

**ПРИМЕНЕНИЕ БИОИНДИКАЦИИ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ
НА ТЕРРИТОРИИ ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ В ЯНАО***

М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, С. Ю. Кукушкин

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Статья посвящена оценке значимости индикаторных свойств тундровой растительности при проведении экологического мониторинга состояния окружающей среды в ЯНАО. Показана эффективность анализа химического состава индикаторных видов растений для оценки загрязнения почв и атмосферного воздуха. Изменение видового состава, структуры и строения фитоценозов указывает на ландшафтно-деструктивные нарушения и отражает степень трансформации ландшафтов, связанную с опустыниванием или вторичным заболачиванием.

Ключевые слова: экологический мониторинг, загрязнение, растения – индикаторы.

**THE APPLICATION OF BIOINDICATION IN ENVIRONMENTAL MONITORING
IN THE TERRITORY OF LICENSE SITES OF OIL AND GAS INDUSTRY IN THE YANAO**

M. G. Opekunova, A. Yu. Opekunov, S. Yu. Kukushkin

St. Petersburg State University, St. Petersburg

The article is devoted to the evaluation of the significance of the indicator properties of tundra vegetation during environmental monitoring of the environment in the Yamal-Nenets Autonomous District. The efficiency of the analysis of the chemical composition of indicator plant species for assessing pollution of soils and air is shown. The change in the species composition, structure and structure of phytocoenoses indicates landscape-destructive disturbances and reflects the degree of transformation of landscapes associated with desertification or secondary swamping.

Keywords: ecological monitoring, pollution, plants – indicators

Оценка уровня и динамики загрязнения ландшафтов под воздействием техногенеза относится к важнейшим задачам изучения изменения природной среды. В России такие исследования проводятся в рамках инженерно-экологических изысканий и экологического мониторинга (локального и производственного). В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06 июня 2013 г. № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» в государственную систему наблюдений вошли пункты производственного (локального) экологического мониторинга в районах расположения объектов негативного воздействия на окружающую среду. В территориальной системе наблюдений за состоянием природной среды производственный мониторинг становится ее основой и служит главным источником получения экологической информации. Развитие такой системы наиболее актуально для северных районов нашей страны, вовлеченных в добычу и транспортировку углеводородного сырья, где сеть локального экологического мониторинга отстраивается в пределах территории лицензионных участков месторождений нефти и газа.

Применяемые в настоящее время подходы в экологическом мониторинге не способны фиксировать малозаметный, но устойчивый тренд изменения экологической ситуации под воздействием техногенеза. В результате этого утрачивается смысл его проведения, т. к. он не решает поставленных перед ним задач: прогноза изменения природной среды и принятия соответствующих управляющих решений. Достижение указанной цели возможно с помощью изучения реакций биоты. В мировой практике исследования с использованием биомаркеров проводятся, главным образом, при мониторинге морских месторождений нефти и газа. При мониторинге наземных геоккомплексов в настоящее время разработано и широко используется большое количество методов и приемов биоиндикации. Оформились направления, основывающиеся на использовании приоритетных групп живых организмов: микроорганизмов, водорослей, растений, животных, включая человека. При этом применяются два подхода в оценке реакций организмов на воздействие окружающей среды: первый предусматривает изучение реакций видов и их сообществ, распространенных на исследуемой

* Работа выполнена при поддержке гранта РГО-РФФИ № 17-05-41070 «Разработка инновационных решений по оптимизации и унификации экологического мониторинга нефтегазовых месторождений в северных регионах России».

территории; второй – изучение реакций растительных тест-объектов, искусственно размещенных на данной территории.

Табл. 1

Статистические показатели содержания микроэлементов в кустарничках нарушенных и фоновых участков, мг/кг сухого вещества

