

12. Nabzdorov S.V., Likhatchevich A.P., Latushkina G.V. Assessment of the accuracy of calculating water consumption of sugar beet using the bioclimatic method // *Melioration*. 2022. No. (99). P. 22–28.

13. Nabzdorov S.V. Dependence of the growth dynamics of sugar beet roots on the fertilization background and irrigation // *Agriculture and plant growing*. 2020. No. 6(133). P. 28–32.

14. Nabzdorov S.V. The influence of irrigation and fertilizer regimes on the yield and sugar content in sugar beet roots // *Agriculture and plant growing*. 2021. No. 3(136). P. 14–17.

Желязко Владимир Иосифович, доктор с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой мелиорации и водного хозяйства, msfdekan@mail.ru; **Набздоров Сергей Васильевич**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры мелиорации и водного хозяйства, Nabzdorov@mail.ru (Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, г. Горки, Респ. Беларусь).

УДК 631.61

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-4-19-22

АНАЛИЗ РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ И НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАРЬЕРОВ

А.Д. ВОЛКОВ, П.Ю. НЕСМАЧНЫЙ, Д.А. КИТАЕВ

Ключевые слова: рекультивация, земля, нарушенные земли, Московская область, Калининградская область, карьер, разрушение.

Keywords: reclamation, land, Moscow region, Kaliningrad region, quarry, destruction.

Аннотация. В статье освещаются особенности анализа рекультивируемых и нарушенных земель при разработке карьеров на территории Московской и Калининградской областей. В результате проведенного анализа изучены территории с измененным ландшафтом в двух регионах России — Подмоскowie и Калининградской области. Исследование выявило, что добыча полезных ископаемых открытым способом приводит к существенной трансформации грунтов, меняя их химический состав и физические характеристики. Строительство на подобных участках становится крайне затруднительным из-за образования техногенных отложений и отвалов. Спутниковые снимки наглядно демонстрируют масштаб проблемы деградации земель в результате карьерной разработки месторождений. Произведен анализ научно-практических положений, даны авторские выводы.

Abstract. The article highlights the features of the analysis of reclaimed and disturbed lands in the development of quarries in the Moscow and Kaliningrad regions. As a result of the analysis, territories with a modified landscape were studied in two regions of Russia — the Moscow region and the Kaliningrad region. The study revealed that open-pit mining leads to a significant transformation of soils, changing their chemical composition and physical characteristics. Construction on such sites becomes extremely difficult due to the formation of man-made deposits and dumps. Satellite images clearly demonstrate the scale of the problem of land degradation as a result of quarrying. The analysis of scientific and practical provisions is made, the author's conclusions are given.

Восстановление земель после промышленного использования требует комплексного подхода, включающего биологический и горнотехнический этапы. Эта деятельность, называемая рекультивацией, охватывает широкий спектр мероприятий — от инженерных работ до сельскохозяйственных манипуляций. При этом важно учитывать, что воздействие открытых разработок распространяется

далеко за пределы самого месторождения, затрагивая сопоставимую по размерам окружающую территорию. Именно поэтому современные проекты по восстановлению должны охватывать не только непосредственно карьер, но и прилегающие зоны. Как показывает международная и российская практика, такой всесторонний подход позволяет эффективно возвращать деградированную местность к различным видам хозяйственного использования, восстанавливая их продуктивность.

Обновление деградированной территории требует многогранного подхода, учитывающего различные аспекты: экономическую деятельность человека, экологическое состояние природы, социальные потребности населения, а также вопросы охраны и сохранения значимых архитектурных объектов и мест. Существует несколько ключевых направлений по восстановлению нарушенных земель: создание сельскохозяйственных угодий, развитие лесных массивов, обустройство водоемов для рыбного хозяйства, организация зон отдыха, улучшение санитарных условий, защита природных комплексов и строительное освоение. Успешность восстановительных мероприятий напрямую зависит от правильного определения будущего назначения территории и способов ее дальнейшего использования [4].

