

Научная статья

УДК 574.21

<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2023-1-80-84>

EDN MOLVCJ

Перспективы применения дикорастущих растений Астраханской области при фитотестировании и фиторемедиации нефтесоленных почв

Валентина Павловна Менделева[✉], Ирина Владимировна Волкова

Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, cherepaha.lokwood77@gmail.com[✉]

Аннотация. Рассматривается проблема засоленных почв Астраханской области, загрязненных тяжелыми металлами в результате разливов нефтепродуктов. Выявлено, что наиболее перспективными растениями в фитотестировании и восстановлении почв являются галофитные сообщества: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*, *Scrophulariaceae*, *Liliaceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae*. Большинство данных семейств являются типичными для флоры Астраханской области. Наибольшее число видов галофитов содержится в семействе *Asteraceae* (15,10 %). Галофиты широко распространены на территории Астраханской области. Виды рода полынь (*Artemisia* L.) встречаются на почвах с различной засоленностью. Это позволяет использовать их в экологическом мониторинге для оценки содержания тяжелых металлов в засоленных почвах. Рассмотрено накопление хрома, железа, меди, кадмия и цинка в органах растений рода *Artemisia* Астраханской области. Выявлено, что род *Artemisia* представляет большой интерес как группа растений-аккумуляторов тяжелых металлов, которая может применяться при фиторемедиации загрязненных соленых почв, куда данные металлы поступают с нефтепродуктами. Кроме того, широкое распространение, устойчивость к высоким температурам, высокая ксерофильность позволяет рассматривать виды рода *Artemisia* как объекты для биомониторинга с целью оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами с различной степенью засоления. Виды рода *Artemisia* широко представлены на территории Астраханской области. Вторичным эффектом использования некоторых видов галофитов является их непосредственное участие в мероприятиях по борьбе с опустыниванием земель.

Ключевые слова: фитотестирование, фитотесты, фиторемедиация, тяжелые металлы, галофиты

Для цитирования: Менделева В. П., Волкова И. В. Перспективы применения дикорастущих растений Астраханской области при фитотестировании и фиторемедиации нефтесоленных почв // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2023. № 1. С. 80–84. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2023-1-80-84>. EDN MOLVCJ

Original article

Prospects for using wild plants of Astrakhan region in phytotesting and phytoremediation of oil-saline soils

Valentina P. Mendeleva[✉], Irina V. Volkova

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, cherepaha.lokwood77@gmail.com[✉]

Abstract. The article highlights the problem of saline soils of the Astrakhan region which are contaminated with heavy metals due to oil spills. It has been found that the most promising plants in phytotesting and soil restoration are halophyte communities: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*, *Scrophulariaceae*, *Liliaceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae*. Most of the families are typical for the flora of the Astrakhan region. The largest number of halophyte species is found in the *Asteraceae* family (15.10%). Halophytes are widespread in the Astrakhan region. Species of wormwood (*Artemisia* L.) are found on the soils with varying salinity. This fact allows to use them in environmental monitoring and to assess the content of heavy metals in saline soils. Accumulation of chromium, iron, copper, cadmium and zinc in the organs of *Artemisia* species in the Astrakhan region is considered. It has been stated that *Artemisia* is very important

as a group of heavy metal accumulator plants. *Artemisia* species can be used in phytoremediation of contaminated saline soils, where these metals come with oil products. Besides, the wide distribution, resistance to high temperatures, and high xerophilicity make it possible to consider *Artemisia* species as objects for biomonitoring for assessing the degree of soil contamination with heavy metals with varying degrees of salinity. *Artemisia* species are widely represented in the Astrakhan region. A secondary effect of using some types of halophytes is their direct participation in combatting land desertification.

Keywords: phytotesting, phytotests, phytoremediation, heavy metals, halophytes

For citation: Mendeleva V. P., Volkova I. V. Prospects for using wild plants of Astrakhan region in phytotesting and phytoremediation of oil-saline soils. *Oil and Gas Technologies and Environmental Safety*. 2023;1:80-84. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2023-1-80-84>. EDN MOLVCJ.

Введение

В настоящее время технологии добычи и транспортировки углеводородного сырья на нефтегазовых предприятиях постоянно совершенствуются, но загрязнение природной среды нефтепродуктами и содержащимися в них солями тяжелых металлов все еще остается открытым экологическим вопросом во многих нефтедобывающих странах.

В отличие от углеводородов, тяжелые металлы в составе добываемой смеси не подвергаются процессам разложения, а лишь перераспределяются между отдельными компонентами окружающей природной среды [1].

Тяжелые металлы нефтяного происхождения попадают в окружающую среду в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти.

