

УДК 502.2.05

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФЛОРЫ ПОСЛЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАКОПИТЕЛЕЙ ОТХОДОВ СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ NDVI© 2025 Д.Н. Шерстобитов¹, О.В. Козловская¹, В.Н. Ильина^{1,2}, В.Н. Пыстин¹, Е.В. Сычева¹¹ Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия² Самарский государственный социально-педагогический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 11.09.2025

В статье приводятся результаты геоботанической экспертизы территории, нарушенной в результате длительного размещения отходов спиртовой промышленности в границах Национального парка «Самарская Лука». Первый этап геоботанических исследований проведен в 2020 году до начала проведения рекультивационных работ. В ходе работ было выявлено 111 видов сосудистых растений. Второй этап геоботанической экспертизы проводился в 2025 году после выполнения работ по рекультивации нарушенной территории, завершившихся в 2024 году. Установлено, что после проведенных работ на территории полигона формируется растительный покров с видами, заявленными в составе биоматов. Наличие сорно-рудеральных фитоценозов с простой структурой свидетельствует о пионерной стадии сукцессии. Для более масштабной оценки проведено изучение степени восстановления растительного покрова при помощи космических снимков за 2022 и 2025 гг., обработанных при помощи нормализованного относительного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Анализ обработанных космических снимков подтвердил восстановление растительности на месте накопителей отходов спиртовой промышленности.

Ключевые слова: Экологический мониторинг, геоботаническая экспертиза, рекультивация, отходы спиртовой промышленности.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-453-460

EDN: UAGQVA

1. ВВЕДЕНИЕ

Восстановление территорий, нарушенных несанкционированным размещением отходов производства и потребления является значимой проблемой в сфере природопользования Российской Федерации. Особую актуальность имеет восстановление земель в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), подвергшихся значительному антропогенному воздействию в результате природных негативных процессов, таких как водная и ветровая эрозия, переувлажнение, заболачивание, подтопление и засоление, а также при прошлой хозяйственной деятельности, включая размещение отходов [1].

Свалки и полигоны размещения твердых коммунальных отходов являются источниками выбросов загрязняющих веществ, главным образом, сероводорода и метана в атмосферный воздух, проникновения токсичных веществ с фильтратом в почву и воду. Кроме этого, происходит повышенное скопление и размножение синантропных видов растений, животных и птиц [2].

Одним из примеров размещения отходов на ООПТ являются накопители производства этилового спирта вблизи села Рождествено Самарской области, которые также относятся к одним из главных объектов негативного воздействия на окружающую среду в границах Национального парка «Самарская Лука». Депонирование отходов в накопителях и оврагах на данной территории осуществлялось более 20 лет.

Накопители отходов спиртовой барды расположены на окраине села Рождествено, в Волжском районе Самарской области. Ближайшая жилая застройка находится всего в 110 метрах, а водный объект, протока Недошивина, сообщаемая с Волгой – в 400 метрах от границы объекта (рис. 1).

Шерстобитов Данил Николаевич, аспирант кафедры химической технологии и промышленной экологии.

E-mail: sherstobitovdn@gmail.com

Козловская Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии. E-mail: savenkoov@mail.ru

Ильина Валентина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения. E-mail: Siva@mail.ru

Пыстин Виталий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии. E-mail: vitaliy.pystin@yandex.ru.

Сычева Елена Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии. E-mail: slv2010.07@mail.ru



— граница нарушенной территории

Рис. 1. Ситуационный план несанкционированного размещения спиртовой барды

Общая площадь нарушенных территорий составляет 42 га, включающая накопители отходов и прилегающие деградированные участки. Территория характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия, связанного как с самими накопителями отходов спиртовой барды, так и с хаотичными навалами твердых коммунальных отходов.

Размещение отходов в земляных накопителях без гидроизоляционного покрытия и других инженерных сооружений, предусмотренных природоохранным законодательством, привело к полной деградации почвенного покрова и растительных сообществ (рис. 2).



Рис. 2. Космический снимок несанкционированного размещения отходов спиртовой барды.
Источник – Google Earth 09.06.2009

ФГБОУ ВО «СамГТУ» выполнены комплексные инженерные изыскания и разработан проект рекультивации объекта негативного воздействия на окружающую среду, согласно которому в 2023-2024 гг. проведена рекультивация территории. При выполнении инженерных изысканий осуществлялся комплексный анализ инженерно-экологических условий территории, в том числе и состояние растительного покрова [1, 4].

