

**XXVIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ БИОС-ФОРУМ И  
МОЛОДЕЖНАЯ БИОС-ОЛИМПИАДА 2023  
Сборник материалов**

**XXVIII INTERNATIONAL BIOS -FORUM AND  
YOUTH BIOS-OLYMPIAD 2023  
Collection of materials**

**Типография «Любавич»  
Санкт-Петербург  
2023**

**Сборник материалов XXVIII Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2023** / ред. И.А. Шишкин И.В. Антонов, А.И. Кушнеров. – СПб.: СПбГУПТД, «Любавич». – 2023. – 442 с.

В настоящий сборник вошли материалы XXVIII Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2023. Материалы сборника отражают инновационные результаты исследований и разработки в области охраны окружающей среды, устойчивого развития, био-культуры, «зеленой экономики», экологических оценок состояния окружающей среды, охраны флоры и фауны, медицинских и социальных аспектов экологии и человека. Ответственность за содержание и достоверность информации несут авторы.

Сборник материалов издан при поддержке Фонда президентских грантов, Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, АО «ГРУППА «ИЛИМ» и Межрегиональной общественной организации «Экологический клуб аспирантов, студентов и школьников Балтийско-Ладожского региона», а так же рекомендован для профессорско-преподавательского состава университетов, научных, исследовательских и общеобразовательных организаций, центров дополнительного образования, молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников, а также всех тех, кто на практике реализует международное сотрудничество и государственную экологическую политику в области Евразийского сотрудничества по проблемам науки, образования и исследований био-о окружающей среды, техносферной безопасности и биокультуры.

This collection includes the materials of the XXVIII International BIOS-forum, the Youth Bios-olympiad 2023. The materials of the collection reflect the innovative results of research and development in the field of environmental protection, sustainable development, bio-culture, "green economy", environmental assessments of the state of the environment, protection of flora and fauna, medical and social aspects of ecology and man. The authors are responsible for the content and accuracy of the information.

The collection of materials supported through a grant from the Presidential Grants Fund Higher school of technology and energy St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, ILIM GROUP and Interregional public organization «Ecological club of post-graduates, students and schoolchildren of the Baltic-Ladoga region», as well as recommended for the teaching staff of universities, scientific, research and educational institutions, centers of additional education, young scientists, postgraduates, students and pupils and all those involved in the practical application of international cooperation state environmental policy of Eurasian cooperation on science, education and research of the bio-environment, technosphere safety and bioculture.

### Библиографический список:

1. Атлас дикорастущих растений Ленинградской области. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010, 464 с.
2. Биологические и лесоведческие особенности сосны обыкновенной [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://geolike.ru/page/gl\\_79.htm](http://geolike.ru/page/gl_79.htm).
3. Боголюбов А.С. Методика геоботанических описаний. - М.: Экосистема, 1996. 45 с.
4. Иллюстрированный определитель растений Карельского перешейка /Под ред. А.Л. Буданцева и Г.П. Яковлева. - СПб.: СпецЛит, Издательство СПХФА, 2000, 585 с.
5. Лесные почвы [электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://klh.mosreg.ru/deyatelnost/lesnaya-enciklopediya/o-lese/lesnye-pochvy>.
6. Сосновые леса - Лесная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forestgeoman.ru/forest/item/f00/s02/e0002659/index.shtml>

### GEOBOTANICAL DESCRIPTION OF PINE FOREST IN THE SURROUNDINGS THE CITY OF KINGISEPPA ON THE EXAMPLE OF SIX AREAS

Y.A. Lelekova, V. Chernova\*

DTO «Ecology», MBUDO «Center for Creative Developmen»  
188480, Russia, Leningrad region, Kingisepp, st. Zheleznodoroshnaya, 8  
E-mail: \*tamara.v.chernova@yandex.ru

**Abstract.** *The article presents the results of a survey of pine forests. As part of geobotanical work on the study of pine forest sites in the vicinity of Kingisepp, geobotanical descriptions of six pine phytocenoses were compiled, their layered structure was revealed, lists of species were compiled taking into account: height, occurrence, phenophase, abundance and projective cover of plants, soil profiles were described. The relationship between the nature of soils and plant phytocenosis was revealed, the coefficient of community of plant communities was assessed, and the ecological and biological characteristics of representatives of the herb-shrub layer were given. Particular attention was paid to the active influence of tourists and vacationers visiting the suburban forest, which exert a negative anthropogenic load.*