Основными факторами отрицательного воздействия нефтяного загрязнения на биологические объекты является интегральное токсическое действие углеводородов, солей тяжелых металлов на физико-химические свойства почвы. Кроме того, в загрязненных почвах уменьшается доступность для растений питательных элементов, что сказывается на всхожести и развитии растений [2].

Наряду с методами по очистке и оценке почв важнейшим направлением является разработка и применение способов обнаружения загрязнения природных объектов тяжелыми металлами, качественной и количественной оценки степени загрязнения с применением фитотестов.

С этой целью, наряду с химическим анализом загрязнителей, широко используются методы фитотестирования [3]. В данном методе выделяют два способа:

– определение токсичности почв путем проращивания семян высших растений непосредственно в почве;

– определение токсичности водных вытяжек из почв по их влиянию на различные показатели прорастания семян высших растений.

Во многих научных работах исследователями было показано, что результаты фитотестирования, полученные первым и вторым из вышеописанных способов, существенно различаются [3].

Кроме того, исследователи склоняются к использованию при биотестировании одновременно нескольких видов фитотестов разных семейств [3].

Одним из важных признаков растений, подходя-

щих для фитотестирования и фиторемедиации загрязненных почв, является их солеустойчивость, или галофитные свойства. Растения, обладающие такими признаками, имеют важное практическое значение, поскольку галофиты представляют узкоспециализированную экологическую группу, указывают на взаимосвязь между природой растений и окружающей среды [4].

Все галофиты, обитающие в условиях засоленной почвы, должны быть адаптированы к лимитирующим условиям внешней среды, прежде всего к недостатку влаги в связи с осмотическим и токсическим действиями солей на организм и климатом среды обитания [4].

Можно выделить 15 ведущих семейств во флоре галофитов России по содержанию наибольшего количества галофитных видов в своем составе.

Спектр ведущих семейств, содержащих наибольшее количество видов галофитных растений, образуют *Asteraceae*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*, *Scrophulariaceae*, *Liliaceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae*. Они охватывают более половины всех видов флоры галофитов России [4]. Большинство данных семейств являются типичными для флоры Астраханской области.

Наибольшее число галофитов содержится в семействе *Asteraceae*, составляющем 15,10 % по сравнению с другими семействами растений. *Asteraceae* широко распространены и на территории Астраханской области.

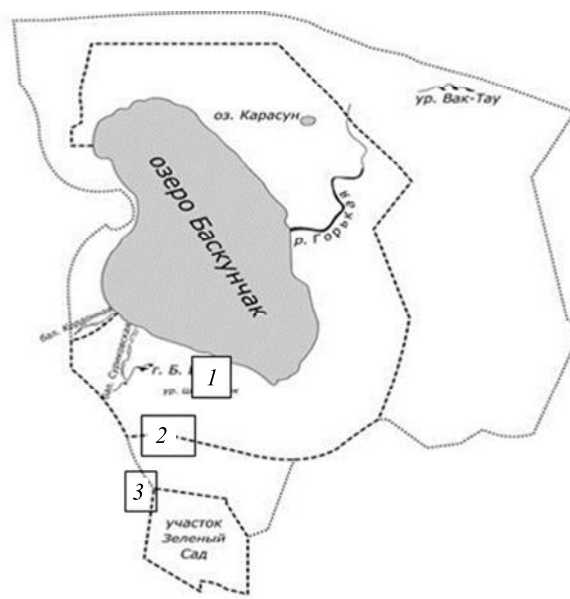
Семейство *Asteraceae* объединяет растительные сообщества, произрастающие на территориях от слабо- до сильнозасоленных почв со средними условиями увлажнения. [2]. Особенный интерес представляет применение аборигенных галофитных сообществ в фитотестировании и фиторемедиации почв.

В этой связи возникает необходимость изучения комплексного воздействия микроэлементов на органы растений, произрастающих на засоленных типах почв. Это нужно для выявления новых фитотестов, которые в дальнейшем будут использованы в фитотестировании и фиторемедиации загрязненных почв.

Виды рода полынь (*Artemisia* L.) встречаются на почвах с различной засоленностью. Например,

полынь солянковидная (*Artemisia sect. salsoloides* T. G. Leonova) произрастает на солончаках (рис.), что позволяет использовать ее в экологическом

мониторинге для оценки содержания тяжелых металлов в почве.



Точки отбора проб рода *Artemisia*: 1 – восточный склон г. Большое Богдо; 2 – юго-восточный склон г. Большое Богдо; 3 – южный склон г. Большое Богдо

Sampling points of *Artemisia* species: 1 – eastern slope of Mt. Bolshoe Bogdo; 2 – southeastern slope of Mt. Bolshoe Bogdo; 3 – southern slope of Mt. Bolshoe Bogdo

Виды рода *Artemisia* широко представлены на территории Астраханской области. Данное обстоятельство позволяет использовать эти виды без интродукции их в новое место обитания. В то же время галофитные ценозы являются индикаторами почвенного, химического состава и глубины залегания грунтовых вод. Изучение механизмов и последствий влияния тяжелых металлов на растительность и транслокацию в них микроэлементов важно не только для экосистем, но и для человека, т. к. некоторые виды полыни являются лекарственными.

