Еськова Е.Н.</b> Оперативный метод выявления токсичных соединений в почве придорожных территорий при использовании в строительстве дорог  |            |



|   |            |
|---|------------|
| техногенных материалов.....   | 254        |
| <b>Пронина А.Д., Юзбашева Х.А.</b> Экологические проблемы влияния химического загрязнения водоемов на риск для здоровья населения сельских регионов.....  | 257        |
| <b>Рахматуллина Л.Р., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Рафиков С.Ш.</b> Оценка риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевых вод из систем централизованного водоснабжения, на примере города Стерлитамак.....          | 262        |
| <b>Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Рахматуллина Л.Р., Ахмадеев А.В., Хазиахметов Р.М.</b> Управление качеством питьевой воды как фактор улучшения медико-демографической ситуации.....                                | 266        |
| <b>Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Рахматуллина Л.Р., Тихонов В.Н.</b> Оценка риска канцерогенных эффектов для здоровья населения, ассоциированного с качеством среды обитания.....                                   | 270        |
| <b>Тамбиева Н.С., Князева Т.В., Котова В.Е.</b> Оценка экологического состояния поверхностных и подземных вод Кашарского района Ростовской области.....   | 274        |
| <b>Торгашкова О.Н., Сабуров А.Н., Беликов А.С.</b> Оценка загрязнения водной среды реки Большой Узень в пределах города Новоузенска на основе структурных характеристик сообществ макрофитов.....                                     | 277        |
| <b>Учаева И.М., ЮрасовН.А., БорзовВ.И.</b> Продукты воздействия азотсодержащих гетероциклов на <i>Ganoderma applanatum</i> .....  | 279        |
| <b>Чернышенко Е.Р., Ажогина Т.Н., Сазыкина М.А.</b> Исследование влияния пестицидов на развитие окислительного стресса с использованием lux-биосенсоров.....  | 283        |
| <b>Экологические, экономические и социальные проблемы загрязнения территорий опасными отходами.....</b>   | <b>286</b> |
| <b>Атаева А.А., Махмудова Л.Ш., Тихомирова Е.И., Абубакарова Ж.С.</b> Комплексное исследование эффективности использования модифицированного сорбента в системе очистки поверхностных вод Чеченской Республики от нефтепродуктов..... | 286        |
| <b>Богочанова К.С., Юдин А.А., Красная Е.Г.</b> Экологический мониторинг вредных выбросов при производстве хлебопродуктов и способы их снижения.....  | 290        |
| <b>Валов М.В., Ячменников П.Д., Полянскова Е.А., Ефремова С.Ю.</b> Совершенствование системы очистки сточных вод предприятия приборостроения с ферритизацией гальваношлама.....   | 292        |
| <b>Гармашова А.С., Ашихмина Т.В.</b> Климатоформирующие аспекты размещения твердых коммунальных отходов на полигонах.....   | 297        |
| <b>Дегтева А.С., Глубокая А.С., Тихомирова Е.И., Симонова З.А.</b> О ликвидации накопленного вреда на территории байкальского ЦБК.....  | 301        |
| <b>Емельянова И.П., Курбанова К.К.</b> Гигиенические проблемы питания современных школьников.....   | 305        |
| <b>Захарова Д.С., Ветрова М.А., Иванцова Н.А.</b> Фотокаталитическое окисление промышленных сточных вод на примере нитрофурала.....   | 308        |
| <b>Зельцер А.И., Остроумов С.А.</b> Примеры новых экологических концепций, делающих шаг вперед в отношении экологического просвещения.....  | 311        |
| <b>Киракосян Д.В.</b> Анализ причин и последствий аварийного разлива нефтепродуктов (29 мая 2020, Норильск) .....   | 314        |
| <b>Кирюшин Е.В., Шепелев И.И., Еськова Е.Н.</b> Решение проблем загрязнения окружающей среды в районе действующего предприятия глиноземного производства.....   | 319        |