**Keywords:** *phytocenosis, layered structure, recreation, anthropogenic load, Jaccard coefficient, life forms, ecological groups, dominants, subdominants.*

УДК 632.08  
ГРНТИ 68.05.45

### ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПИГМЕНТОВ $\beta$ -КАРОТИНА, ХЛОРОФИЛЛА-а И ХЛОРОФИЛЛА-б ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВСА ПОСЕВНОГО AVENA SATIVA L. НА ПОЧВАХ, СОДЕРЖАЩИХ РАЗНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.В. Медведева<sup>1</sup>, Л. В. Бубнова<sup>1</sup>, А.Р. Никулина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МБОУ СОШ № 19

664033, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 279

<sup>2</sup>СПбГУ

199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9

**Аннотация.** *В статье рассматривается влияние загрязнения почв разными концентрациями тяжелых металлов на содержания пигментов в овсе посевном *Avena sativa* L. Растительный и почвенный покров являются индикаторами общего экологического состояния территории. Изменение различных показателей почв и растительности влияют на состояние экосистем. Восстановление почвенного покрова методами фиторемедиации напрямую связано с обеспечением соблюдения целей устойчивого развития. Почвы способны аккумулировать в гумусовом горизонте токсичные вещества. Изучение устойчивости*

таких соединений, их распределения по горизонтам в зависимости от типа почв, транслокации в системе почва-растение во многом определяют экологическую составляющую производимой сельскохозяйственной продукции.

**Ключевые слова:** Тяжёлые металлы (ТМ), биоиндикация, пигменты, хлорофилл, каротиноиды, спектрофотометрия.

Токсичное действие металлов проявляется в угнетении роста надземной части растений, хотя и в меньшей степени, чем корней. Отдельно необходимо отметить действие тяжелых металлов на рост листьев, поскольку лист является основным специализированным органом фотосинтеза. Поскольку растения являются одним из важнейших звеньев биогеоценозов, фитотоксичность почвы изучали с использованием семян овса посевного *Avena sativa* L. Выбор объектов был обусловлен хорошей всхожестью при различных условиях выращивания, высокой скоростью прорастания.

Оборудование и материалы: семена растений; химическая посуда и емкости для выращивания растений, эппендорфы; планшет регистрации данных «LabQuest 2»; аналитические весы OHAUS Analytical Plus (OHAUS, Швейцария),

Исследования проводились на базе МБОУ г. Иркутска СОШ №19 и центра коллективного пользования ФГБУН Лимнологического института СО РАН, ультразвуковая ванна (УЗВ) Ферропласт (ООО "Ферропласт Медика", Россия), двухлучевой спектрофотометр Cintra 20 (GBC Scientific Equipment Ltd., Австралия, 2006 г.) с монохроматором Черни-Тернера.

#### **Подготовка проб для анализа.**

Для проведения исследования были выбрали соли тяжёлых металлов для внесения в почву:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ . Соли вносились в почву в концентрациях для достижения вносимых концентраций ТМ на уровне 0,5X и 1,5X, где X – концентрация ТМ в первом эксперименте (табл. 1). Соль ТМ полностью размешивали в 100 г дистиллированной воды, после чего вливали в 100 г почвы и перемешивали до однородного состояния, затем полученную смесь поровну (по 100 г) распределяли в два контейнера. По истечении пяти дней производилась высадка в почву кресс-салата и овса. Все емкости помещали в одинаковые условия. Через 20 суток были проанализированы морфологические параметры растений. Пробы овса посевного *Avena sativa* готовили следующим образом [4]. Надземную часть обрезали ножницами, удаляли остатки земли. Биомассу взвешивали на аналитических весах OHAUS Analytical Plus (OHAUS, Швейцария) с точностью до 0.00001 г. Побеги резали ножницами на части длиной не более 3 мм, помещали в фарфоровую ступку и тщательно перетирали. От перетертой биомассы брали отдельные навески для оценки влажности побегов (n=2), а также отдельные навески для количественного определения пигментов (n=2–4).

Оценка влажности проб.

Расчет доли сухого вещества и доли воды в биомассе проводили гравиметрически. Для этого навески влажной биомассы помещали на предварительно взвешенные конвертики из алюминиевой фольги. Взвешивали массу фольги вместе с пробой. Пробы высушивали при 50°C в сушильном шкафу в течение 24 ч до постоянного веса. Взвешивали повторно. Расчетным путем вычисляли массу влажной и сухой биомассы, а также массу воды в пробах. Результаты заносили в таблицу.

Экстракция пигментов.