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Ключевая практическая значимость работы заключается в восстановлении растительного покрова в результате последовательного прохождения сукцессионных процессов, контроль которых осуществлялся при проведении геоботанической экспертизы [3].

Геоботаническая экспертиза выполняется для оценки состояния растительного покрова и определения степени его антропогенной трансформации. Геоботаническое исследование проводилось в несколько ступеней [4]. Первая ступень – подготовительная, подразумевающая изучение архивных и литературных данных о растительном покрове изучаемой территории. На второй ступени проводились непосредственно натурные исследования. Для классификации растительных сообществ использовались общепринятые методики, такие как маршрутная съемка, описание пробных площадок и GPS-привязка исследуемых участков.

Под геоботаническими описаниями принято подразумевать характеристику, составляемую исследователем в ходе полевых изысканий для конкретного фитоценоза. Описание составляется на ограниченном участке фитоценоза – пробной площади (ПП) обычно 10 на 10 м (для травянистой растительности), которая закладывается в наиболее типичном месте фитоценоза. Авторами проводилось описание крупных, морфологически хорошо выраженных выделов растительности, на площадках однородных по структуре и флористическому составу в пределах ПП или в реальном контуре фитоценоза.

Стандартные геоботанические описания выполнялись в полевом дневнике и бланках с указанием всех необходимых показателей и характеристик растительного сообщества, необходимых для оценки состава и структуры фитоценоза на пробной площади: номер описания, дата, фамилия автора, размер и форма ПП, географическое положение ПП с указанием географических координат с помощью GPS, особенности геоморфологических условий (указывается положение фитоценоза в макро-, мезо- и микрорельефе), список видов флоры, экологические нарушения, виды антропогенного воздействия и прочее.

Видовой состав конкретного фитоценоза выявляется путем тщательного осмотра пробной площади и составления списка зафиксированных на ней видов с учетом обилия и фенофаз. Неизвестные и нетвердо установленные виды растений собирают в гербарий для дальнейшего уточнения и определения при камеральной обработке.

Проективное покрытие древесного (при наличии), кустарникового, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, а также обилие слагающих их видов растений в описании указывается в процентах.

В камеральный период все выполненные геоботанические описания обобщаются в виде сводной таблицы с указанием GPS-координат, полевого названия фитоценоза, типа ландшафтно-геоботанического комплекса, основных видов-доминантов по ярусам.

Названия сообществ и выделение ассоциаций осуществлялось согласно доминантной классификации и методикам отечественных авторов [5–7].

Дополнительно к полевым работам проведена оценка состояния растительности при помощи данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Космические снимки со спутников Landsat-8 и Landsat-9 получены с интернет-ресурса Геологической службы США (United States Geological Survey) <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Для оценки динамики развития растительного покрова использовался наиболее распространенный вегетационный индекс – нормализованный относительный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Спутниковые снимки изучаемой территории были обработаны с использованием NDVI в геоинформационной системе QGIS [8].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе геоботанического исследования, проведенного в 2020 году, было заложено 102 пробных площадки площадью 100 м² (рис. 3).

В результате анализа было выявлено 111 видов сосудистых растений [9, 10]. Выделено 3 типичных ассоциации: пырейная, пырейно-разнотравная, вейниково-разнотравная, а также моносообщества *Ambrosia trifida*. Древесно-кустарниковая растительность не развита, встречены лишь