| | | Ba | Mn | Zn | Cu | Ni | Co | Pb | Cd | Cr |
|---------------------------------------|-------------------------|-----|------|----|-----|------|------|-----|------|------|
| <i>Багульник Ledum decumbens</i> | | | | | | | | | | |
| Нарушенные участки, n = 287 | среднее | 96 | 1173 | 28 | 7 | 2,5 | 0,21 | 1,4 | 0,08 | 1,3 |
| | минимум | 9 | 208 | 12 | 2 | 0,3 | 0,10 | 0,1 | 0,01 | 0,14 |
| | максимум | 201 | 3292 | 64 | 26 | 11,0 | 0,9 | 5,3 | 0,44 | 7 |
| | коэффициент вариации, % | 45 | 46 | 37 | 82 | 67 | 62 | 86 | 117 | 115 |
| Фоновые участки, n = 193 | среднее | 87 | 1112 | 33 | 6 | 1,6 | 0,13 | 0,7 | 0,08 | 0,5 |
| | минимум | 11 | 571 | 20 | 0,2 | 0,3 | 0,05 | 0,3 | 0,02 | 0,11 |
| | максимум | 110 | 2009 | 43 | 16 | 4,0 | 0,5 | 1,7 | 0,50 | 1 |
| | коэффициент вариации, % | 26 | 29 | 14 | 29 | 54 | 40 | 37 | 67 | 48 |
| <i>Брусника Vaccinium vitis-idaea</i> | | | | | | | | | | |
| Нарушенные участки, n = 88 | среднее | 100 | 1301 | 26 | 8 | 1,1 | 0,14 | 0,9 | 0,03 | 0,5 |
| | минимум | 34 | 229 | 13 | 2 | 0,1 | 0,03 | 0,1 | 0,01 | 0,02 |
| | максимум | 179 | 3491 | 47 | 25 | 7,2 | 0,5 | 5,2 | 0,19 | 3 |
| | коэффициент вариации, % | 35 | 46 | 24 | 75 | 99 | 79 | 124 | 93 | 119 |
| Фоновые участки, n = 122 | среднее | 77 | 1586 | 29 | 7 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,03 | 0,3 |
| | минимум | 50 | 701 | 21 | 2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,01 | 0,10 |
| | максимум | 129 | 2170 | 73 | 10 | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 0,06 | 1 |
| | коэффициент вариации, % | 21 | 18 | 30 | 21 | 21 | 32 | 22 | 43 | 39 |
| <i>Голубика Vaccinium uliginosum</i> | | | | | | | | | | |
| Нарушенные участки, n = 73 | среднее | 96 | 968 | 47 | 6 | 2,4 | 0,14 | 1,9 | 0,21 | 0,5 |
| | минимум | 13 | 168 | 31 | 3 | 0,5 | 0,07 | 0,2 | 0,03 | 0,2 |
| | максимум | 191 | 1690 | 79 | 21 | 5,2 | 0,3 | 5,3 | 0,47 | 0,5 |
| | коэффициент вариации, % | 38 | 28 | 17 | 50 | 48 | 28 | 66 | 48 | 49 |
| Фоновые участки, n = 46 | среднее | 92 | 1211 | 54 | 9 | 3,4 | 0,2 | 0,5 | 0,18 | 0,7 |
| | минимум | 50 | 700 | 38 | 7 | 0,8 | 0,1 | 0,2 | 0,15 | 0,26 |
| | максимум | 130 | 1780 | 75 | 12 | 6,0 | 0,2 | 0,8 | 0,50 | 1 |
| | коэффициент вариации, % | 25 | 27 | 22 | 19 | 48 | 19 | 28 | 28 | 31 |

Растения отличаются рядом преимуществ перед другими организмами. Их особое положение вызвано автотрофным питанием, способностью к фотосинтезу. Растения являются неотъемлемым компонентом любого ландшафта. Именно по характеру растительного покрова возможна надежная оценка интенсивности загрязнений и нарушений ландшафтов. Поселившись на определенной территории, растения не перемещаются в пространстве. Поэтому химический состав, процессы метаболизма, внешний облик, видовой состав и другие флористические и фитоценотические параметры отражают условия местообитаний и позволяют определить состояние абиотических компонентов и их изменение под влиянием техногенеза [4; 7; 8].

Растения обладают относительно высокой чувствительностью к воздействию поллютантов. Их можно использовать как индикаторы уровня и характера загрязнения, а также для проведения мониторинга атмосферного воздуха [2; 5]. Если растения способны накапливать достаточное количество загрязняющих веществ без изменения метаболических процессов и если эти вещества могут быть легко выявлены и идентифицированы, то такие виды растений можно использовать для определения общего количества поллютантов, накопленных ими за определенное время. Среди растений есть такие виды, у которых могут появляться явные симптомы воздействия, свидетельствующие о присутствии в воздухе одного или нескольких загрязняющих веществ [1]. Они могут проявлять и специфические признаки, что позволяет проводить количественные измерения уровня загрязнения.