Отдельные навески влажной биомассы помещали в предварительно взвешенные пробирки для центрифугирования типа Eppendorf вместимостью 1.5 мл конической формы. Взвешивали. Путем вычитания оценивали массу влажной навески и путем пересчета, зная влажность проб, определяли массу сухого вещества в каждой навеске. Все результаты содержания пигментов в пробах приводили из расчета на 1 г сухой массы пробы. Результаты заносили в таблицу. К пробам механическим дозатором добавляли ацетон (х.ч., ООО "Экос-

1", Россия) в количестве 600 мкл. Пробирки закрывали и пигменты экстрагировали в ультразвуковой ванне (УЗВ) Ферропласт (ООО "Ферропласт Медика", Россия) при частоте 40 ГГц в течение 3 мин. Полученные экстракты изумрудно-зеленого цвета центрифугировали на микроцентрифуге MiniSpin при скорости 13400 об./мин.

Надосадочную жидкость отбирали механическим дозатором и помещали в отдельные эппендорфы. Экстракцию в УЗВ проводили повторно 600 мкл ацетона х 3 мин. Центрифугировали. Отбирали экстракты дозатором и объединяли их с первой партией экстрактов. Объединенные экстракты центрифугировали при скорости 13400 об./мин. Отбирали надосадочный слой жидкости (супернатант) аналитическим микрошприцом вместимостью 2500 мкл, переносили в стеклянные флаконы и разбавляли полученные экстракты до объема 3–37.5 мл ацетоном в зависимости от концентрации пигментов в экстрактах. Объемы проб приведены в таблице.

Предварительную концентрацию определяли ориентировочно на глаз из расчета, что оптическая плотность сигнала А в конечной пробе не должна превышать значения 3.0 оптических единицы (опт. ед.) и не должна быть слишком низкой (не менее 0.05 опт. ед.). Полученные экстракты помещали в кюветы из кварцевого стекла КУ-1 с толщиной поглощающего слоя 10.0 мм и анализировали методом спектрофотометрии. Для анализа использовали только согласованные пары кювет.

Сканирование спектра.

Для анализа использовали двухлучевой спектрофотометр Cintra 20 (GBC Scientific Equipment Ltd., Австралия, 2006 г.) с монохроматором Черни-Тернера, голографической лазерной решеткой и фотоэлектронным умножителем в качестве детектора. Спектры поглощения снимали в видимой области спектра от 400.00±0.01 нм до 750.00±0.01 нм. Фотометрическая воспроизводимость в диапазоне 0.0–0.5 А составляет 0.00006 А. Колебания базовой линии по всему спектральному диапазону менее 0.0013 А. Рассеяние света < 0.0001% Т при 220 нм (по раствору NaI 10 г/л). Сканирование проводили при скорости 250 нм/мин и размере шага 0.107 нм. При оценке интенсивность поглощения на фиксированной длине волны  $\lambda_{max}$  = 651.5 нм время интегрирования составляло 2 с.

Количественный спектрофотометрический анализ.

Количественный анализ пигментов  $\beta$ -каротина, хлорофилла-а и хлорофилла-в осуществляли путем измерения оптической плотности при заданных длинах волн  $\lambda$  = 440, 644, 662, 720 нм. Предварительно снимали сигналы базовой линии (холостая проба). Для этого обе кюветы заполняли ацетоном (х.ч., ООО "Экос-1", Россия). Снимали значения оптической плотности на указанных длинах волн. Аналитический сигнал (оптическая плотность, А, опт. ед.) измеряли трижды в короткий промежуток времени ( $\leq 20$  с), оценивали Аср., и вычитали из него значение оптической плотности, полученное для базовой линии (Абаз.). После этого снимали спектры и проводили измерения аналитического сигнала для каждого из анализируемых экстрактов. Результаты измерения значений оптических плотностей представлены в таблице.

Содержание пигментов в пробах вычисляли по формулам:

$$C_a = [(9.784 \cdot A_{662 \text{ нм}} - 0.990 \cdot A_{644 \text{ нм}}) \cdot V] / [1000 \cdot m_{\text{сух. пробы}}] \quad (1),$$

$$C_b = [(21.426 \cdot A_{644 \text{ нм}} - 4.650 \cdot A_{662 \text{ нм}}) \cdot V] / [1000 \cdot m_{\text{сух. пробы}}] \quad (2),$$

$$C_k = [(4.695 \cdot A_{440 \text{ нм}} - 0.268 \cdot C_{a+b}) \cdot V] / [1000 \cdot m_{\text{сух. пробы}}] \quad (3),$$

где  $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_k$ , – концентрации (мг/г сухой массы пробы) хлорофилла-а, хлорофилла-в и каротиноидов соответственно; А – значение оптической плотности при заданной длине волны; V – объем экстракта пробы, мл.