В наши дни комплексное возрождение нарушенных почв стало одним из приоритетных направлений государственной политики. Этот процесс охватывает множество специализированных мероприятий — от лесоводства до агротехнических работ. Конечная цель — вернуть ДМ их первоначальные характеристики, максимально приближенные к природным показателям неповрежденных земель. Успешная реализация этих мер не только способствует оздоровлению окружающей среды, но и открывает новые возможности для разнообразной экономической активно-

сти на восстановленных участках. Восстановление земель после разработки карьеров в России сталкивается с серьезными финансовыми ограничениями. Процесс восстановления включает в себя комплексную работу, разделенную на биологическую и техническую составляющие. На техническом этапе проводятся масштабные инженерные работы: создаются дороги, выполняется планирование территории, монтируются гидротехнические системы, производится обогащение почвы. Биологическая фаза направлена на возрождение экосистемы — здесь применяются специальные агротехнические методы, ускоряющие формирование плодородного слоя, восстанавливается растительный и животный мир. Все эти мероприятия требуют существенных материальных вложений, что создает значительные препятствия для российских предприятий. В России существует острая проблема нехватки квалифицированных специалистов в сфере земельной рекультивации (далее ЗР). Этот кадровый дефицит стал ключевым фактором, препятствующим восстановлению ДМ. В результате значительные участки поврежденных земель пребывают в запустении, поскольку отсутствуют необходимые человеческие ресурсы для проведения реабилитационных мероприятий [3].

В процессе добычи полезных ископаемых в Московской области преимущественно используется карьерный метод. Это приводит к масштабным трансформациям местности, которые распространяются далеко за пределы выделенных участков. В результате активизируются как нетипичные для данных мест геологические явления, так и специфические процессы, связанные с горными работами. Среди них можно отметить образование трещин в твердых породах (доломитовых и известняковых отложениях), а также вспучивание грунта в местах выработок. В процессе добычи минеральных ресурсов применяется метод контурного водопонижения, направленный на борьбу с притоком воды в карьеры. Однако такое вмешательство в природные процессы вызывает серьезные гидрологические последствия. Сброс откачанной воды в естественные низины приводит к негативным изменениям окружающего ландшафта — заболачиванию соседних участков. Нарушение природного баланса проявляется также в усилении эрозионных процессов из-за возросшей разницы гидравлических уровней между верхней и нижней частями карьера. Кроме того, снижение скорости течения в руслах рек способствует образованию застойных зон, что может спровоцировать затопление прилегающих территорий и возникновение паводковых явлений. Карьер Дзержинский наглядно демон-

стрирует комплекс негативных геологических процессов. Нарушение естественного водного режима провоцирует масштабные изменения в структуре геологической среды. В результате затопления нижних горизонтов формируются крупные водоемы, чьи воды разрушают береговую линию. На склонах карьера активно развиваются деструктивные явления — происходит осыпание пород, возникают оползневые процессы, образуются трещины отпора, усиливается эрозия бортов выработки [2].

Информация о наличии нарушенных и рекультивируемых земель за отчетный период 2022–2023 гг. по Московской области представлена в табл. 1 (составлено автором на основе [5]).

Калининградская область богата искусственными водоемами, появившимися в результате затопления бывших мест добычи минералов. Сегодня в регионе действует 44 карьера, где ведется активная разработка природных ресурсов. После завершения работ большинство выработок превращают в водные объекты — это самый популярный метод восстановления ДМ. Особый интерес для ботаников и экологов представляет процесс естественного возрождения растительности вокруг таких рукотворных озер. Эти техногенные ландшафты постепенно зарастают различными видами флоры, формируя новые экологические системы, созданные человеческой деятельностью. Исследование процессов естественного восстановления растительности в зонах добычи минералов помогает прогнозировать сукцессионные изменения и оценить необходимость искусственного вмешательства. Эти знания критически важны для разработки действенных методов восстановления нарушенных территорий. Понимание механизмов возобновления растительного покрова на ДМ играет ключевую роль при планировании и проведении работ по фитомелиорации. Восстановление экосистем на ДМ — одна из ключевых задач современной экологии. Особый интерес представляет естественное возобновление флоры вокруг техногенных объектов, таких как карьеры. В этих искусственно созданных человеком местообитаниях происходит спонтанное развитие растительных сообществ по берегам. Для успешной реабилитации подобных участков критически важно проводить детальные ботанико-экологические исследования. При этом эффективная ЗР возможна только при комплексном анализе локальных условий: от климатических особенностей до видового разнообразия местной флоры [1].