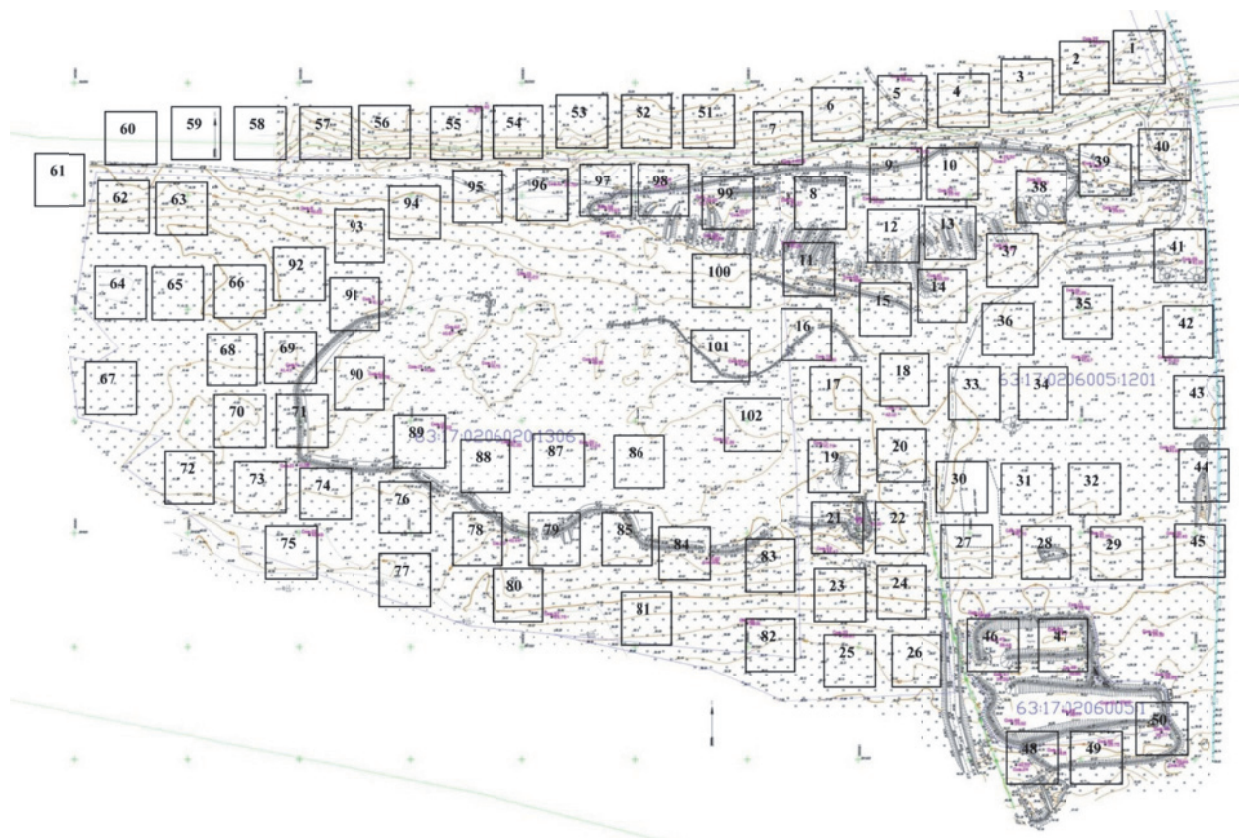


Рис. 3. Основные пробные площадки изучения растительности на территории несанкционированного размещения спиртовой барды

единичные экземпляры молодых деревьев, в основном представленные инвазивным для территории кленом американским (*Acer negundo* L.). Виды, занесенные в Красную книгу Самарской области, на исследуемой территории не обнаружены.

Третьей ступенью геоботанической экспертизы является анализ имеющейся информации, полученной в ходе полевых исследований. По результатам экспертизы растительного покрова был составлен комплексный аннотированный конспект флоры, включающий ряд экологических характеристик – жизненные формы по Х.К. Раункьеру и по И.Г. Серебрякову, экоценотип, фитоценотип, характеристики адвентивных видов (по способу заноса и времени заноса). Далее был вычислен индекс синантропизации флоры (I_{sa}), определяющийся соотношением числа синантропных видов к общему числу видов флоры, за исключением всех синантропных: $I_{sa} = 63 \times 100 / 111 = 56,75\%$, что соответствует второй стадии высокой трансформации флоры. Значение очень высокое, к сравнению Индекс синантропизации для Волжского района в целом 15,6. Также наглядным и показательным в данном случае является проведенное эколого-флористическое зонирование (рис. 4).

По степени формирования растительного комплекса, а также мере его нарушенности выделено 4 зоны [9]. Наименьшее по составу сообщество растительного мира отмечено на частично бетонированной площадке (Зона 1), с наибольшим скоплением строительных и твердых коммунальных отходов. Часть ТКО складирована по обочине грунтовой дороге.