Результаты и их обсуждение.

Проведен спектрофотометрический анализ экстрактов проб овса посевного. Проведена оценка содержания основных пигментов овса (хлорофилл-а, хлорофилл-б, каротиноиды), который не подвергался воздействию высоких концентраций (0.5 ПДК и 1.5 ПДК) тяжелых металлов и который был подвержен токсическому воздействию. В качестве металлов были взяты соли железа (Fe, M=55.85 г/моль), никеля (Ni, M=58.69 г/моль), меди (Cu, M=63.55

г/моль) и молибдена (Mo, M=95.94 г/моль). В таблице (табл. 1) представлены средние значения полученных результатов.

Таблица 1

№ п./п.	Проба	Содержание пигментов, мг/г сухой массы		
		Хлорофилл-а	Хлорофилл-б	Каротиноиды
1	Контроль	5,5780	1,9129	1,8972
2	Mo 0,5X перв.	1,2378	0,2484	0,6179
3	Mo 0,5X втор.	—	—	—
4	Mo 1,5X перв.	1,2810	0,4686	1,1945
5	Mo 1,5X втор.	1,1230	0,5271	1,3586
6	Ni 0,5X перв.	6,850934	3,007885	2,425942
7	Ni 0,5X втор.	4,8837	2,0087	2,5111
8	Ni 1,5X перв.	7,392873	3,221651	2,549505
9	Ni 1,5X втор.	2,935327	1,079434	1,223697
10	Cu 0,5X перв.	7,5570	3,1600	2,3973
11	Cu 0,5X втор.	7,2231	3,0053	2,2928
12	Cu 1,5X перв.	6,9583	2,7882	2,0418
13	Cu 1,5X втор.	5,8122	2,2621	1,6836
14	Fe 0,5X перв.	6,390948	2,706956	2,071482
15	Fe 0,5X втор.	8,747096	3,408288	2,546081
16	Fe 1,5X перв.	8,648766	3,458357	2,507972
17	Fe 1,5X втор.	6,655526	2,782838	2,133014

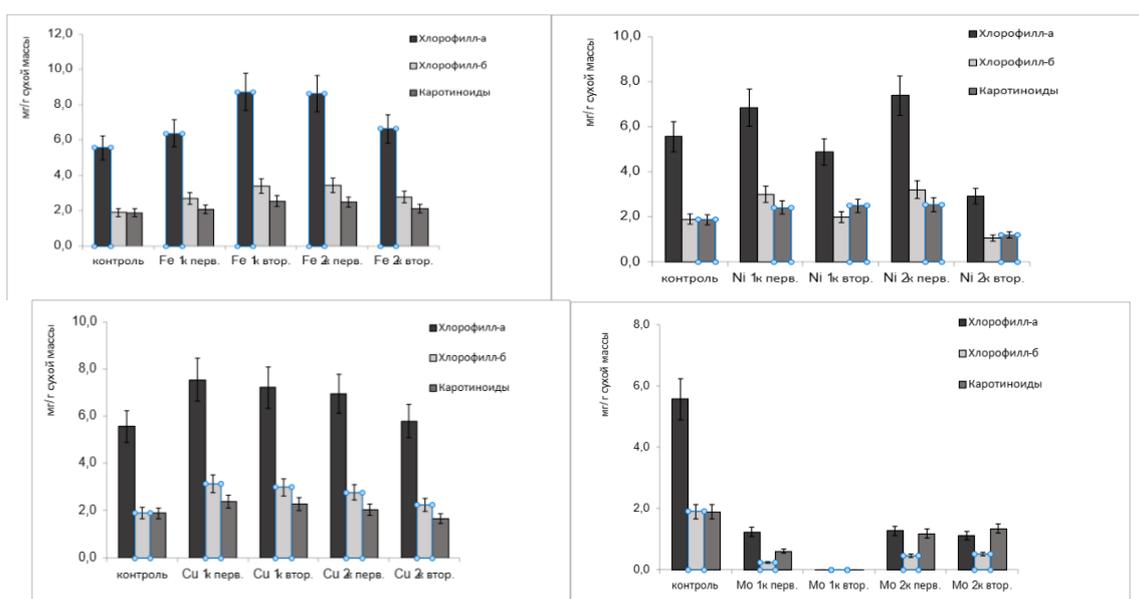


Рис. 1-4. Количество хлорофилла-а, хлорофилла-б и каротиноидов (мг/г) в сухой массе овса посевного *Avena sativa*, при выращивании на почве с внесением тяжёлых металлов