Информация о наличии нарушенных и рекультивируемых земель за отчетный период 2022–2023 гг. по Калининградской области представлена в табл. 2 (составлено автором на основе [6]).

Таблица 1

Нарушенные и рекультивируемые земли
в Московской области

Критерий, га	2022 г.	2023 г.
Наличие нарушенных земель на начало отчетного года, всего	3760	4053
в том числе отработано	2086	2084
За отчетный год нарушено земель, всего	653	976
Рекультивировано земель, всего	422	519
в том числе под пашню	47	12
под другие сельскохозяйственные угодья	135	169
под лесные насаждения	74	77
под водоемы и другие цели	110	202
Наличие нарушенных земель на конец отчетного года, всего	3991	4510
в том числе отработано	2064	2356

По данным таблиц следует отметить, что наличие нарушенных и рекультивируемых земель растет, что связано с ежегодным увеличением площадей нарушенных территорий промышленного назначения, негативным воздействием на земли при добыче полезных ископаемых и нестабильностью процесса ЗР. Добыча полезных ископаемых приводит к серьезной деградации земель, и с каждым годом площадь территорий, требуемых для горнодобывающих работ, увеличивается. Хотя процесс восстановления характеризуется определенным прогрессом, его темпы остаются неустойчивыми. Интересная закономерность наблюдается между масштабами повреждения почв и эффективностью их восстановления. При достижении критической отметки в 400...450 тыс. га поврежденных территорий, эффективность ЗР резко падает – восстановлению подвергается лишь пятая часть земель. Таким образом, чем больше площадь нарушенных участков, тем меньший процент из них удастся вернуть в пригодное состояние, несмотря на общую тенденцию к постепенному улучшению показателей рекультивации [6].

На наш взгляд, восстановление ДМ в карьерах Московской области и Калининградского региона требует тщательно спланированных действий для нейтрализации вредных веществ и оздоровления почвы. Каждый объект нуждается в индивидуальном проектном плане реабилитации, который реализуется поэтапно. Сначала проводятся инженерно-технические работы, за которыми следует биологическое восстановление.

Для эффективного восстановления карьерных территорий в Калининградской и Московской областях необходимо комплексное развитие методов ЗР. При этом ключевым фактором является науч-

Таблица 2

Нарушенные и рекультивируемые земли
в Калининградской области

Критерий, га	2022 г.	2023 г.
Наличие нарушенных земель, всего	1969	4155
в том числе обработано	932	1130
Нарушено земель, всего	650	104
Рекультивировано земель, всего	283	68
в том числе под пашню	44	1,5
под другие сельскохозяйственные угодья	196	15
под лесные насаждения	16	0,78
под водоемы и другие цели	7	45
Наличие нарушенных земель на конец отчетного года, всего	2336	4191
в том числе обработано	1049	1174

ный подход к выбору методов восстановления, основанный на анализе местных природных особенностей. Успешная реализация проектов по возвращению нарушенных земель в хозяйственный оборот требует тщательной оценки как экологических, так и экономических аспектов. Особое внимание следует уделить конечной цели использования восстановленных территорий, которая должна соответствовать установленным правовым нормам и планам развития регионов. В процессе разработки стратегии восстановления карьеров важно учитывать не только текущее состояние ДМ, но и их потенциальное назначение после завершения рекультивационных работ. Это позволит максимально эффективно использовать восстановленные территории в будущем.