| <b>Костина А.С., Рядно Э.Г., Васильев А.М., Колычев И.А., Доброштан А.В.</b> Исследование каталитической активности силикагелей, используемых при очистке природного газа, в зависимости от структурных характеристик адсорбента..... | 322        |
| <b>Кошелев А.В., Головков В.Ф., Суровцев В.В., Тихомирова Е.И.</b> Анализ образования диоксинов при термическом обезвреживании хлорсодержащих органических соединений.....  | 325        |
| <b>Ларин А.Р., Степовая Д.А., Клейменова Т.В., Полянскова Е.А.</b> Анализ состояния почв пензенской области.....  | 331        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Лисенков С.А., Никулина А.Р., Опекунова М.Г.</b> Экологическая оценка воздействия разливов шламовых амбаров на компоненты природно-территориальных комплексов месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа.....  | <b>334</b> |
| <b>Матвеев М.П., Тихомирова Е.И., Алексагин А.В.</b> Анализ экологических рисков, связанных с размещением и утилизацией отходов буровых работ.....  | <b>337</b> |
| <b>Назарова В.С., Комарова Н.А, Борисков Д.Е., Ефремова С.Ю.</b> Промышленное загрязнение водных объектов тяжёлыми металлами на примере бассейна реки Сура.....   | <b>341</b> |
| <b>Позднякова М.А., Артамошкин А.Е., Ефремова С.Ю.</b> Проблемы загрязнения отходами почвенного покрова .....   | <b>347</b> |
| <b>Руденко Е.Ю., Федотов А.А., Воздвиженский Е.А., Бахарев В.В.</b> Исследование адсорбционных свойств различных фракций подсолнечной лузги в отношении синтетических органических красителей.....  | <b>349</b> |
| <b>Солдатова В.В. Фомина А.А.</b> стратегия экологического просвещения населения г. Саратова для решения проблемы раздельного сбора отходов и реализации системы расширенной ответственности производителя.....   | <b>353</b> |
| <b>Темердашев З.А., Костина А.С., Рядно Э.Г., Васильев А.М., Колычев И.А., Доброштан А.В.</b> Жизненный цикл силикагелей, используемых при очистке природного газа.....   | <b>356</b> |
| <b>Тимошина Ю.В., Абросимова О.В., Посненкова О.М, Рычёва Л.А, Герасимов С.Н, Нестеров И.Н, Буланов В.Е</b> Рекомендации по формированию экологической культуры у работников предприятия по производству нитрила акриловой кислоты в целях обеспечения экологической безопасности производства..... | <b>360</b> |
| <b>Федосеев А.Н.</b> Фиторемедиация грунтов, загрязнённых ртутьсодержащими отходами.....  | <b>362</b> |
| <b>Хачатрян А.М., Айрапетян С.С., Маргарян Л.А.</b> Оценка воздействия заброшенной руды Капан на качество воды реки Каварт.....   | <b>371</b> |
| <b>Хвостов А.А.</b> Экологическое просвещение учащихся в регионе.....   | <b>374</b> |
| <b>Шевченко И.А., Атаманова О.В., Симонова З.А., Подоксенов А.А.</b> Мониторинг сточных вод города Луга Ленинградской области.....  | <b>377</b> |
| <b>Веденеева Н.В., Газизов В.С.</b> Анализ переработки отходов гальванических производств.....  | <b>381</b> |

Научное издание

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов:  
современные достижения, перспективы и обеспечение  
экологической безопасности населения

Сборник научных трудов

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

Ответственный за выпуск канд. биол. наук, доцент О.В. Абросимова

*За достоверность представленных в сборнике сведений и изложенной  
научной терминологии несут ответственность авторы статей*

Подписано в печать

Бум. офсет.

Тираж экз.

Усл.-печ. л.

Заказ

Формат 60x84 1/16

Уч. изд. л.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Отпечатано в ООО «Амирит» 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского., 88.

Тел. 8-800-700-86-33 | (8452)24-86-33,

e-mail: [zakaz@amirit.ru](mailto:zakaz@amirit.ru)

Сайт: [amirit.ru](http://amirit.ru)