Выявление видов растений, адекватно отражающих уровень загрязнения среды и особенности аккумуляции ими тяжелых металлов, представляет большой практический интерес.

В связи с вышеизложенным целью данной работы являлось изучение миграции и накопления тяжелых металлов в органах растений рода *Artemisia*, произрастающих на засоленных почвах Астраханской области

Материалы и методы

Сбор представителей рода полыни (*Artemisia*) проводили согласно требованиям по заготовке: в сухую солнечную погоду, срезая секатором на расстоянии 30–40 см от верхушки растения [2].

Анализ образцов растительного сырья *Artemisia*

на содержание тяжелых металлов проводили на атомно-абсорбционном спектрометре С-115-М1. Каждое определение проводили троекратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали в программе Microsoft Excel.

Для проведения исследования были собраны 3 вида полыни представителей 3 секций [5, 6]:

1. Секция *Campestris* Korobkov: *Artemisia marshalliana* Spreng.

2. Секция *Seriphidium* Bess.: *Artemisia semiarida* (Krasch. & Lavrenko) Filatova.

3. Секция *Absinthium* (Lam.) DC: *Artemisia austriaca* Jacq. (см. рис.).

Засоление почвы определялось согласно классификации Н. И. Базилевич и Е. Н. Панковой [7].

Отбор проб почвы проводился по ГОСТ 17.4.4.02-84.

Результаты исследования

Из полученных результатов установлено, что листья *A. marshalliana* (секция *Campestris* Korobkov) и *A. austriaca* (секция *Absinthium* (Lam.) DC) обладают более высокой способностью аккумулировать тяжелые металлы из почвы, чем стебли. Это позволяет предположить, что существуют механизмы извлечения и накопления микроэлементов независимо от надвидовых отличий.

A. semiarida накапливает большее количество исследуемых микроэлементов в своих стеблях, чем в листьях. В данном случае отмечено внутривидовое отличие внутри секции *Seriphidium* Bess.

Для *A. semiarida* выявлена самая высокая аккумуляция железа, меди, цинка, кадмия среди изучаемых видов рода *Artemisia*. Полынь полусухая представляет интерес как растение-аккумулятор тяжелых металлов и может применяться в экологическом мониторинге, а также при фиторемедиации загрязненных засоленных почв. Высокие показатели железа, цинка, меди, кадмия в исследуемых органах представителей рода *Artemisia* связаны с химическими свойствами данных металлов. Амфотерные и ярко выраженные восстановительные свойства металлов позволяют им участвовать в кислотно-основных взаимодействиях в зависимости от свойств растворителя. Это позволяет таким микроэлементам, как железо, цинк, медь и кадмий, больше накапливаться из почв разного типа засоления в растения, по сравнению с другими микроэлементами.

Заключение

Расширение данных об устойчивости фитотестов к накоплению микроэлементов на засоленных почвах позволит внедрить новые методы в практику почвенно-экологического мониторинга, мероприятия по обеспечению экологической безопасности и оценки наличия тяжелых металлов в почвах и растениях, а также служить основой для прогнозирования и регулирования качества почв.

Выявлено, что характерной чертой растений рода *Artemisia* является их способность накапливать тяжелые металлы в больших количествах в своих органах.

Выявлено, что два вида – *A. austriaca* и *A. marshalliana* – накапливают больше микроэлементов в листьях, чем в стеблях, в то время как у *Artemisia semiarida* основное депо тяжелых металлов находится в стеблях.

Наиболее высокие значения исследуемых тяжелых металлов среди всех изученных видов полыни отмечены у *Artemisia semiarida*. Гипераккумуляиро-

вание у этого вида происходит в стебле. Однако при разработке методов фиторемедиации и определения степени загрязнения почв растениями наибольший интерес представляют не только стебли, но листья.

Таким образом, растения рода *Artemisia* представляют большой интерес как растения-аккумуляторы тяжелых металлов и могут применяться при фиторемедиации загрязненных засоленных почв в результате нефтяных разливов. Кроме того, широкое распространение, устойчивость к высоким температурам, высокая ксерофильность позволяют рассматривать виды рода *Artemisia* как объекты для биомониторинга с целью оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами с различной степенью засоления.

Следует отметить, что основные тенденции дальнейшего развития фитотестирования в основном подразумевают расширение круга тестируемых растений. С использованием биотестов на основе растений исследуют широкий круг различных токсикантов и их сочетаний для оценки их комбинированного действия.