На рисунках 1-4 представлены изменения содержаний указанных пигментов в пробах, подверженных воздействию металлов в сравнении с контрольной пробой. Изучено воздействие двух концентраций каждого из металлов в почве (0.5 ПДК – сокращенно 1к и 1.5 ПДК – сокращенно 2к). Также проведено изучение воздействия загрязненной почвы при повторном высеве овса посевного. Первичный и вторичный высевы на рисунках отмечены «перв.» и «втор.» обозначениями соответственно.

Из представленных диаграмм (рис. 1–4) очевидно, что в большинстве случаев при загрязнении почв тяжелыми металлами возрастает содержание пигментов. Так в случае загрязнения железом отмечено возрастание содержаний хлорофилла-а (Са) и хлорофилла-в (Сб). В случае загрязнения никелем отмечено возрастание содержаний хлорофилла-а, хлорофилла-в и каротиноидов (Ск). Интересно отметить, что возрастание Са и Сб не характерно для проб, вторично посеянных на почве, загрязненной никелем. При загрязнении почвы медью и молибденом отмечено схожее увеличение Са и Сб [1].

Отмечено, что в случае обеих концентраций (0.5 ПДК и 1.5 ПДК) молибден оказывает наиболее сильное влияние на содержание пигментов по сравнению с другими металлами. Так содержание хлорофилла-а возрастает в 1.6 раза, содержание хлорофилла-в в 1.8 раза и каротиноидов – в 1.4 раза.

Также была проведена оценка биомассы наземной части растений. Данные представлены в таблице. Во всех случаях загрязнения тяжелыми металлами отмечено значительное снижение прироста наземной части растений. Так биомасса наземной части растения снижается примерно в 3 раза в случае загрязнения молибденом и медью, и примерно в 5 раз в случае загрязнения никелем и железом (расчет проведен по среднему значению для всех четырех случаев для каждого металла).

Увеличение доли пигментов в тканях может быть связано с их антиокислительными свойствами, поскольку тяжелые металлы могут вызывать окислительный стресс организма [2]. Увеличение доли пигментов является защитной реакцией организма в ответ на воздействие негативного фактора.

#### Библиографический список:

1. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов / Г. Бриттон. – Москва: Мир, 1986. – 422 с.
2. Карпухина О.В. Исследование металл-индуцированного окислительного стресса у одноклеточных организмов / О.В. Карпухина, К.З. Гумаргалиева, А.Н. Иноземцев // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11(4). – С. 671–674.
3. Никонова А.А. Неспецифическая адаптационная реакция байкальского фитопланктона в ответ на антропогенную нагрузку / А.А. Никонова, С.С. Воробьева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2022. – № 26(5). – С. 467–476.
4. Физиология растений: лабораторный практикум для студ. биол. фак-та / А.П. Кудряшов, Т.И. Дитченко, О.В. Молчан [и др.]. – Минск: БГУ, 2011. – 76 с.

#### STUDY OF THE EFFECT OF SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS ON PIGMENT CONTENT IN OAT AVENA SATIVA L.

A.V. Medvedeva<sup>1\*</sup>, L. V. Bubnova<sup>1</sup>, A.R. Nikulina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MBOU SOSH No. 19

664033, Russia, Irkutsk, Lermontov str., 279

<sup>2</sup> St. Petersburg State University

199034, Russia, Saint Petersburg, Universitetskaya embankment, 7-9

E-mail: \*nastyr.2006.4@mail.ru

**Abstract.** *The article studies the effect of soil contamination with different concentrations of heavy metals on pigment content in oats Avena sativa L. Vegetation and soil cover are indicators of the general ecological state of the territory. Changes in various indicators of soil and vegetation affect the state of ecosystems. Restoration of soil cover by methods of phyto-mediation is directly connected with provision of observation of sustainable development goals. Soils can accumulate toxic substances in the humus horizon, including at the expense of complexation processes. The study of stability of such compounds, their distribution over horizons depending on soil type, translocation in the soil-plant system largely determine the ecological component of agricultural production.*

**Keywords.** *Heavy metals (TM), bioindication, pigments, chlorophyll, carotenoids, spectrophotometry.*