На участках деградированного рудерального комплекса (зона 3) снят почвенный слой и образованы периметральные грунтовые дамбы, внутри которых растительность сформирована на поверхности отходов [9]. На части деградированного рудерального комплекса отмечены участки выхода спиртовой барды на поверхность (зона 2), где растительный покров отсутствует. На склонах дамб размещены ТКО.

Относительная выравненность площадки и обедненный таксономический состав флоры (зона 4), говорит, как о производимой вспашке на большей части участка, так и о длительном воздействии при размещении отходов спиртовой промышленности [9].

В целом флора территории оскуднена и значительно трансформирована. Большинство видов являются представителями сорно-рудеральной группы. Основными доминантами в растительных группировках являются *Ambrosia trifida* L. и *Cannabis sativa* L.

На основе результатов геоботанических исследований была разработана программа по созданию устойчивых растительных сообществ для выполнения биологического этапа рекультивации. При выборе видов учитывались следующие критерии:

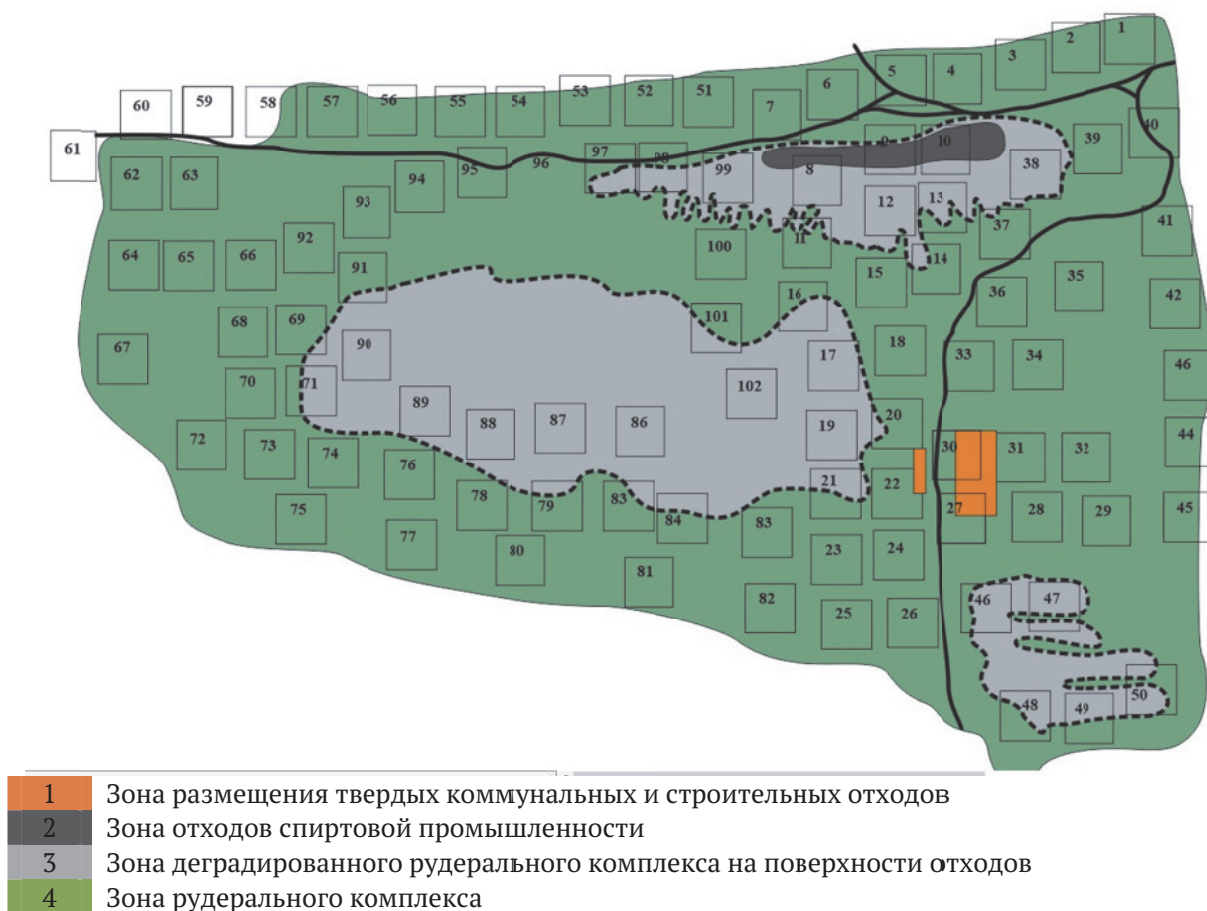


Рис. 4. Эколого-флористическое зонирование несанкционированного размещения спиртовой барды в с. Рождествено