В последние годы резко возросла актуальность экологических исследований в тундровой зоне [6]. В связи с активно ведущимся в ЯНАО освоением месторождений углеводородов ландшафты Севера подвергаются многостороннему воздействию, включающему загрязнение компонентов ландшафта и геомеханическое воздействие на почвы и растительность [3; 7].

Результаты многолетних исследований показывают, что наибольшей индикаторной значимостью для оценки интенсивности техногенной нагрузки на территории лицензионных

участков обладают химический состав растений и изменение структуры фитоценозов. В тундровых ландшафтах наиболее чувствительны к повышению уровня содержания поллютантов в окружающей среде лишайник *Cladonia alpestris* (L.) Rubh и багульник *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd.ex Steud. (табл. 1; 2). Карликовая березка *Betula nana* L., голубика *Vaccinium uliginosum* L., ива *Salix lanata* L. и брусника *Vaccinium vitis-idaea* L. характеризуются более стабильным химическим составом и реагируют преимущественно на сильное загрязнение почв. В долинах рек и на водоразделах, где встречаются лиственничные редины и редколесья, показательное использование корки лиственницы *Larix sibirica* Ledeb. Локальное загрязнение окружающей среды при проведении буровых работ отражается в повышенной аккумуляции Ba, Cu и Cd в *Cladonia alpestris*, Ba, Cd, As и Pb – в наземной массе кустарничков *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea* и *V. uliginosum*. Их аномальные концентрации в растениях установлены вблизи карьеров, кустов скважин, перекрестков дорог и указывают на преимущественно аэротехногенное поступление поллютантов.

Табл. 2

Статистические показатели содержания микроэлементов в лишайнике *Cladonia alpestris* нарушенных и фоновых участков, мг/кг сухого вещества

| | | Ba | Mn | Zn | Cu | Ni | Co | Pb | Cd | Cr | As | V |
|-----------------------------|-------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|------|
| Нарушенные участки, n = 228 | среднее | 11 | 85 | 18 | 7,4 | 2,5 | 0,3 | 2,0 | 0,09 | 2,2 | 0,2 | 0,8 |
| | минимум | 1 | 22 | 8 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,003 | 0,1 | 0,03 | 0,3 |
| | максимум | 55 | 269 | 141 | 25 | 24 | 2,0 | 6,2 | 0,45 | 20 | 1 | 7 |
| | коэффициент вариации, % | 78 | 56 | 65 | 126 | 153 | 83 | 67 | 85 | 157 | 84 | 135 |
| Фоновые участки, n = 67 | среднее | 7 | 70 | 19 | 4,8 | 0,7 | 0,1 | 1,0 | 0,06 | 0,3 | <0,1 | <0,3 |
| | минимум | 1 | 35 | 12 | 0,7 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 0,03 | 0,12 | <0,1 | <0,3 |
| | максимум | 10 | 130 | 26 | 10 | 2,1 | 0,4 | 2,0 | 0,10 | 1 | <0,1 | <0,3 |
| | коэффициент вариации, % | 28 | 33 | 18 | 63 | 36 | 38 | 48 | 35 | 35 | n/p | n/p |

Анализ пространственного распределения концентраций ТМ в растениях исследованных месторождений свидетельствует о четкой приуроченности аномальных значений к источникам загрязнения.

При обустройстве нефтегазовых месторождений происходит нарушение растительного покрова. Техногенная трансформация окружающей среды проявляется в изменении *видового состава и структуры растительных сообществ*. Смена коренных фитоценозов вторичными, соотношение их площадей и стадии восстановительных сукцессий свидетельствуют об интенсивности антропогенного влияния и степени нарушенности ландшафтов.

При слабом механическом воздействии первыми исчезают из сообщества кустарники *Betula nana*, *Salix glauca*, *S. lanata*.; затем кустарнички – *Empetrum subholarcticum*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, одновременно происходит оголение грунта, вызывающее оттаивание многолетней мерзлоты. На дренированных участках увеличивается количество луговых видов; преимущество имеют *Chamaerion angustifolium*, *Festuca ovina*, *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis holmii*, *C. langsdorffii*. Усиление роли этих видов в составе растительных группировок отражает начинающиеся процессы олуговения, а при нарастании ландшафтно-деструктивных воздействий и опустынивания участков тундры.