Одним из важных преимуществ применения галофитов в оценке степени загрязнения почв тяжелыми металлами нефтяного происхождения является то, что данные виды возможно использовать в мероприятиях по борьбе с опустыниванием.

Для закрепления песков эффективны растения рода Джужгун (*Calligonum*), Терескен (*Krascheninnikovia*), а также такой вид, как полынь песчаная (*Artemisia arenaria*). Наиболее простым и экономным способом восстановления деградированных пастбищ и улучшения их видового состава является фитомелиорация, основанная на способности естественной растительности к демутации – к самообсеменению.

Поиск видов, которые обладают свойствами фитотестов – фиторемедиантов и фитомелиорантов, – на современном этапе развития экологии и создания экологической безопасности является одним из перспективных методов в оценке и восстановлении окружающей среды.

Список источников

1. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в агроландшафте. СПб.: Изд-во АФИ, 2008. 215 с.
2. Авдощенко В. Г., Климова А. В. Накопление тяжелых металлов вегетативными органами полыни *Artemisia vulgaris kamtschatica* в условиях городской среды Петропавловск-Камчатского // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы XXI Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня рождения одного из организаторов соврем. гидробиолог. науки на Камчатке, д-ра биол. наук В. В. Ошуркова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2020. 348 с.
3. Арзамасова А. В., Кинжаев Р. Р., Трофимов С. Я. Опыт применения яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в целях фитотестирования нефтезагрязненных почв // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 2. С. 47–51.
4. Голуб В. Б. Класс *Asteretea tripolii* на территории СНГ и Монголии // Бюлл. Московского о-ва испытателей природы. Отдел биологический. 1993. Т. 98. Вып. 1. С. 119–129.
5. Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Методические указания по учету засоленных почв (проект). М.: Гипроводхоз, 1968. 92 с.

6. Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. 1968. № 11. С. 3–16.

7. Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюлл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 1972. Вып. 5. С. 36–41.

References

1. Alekseev Iu. V. *Tiazhelye metally v agrolandshafie* [Heavy metals in agricultural landscape]. Saint-Petersburg, Izd-vo AFI, 2008. 215 p.

2. Avdoshchenko V. G., Klimova A. V. Nakoplenie tiazhelykh metallov vegetativnymi organami polyni *Artemisia vulgaris kamschatica* v usloviakh gorodskoi srede Petropavlovsk-Kamchatskogo [Accumulation of heavy metals by vegetative organs of wormwood *Artemisia vulgaris kamschatica* in urban environment of Petropavlovsk-Kamchatsky]. *Sokhranenie bioraznoobraziia Kamchatki i prilegaiushchikh morei: materialy KhXI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posviashchennoi 75-letiiu so dnia rozhdeniia odnogo iz organizatorov sovremennoi gidrobiologicheskoi nauki na Kamchatke, d-ra biol. nauk V. V. Oshurkova*. Petropavlovsk-Kamchatskii, Kamchatpress, 2020. 348 p.

3. Arzamazova A. V., Kinzhaev R. R., Trofimov S. Ia. Opyt primeneniia iarovoii pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) v tseliakh fitotestirovaniia neftezagriaznennykh pochv [Experience of using spring wheat (*Triticum aestivum* L.) for

phytotesting of oil-contaminated soils]. *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2016, no. 2, pp. 47-51.

4. Golub V. B. Klass *Asteretea tripolii* na territorii SNG i Mongolii [Class *Asteretea tripolii* in territory of CIS and Mongolia]. *Biulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii*, 1993, vol. 98, iss. 1, pp. 119-129.

5. Bazilevich N. I., Pankova E. I. *Metodicheskie ukazaniia po uchetu zasolennykh pochv (proekt)* [Guidelines for accounting for saline soils (draft)]. Moscow, Giprovodkhoz Publ., 1968. 92 p.

6. Bazilevich N. I., Pankova E. I. Opyt klassifikatsii pochv po zasoleniiu [Experience in soil classification by salinity]. *Pochvovedenie*, 1968, no. 11, pp. 3-16.

7. Bazilevich N. I., Pankova E. I. Opyt klassifikatsii pochv po sodержaniuu toksichnykh solei i ionov [Experience of soil classification according to content of toxic salts and ions]. *Biulleten' Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva*, 1972, iss. 5, pp. 36-41.

Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 05.02.2023; принята к публикации 16.02.2023
The article is submitted 25.01.2023; approved after reviewing 05.02.2023; accepted for publication 16.02.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Валентина Павловна Менделева – аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; cherepaha.lokwood77@gmail.com

Valentina P. Mendeleva – Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; cherepaha.lokwood77@gmail.com

Ирина Владимировна Волкова – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; gridasova@gmail.com

Irina V. Volkova – Doctor of Sciences in Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; gridasova@gmail.com