1. Устойчивость к загрязнению: необходимо использовать виды, способные переносить повышенное содержание тяжелых металлов и органических загрязнителей.

2. Фитомелиоративные свойства: включение растений, способных к аккумуляции токсичных веществ и улучшению структуры почвы.

3. Местная адаптация: предпочтение отдавалось местным видам, хорошо приспособленным к климатическим условиям региона.

Для создания начального травостоя рекомендовано использовать смесь многолетних злаковых и бобовых культур: овсяница (*Festuca* sp.), вейник (*Calamagrostis epigejos* L.), люцерна (*Medicago sativa* L.). Эти виды обладают высокой конкурентоспособностью, способны к симбиозу с азотфиксирующими бактериями и имеют мощную корневую систему, способствующую укреплению грунта.

Выбранные растения использовались для биологической рекультивации нарушенной территории после выполнения технического этапа рекультивации, заключающийся в выемке антропогенного грунта и его обезвреживания методом компостирования.

Работы по рекультивации проводились с апреля 2023 г. по ноябрь 2024 г. с восстановлением почвенного покрова и засевом семян многолетних трав. Для первичной оценки восстановления растительности на рекультивированной территории в июне 2025 года был проведен экологический мониторинг, включающий полевые геоботанические исследования. Периодический анализ позволит своевременно выявлять отклонения и принимать корректирующие меры. Так натурные исследования растительного покрова на следующий полевой сезон позволили выявить следующие закономерности:

По результатам этапа биологической рекультивации формируется первичный растительный покров с видами, заявленными в составе биоматов.

На данном этапе покров только начинает формироваться и имеет отчасти мозаичную структуру, представленную в основной массе наиболее толерантными видами-растений вегетационных матов и сохранившимися чаще моно-доминантными сообществами *Ambrosia trifida* L. и *Cannabis sativa* L.

В результате экспертирования выявлено две стадии сукцессии: группировки злаков (заявленных в вегетационных матах) и простые фитоценозы, представленные видами с высокой степенью

толерантности – *Ambrosia trifida* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Cannabis sativa* L., *Atriplex nitens* Schkuhr, *Chenopodium album* L., *Chenopodium glaucum* L.

Состав культур, отраженный в проектной документации, различен от 30% в районе злаковых группировок до 70% в районе сорно-рудеральных фитоценозов.

Наличие простых сорно-рудеральных фитоценозов свидетельствует о пионерной стадии сукцессии. В дальнейшем при отсутствии влияния экстремальных факторов среды (как абиотических, так и антропогенных) будет происходить усложнение структуры и состава фитоценозов.

Для оценки изменения и восстановления растительного покрова при помощи методов ДЗЗ выбраны космические снимки в наиболее активный вегетационный период 2022 и 2025 гг. Спутниковая снимка 2022 г., выполненная 15.06.2022 г. и 18.07.2022 г., позволила оценить состояние растительного покрова до начала выполнения рекультивационных работ. Спутниковые снимки за 2025 г. от 08.06.2025 г. и 09.07.2025 г. были выбраны с разницей не более 7 дней по сравнению с датами 2022 г. в связи с наличием большого количества снимков с высокой облачностью в районе изучаемой территории. Космические снимки 2022 и 2025 гг., обработанные при помощи NDVI, представлены ниже (рис. 5).