На слабодренированных почвах в результате растепления грунтов отмечается вторичное заболачивание с образованием вторичных пушицево-злаковых сообществ с преобладанием *Calamagrostis langsdorffii*, *Carex stans*, *Eriophorum polystachyon*, *E. medium* и др., развитие других экзогенных геологических процессов.

1. Алексеева-Попова Н. В. Клеточно-молекулярные механизмы металлоустойчивости растений // Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов. Л., 1991. С. 5-15.
2. Жиров В. К., Голубева Е. И., Говорова А. Ф., Хаитбаев А. Х. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере / отв. ред. Е.Е. Кислых. М. : Наука, 2007. С. 10-12.
3. Кукушкин С. Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири: автореферат дис. ... уч. степ. канд. геогр. наук. СПб. 2017. 25 с.
4. Лянгузова И. В. Толерантность компонентов лесных экосистем севера России к аэротехногенному загрязнению: автореферат дис. ... уч. степ. докт. биол. наук. СПб. 2010. 39 с.

5. Никонов В. В., Лукина Н. В., Безель В.С. и др. Рассеянные элементы в бореальных лесах / отв. ред. А.С. Исаев. М., 2004. 616 с.
6. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г., Кукушкин С. Ю., Ганул А. Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2012. Вып. 4. С. 86-100.
7. Опекунова М. Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: дис. ...док. геогр. наук. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. ун-т. 2013. 36 с.
8. Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М., 2002. 191 с.

УДК631.4(571.12)

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ ТОБОЛЬСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ*

А. Ю. Токарева, Е. И. Попова, И. А. Уткина

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск

Статья посвящена изучению морфологических и химических характеристик почв Тобольского района Тюменской области. В рамках данной работы были подобраны 11 участков лесной растительности с различным геоботаническими характеристиками, расположенные к северо-востоку от г. Тобольска. Исследованные почвы принадлежат к типам – дерновоподзолистые и подзолистые, подтипу – типичные, род – обычные. По степени засоления относятся к незасоленным почвам.

Ключевые слова: почва, почвенный профиль, солевой состав.

MORPHOLOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS OF THE TOBOLSK DISTRICT OF THE TYUMEN REGION

A. Yu. Tokareva, E. I. Popova, I. A. Utkina

Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk

The article is devoted to the study of morphological and chemical characteristic soils of the Tobolsk district of the Tyumen region. In this work, was reviewed on 11 sections of forest vegetation with different geobotanical characteristics, located to the North-East of the city of Tobolsk. The studied soil belongs to the type – demopolis and podzolic soils, the subtype – typical, ordinary. Degree of salinity non-saline soils. The reaction medium is slightly acidic salt extract.

Key words: soil, soil profile, salt composition.

Тобольск – один из крупных городов Тюменской области, его развитая инфраструктура и техногенез может оказывать значительное влияние на состояние всех компонентов природной среды – почву, воду, воздух и т.д. Почва как депонирующий компонент среды отражает длительность и интенсивность поступления и накопления загрязняющих веществ. Почвы города и Тобольского района изучены слабо [1, 2].

Город размещён в южной тайге, почти у границы подтаёжной подзоны, в месте слияния двух крупных рек —Тобола и Иртыша. Зона южной тайги Западной Сибири входит в состав Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной почвенно-биоклиматической области, подзоны дерновоподзолистых почв южной тайги, в пределах которой выделяется как Западно-Сибирская южнотаежная провинция [3].

Целью исследования является определение морфологических и химических характеристик почв Тобольского района Тюменской области.

Материал и методы исследования. В рамках данной работы были подобраны 11 участков лесной растительности 10x10 метров с различными геоботаническими характеристиками, расположенных к северо-востоку от города (табл. 1). На каждом участке заложены почвенные разрезы глубиной 120 см для описания профиля почвы и отобраны не менее одной объединенной пробы с каждого горизонта для определения химических показателей. Отбор проб образцов почв и процедура пробоподготовки для количественного химического анализа выполнены в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84.

* Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0018 «Анализ состояния фитоценозов Западной Сибири в современных антропогенных условиях».