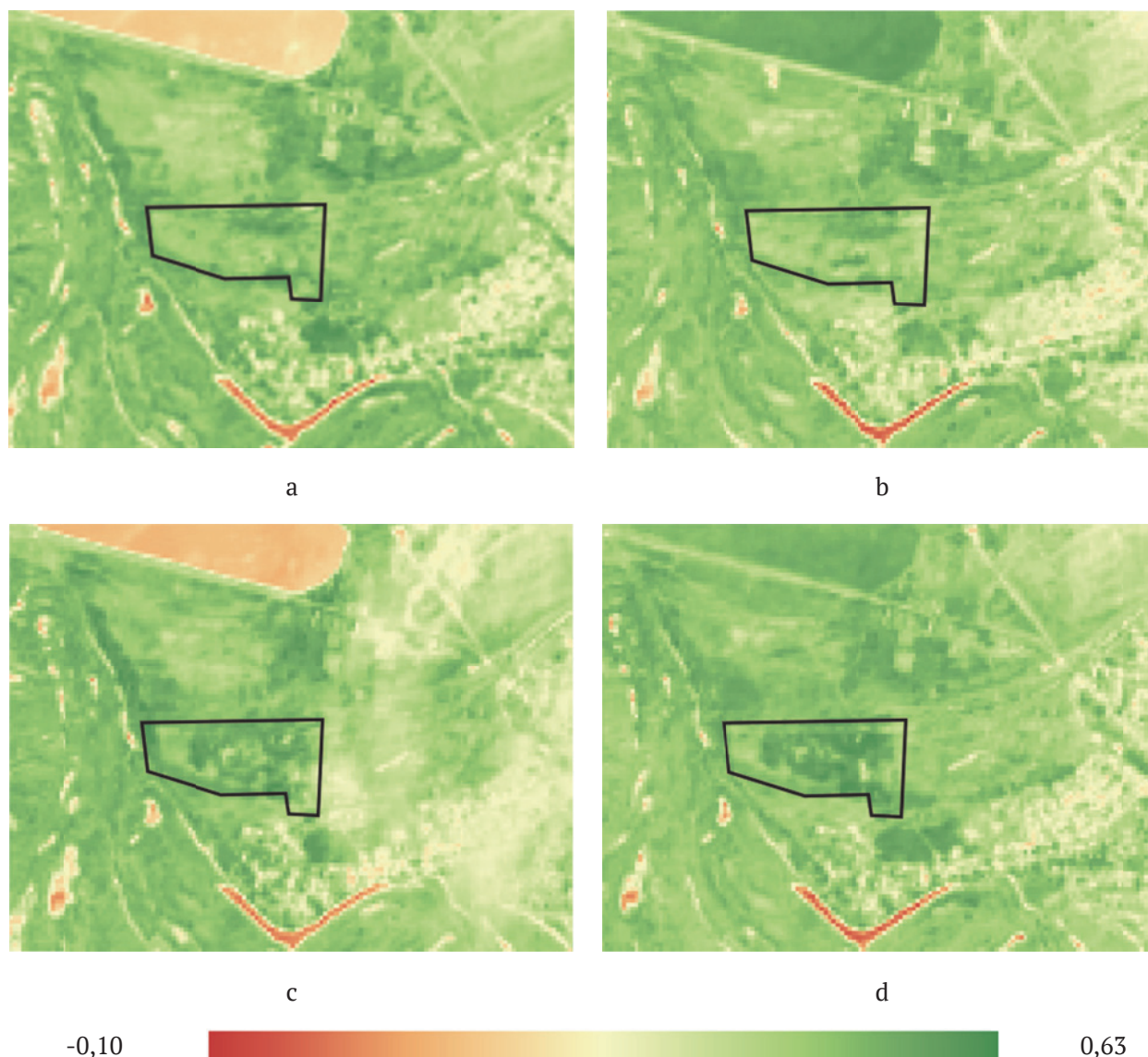


Рис. 5. Космические снимки 2022 и 2025 гг., обработанные при помощи NDVI
 а – дата снимка 15.06.2022; б – дата снимка 18.07.2022,
 с – дата снимка 08.06.25, d – дата снимка 09.07.2025

Шкала измерения NDVI после обработки космических снимков в геоинформационной системе QGIS составила от -0,1 (вода) до 0,63 (густая зеленая растительность). Среднее значение NDVI на участке рекультивации в 2022 г. составила 0,34 (15.06.2022 г.) и 0,37 (18.07.2022 г.). После проведения

рекультивационных работ наблюдается увеличение значений NDVI относительно значений 2022 г. – 0,47 (08.06.2025 г.) и 0,49 (09.07.2025 г.). Увеличение значений NDVI с 2022 по 2025 гг. составило 27,7% в июне и 24,5% в июле, что указывает на интенсивное развитие растительности после проведения рекультивационных работ. Проведенный анализ растительности на рекультивируемом участке при помощи ДЗЗ подтверждает результаты полевого геоботанического исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что на начальном этапе биологической рекультивации формируется мозаичный растительный покров, представленный преимущественно толерантными видами из вегетационных матов и устойчивыми рудеральными растениями, такими как *Ambrosia trifida* L. и *Cannabis sativa* L. Выявлены две стадии сукцессии: злаковые группировки и простые сорно-рудеральные фитоценозы, что свидетельствует о пионерной стадии восстановления. При отсутствии экстремальных воздействий в дальнейшем ожидается усложнение структуры фитоценозов и переход к более устойчивым растительным сообществам.

После обработки космических снимков установлено, что средние значения NDVI на рекультивируемом участке выросли с 0,34 в июне 2022 г. до 0,47 в июне 2025 г., а также с 0,37 в июле 2022 г. до 0,49 в июле 2025 г., что свидетельствует о восстановлении растительного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирвякова, А.В. Актуальность территориального планирования в формировании системы охраняемых природных объектов Ставропольского края / А.В. Кирвякова, Е.В. Витько // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2010. – №4. – С. 164-169.
2. Соловьева, Е.Н. Оценка воздействия компонентов коммунальных отходов и мест их хранения на животных и среду их обитания в прибайкальском национальном парке / Е.Н. Соловьева, Л.А. Эпова, Т.В. Десятова, М.Н. Алексеенко, А.М. Стронская, П.И. Жовтук, С.Ю. Артемьева, И.И. Подлипский // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2024. – №3(16). – С. 336-351.
3. Свод правил СП 502.1325800.2021. «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ». URL: <https://gostassistant.ru/doc/adb82334-35ce-427c-8a78-28c256b41327> (дата обращения 20.08.2025).
4. Козловская, О.В. Алгоритм комплексного изучения растительного покрова для инженерно-экологических изысканий / О. В. Козловская, В. Н. Ильина, О. Ф. Галдеева, Е. Г. Агакишиева // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2024. – № 1. – С. 86-98. – DOI 10.24412/2071-6176-2024-1-86-98. – EDN XOGQXE.
5. Быков, Б. А. Геоботаника. Алма-Ата: Наука, 1978. 287 с.
6. Василевич, В. И. Очерки теоретической фитоценологии. Л.: Наука, 1983. 248 с.
7. Работнов, Т. А. Фитоценология. М. Изд-во МГУ, 1992. 352 с.
8. Mougroud, N., Portet, F. Introduction to QGIS // QGIS and generic tools 1. – 2018. – Р. 1-17.
9. Козловская, О.В. Эколого-флористическое зонирование территории несанкционированного размещения барды с Рождествено / О. В. Козловская, В. Н. Ильина // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2024. – № 2. – С. 91-98. – DOI 10.24412/2071-6176-2024-2-91-98. – EDN TFWIFA.
10. Kozlovskaya O., Ilyina V., Mitroshenkova A., Mashchenko Z., and Amosova A. To the condition of the territory of unauthorised disposal of alcohol production waste // RSE-III-2024. E3S Web of Conferences 539, 010 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453901042>.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF FLORA RECOVERY FOLLOWING THE RECULTIVATION OF ALCOHOL INDUSTRY WASTE RESERVOIRS USING NDVI

© 2025 D.N. Sherstobitov, O.V. Kozlovskaya, V.N. Ilyina, V.N. Pystin, E.V. Sycheva

¹Samara State Technical University, Samara, Russia

²Samara State University of Social Sciences and Education, Samara, Russia

This paper presents the results of a geobotanical assessment of a territory degraded by the long-term disposal of alcohol production waste within the boundaries of the Samarskaya Luka National Park. The first stage of geobotanical studies was conducted in 2020 prior to the commencement of reclamation work. The survey identified 111 species of vascular plants. The second stage of the geobotanical assessment was carried out in 2025 following the completion of reclamation activities in 2024. The analysis established that a plant cover consisting of the species introduced via biomats has formed on the site. The presence of simply-structured weed-ruderal phytocoenoses indicates a pioneer stage of succession. For a larger-scale assessment, the degree of vegetation recovery was evaluated using satellite imagery from 2022 and 2025, processed using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The analysis of the processed satellite imagery confirmed the successful restoration of vegetation at the location of the former alcohol industry waste reservoirs..

Keywords: Environmental monitoring, geobotanical assessment, reclamation, alcohol production waste, NDVI.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-453-460

EDN: UAGQVA

REFERENCES

1. Kirvyakova, A.V., Vitko, E.V. Relevance of territorial planning in the formation of a system of protected natural objects of the Stavropol Territory // Bulletin of the Stavropol State University. – 2010. – No. 4. – P. 164-169.
2. Solovyova, E.N., Epova L.A., Desyatova T.V., Alexeenko M.N., Stronskaya A.M., Zhovtyuk P.I., Artemyeva S.Yu., Podlipsky I.I.. Assessment of the impact of municipal waste components and their storage sites on animals and their habitat in the Pribaikalsky National Park // Interdisciplinary Scientific and Applied Journal "Biosphere". – 2024. – No. 3(16). – P. 336-351.
3. Code of Rules SP 502.1325800.2021. "Engineering and environmental surveys for construction. General rules for production work". URL: <https://gostassistant.ru/doc/adb82334-35ce-427c-8a78-28c256b41327> (access date 20.08.2025).
4. Kozlovskaya, O.V., Ilyina, V.N., Galdeeva, O.F., Agakishieva, E.G. Algorithm for the comprehensive study of vegetation cover for engineering and environmental surveys // News of the Tula State University. Natural sciences. – 2024. – No. 1. – P. 86-98. – DOI 10.24412/2071-6176-2024-1-86-98. – EDN XOGQXE.
5. Bykov, B. A. Geobotany. Alma-Ata: Nauka, 1978. 287 p.
6. Vasilevich, V. I. Essays on theoretical phytocenology. L.: Nauka, 1983. 248 p.
7. Rabotnov, T. A. Phytocenology. M. Moscow State University Publishing House, 1992. 352 p.
8. Moyroud, N., Portet, F. Introduction to QGIS // QGIS and generic tools 1. – 2018. – P. 1-17.
9. Kozlovskaya, O.V., Ilyina, V.N. Ecological and floristic zoning of the territory of unauthorized disposal of vinasse in the village of Rozhdestveno // News of the Tula State University. Natural sciences. – 2024. – No. 2. – P. 91-98. – DOI 10.24412/2071-6176-2024-2-91-98. – EDN TFWIFA.
10. Kozlovskaya, O., Ilyina, V., Mitroshenkova, A., Mashchenko, Z., Amosova, A. To the condition of the territory of unauthorised disposal of alcohol production waste // RSE-III-2024. E3S Web of Conferences 539, 010 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453901042>.

Danil Sherstobitov, Postgraduate Student at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology.

E-mail: sherstobitovdn@gmail.com

Olga Kozlovskaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology. E-mail: savenkoov@mail.ru

Valentina Ilyina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ecology, and Teaching Methodology. E-mail: 5iva@mail.ru

Vitaliy Pystin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology. E-mail: vitaliy.pystin@yandex.ru

Elena Sycheva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology. E-mail: slv2010.07@mail.ru

Известия Самарского научного центра Российской академии наук

Учредитель: федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре, свидетельство ПИ № ФС77-61347 от 07.04.2015

Главный редактор: академик РАН Ф.В. Гречников

Том 27, номер 4(2)(126), 18.12.2025

Индекс: 36622. Распространяется бесплатно

Адрес учредителя, издателя и редакции – 443001, Самарская область,

г. Самара, Студенческий пер., 3а. Тел. 8 (846) 340-06-20

Издание не маркируется

Сдано в набор 14.10.2025 г.

Подписано к печати 18.12.2025 г.

Формат бумаги А4

Офсетная печать

Усл. печ. л. 27,668

Тираж 200 экз.

Зак. 40

Отпечатано в типографии ООО "Инсома-пресс."

Адрес типографии: 443080, Самарская обл., г. Самара, ул. Санфириковой, 110А, офис 22А. Тел. 8 (846) 222- 92 -40