Направление восстановительных работ определяется исходя из целевого назначения и разрешенного использования участка. При этом учитываются особенности категории земель, что влияет на комплекс необходимых мероприятий по их восстановлению. Областные экологические и геологические программы могут быть скорректированы с учетом стратегического планирования восстановления территорий, где велась добыча стройматериалов. Это касается таких инициатив как «Геологическое изучение недр и воспроизводство минерально-сырьевой базы Московской области» и «Экология Подмосковья». Особое внимание уделяется защите восстановленных территорий и снижению негативного влияния карьеров и складированных в них отходов на экологическую обстановку. Это является основополагающим аспектом природоохранной деятельности в данной сфере.

Несмотря на развитие технологий и методик рекультивации, существуют проблемы, которые затрудняют процесс восстановления земель:

- Высокие затраты на рекультивацию. Процесс требует значительных финансовых вложений, что может быть проблемой для компаний, которые занимаются добычей.

- Долгосрочность процесса. Рекультивация нарушенных земель требует времени, иногда до нескольких десятков лет, чтобы полностью восстановить экосистему.

- Нехватка квалифицированных специалистов. Для эффективной рекультивации необходимы специалисты, которые могут правильно оценить состояние почвы и выбрать оптимальные методы.

Таким образом, рекультивация нарушенных земель при разработке карьеров в Московской и Калининградской областях требует комплексного подхода с учетом географических и климатических особенностей каждого региона. Современные методы рекультивации позволяют эффективно восстанавливать экосистемы, что способствует сохранению природного баланса и улучшению социально-экономической ситуации в этих областях. Однако для достижения наилучших результатов необходимо обеспечить достаточное финансирование, подготовку специалистов и использование инновационных технологий в области охраны окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекультивация земель и мероприятия по восстановлению нарушенных ландшафтов / Т.В. Папаскири, С.Н. Волков, М.Е. Гинзбург, В.Н. Семочкин, Е.П. Ананичева. М.: Государственный университет по землеустройству, 2024. 184 с. ISBN 978-5-9215-0575-9. EDN SKKFPZ.

2. Моисеенко В.В., Цупикова Н.А. Флористические и экобиоморфологические особенности побережья обводненного карьера янтарный // Известия КГТУ. 2023. № 70. С. 34–45.

3. Наумова К.О., Станис Е.В. Оценка пораженности территории Московской области карьерами открытой добычи строительных материалов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 4. С. 349–360. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-4-349-360>.

4. Петин А.Н., Толстопятова О.С., Петина М.А. Проблемы рекультивации земель, нарушенных горнодобывающим

комплексом: российский и зарубежный опыт // Sciences of Europe. 2017. № 13-1(13). С. 28–31.

5. Чечулина Т.В. Рекультивация нарушенных карьеров // 2021. № 27 (29). URL: <https://scilead.ru/article/679-rekultivatsiya-narushennikh-karerov>

6. Восстановление нарушенных земель: выявленные тенденции / М.Н. Игнатьева, В.Е. Стровский, В.В. Юрак, А.Н. Иванов // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 8. С. 54–59. DOI 10.18412/1816-0395-2021-8-54-59.

7. Информация о рекультивации земель // URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/land-recultivatio>

REFERENCES

1. Land reclamation and measures for the restoration of disturbed landscapes / T.V. Papaskiri, S.N. Volkov, M.E. Ginzburg, V.N. Semochkin, E.P. Ananicheva. M.: State University for Land Management, 2024. 184 p. ISBN 978-5-9215-0575-9. EDN SKKFPZ.

2. Moiseenko V.V., Tsupikova N.A. Floristic and Ecobiomor-phological Features of the Amber Flooded Quarry Coast // Izvestiya KGTU. 2023. No. 70. Pp. 34–45.

3. Naumova K.O., Stanis E.V. Assessment of the Moscow Region Territory's Exposure to Open-Pit Quarries for Construction Materials // Bulletin of the Russian University of Peoples' Friendship. Series: Ecology and Life Safety. 2020. V. 28. No. 4. Pp. 349–360. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-4-349-360>

4. Petin A.N., Tolstopyatova O.S., Petina M.A. Problems of recultivation of lands disturbed by the mining complex: Russian and foreign experience // Sciences of Europe. 2017. № 13-1(13). Pp. 28–31.

5. Chechulina T.V. Recultivation of disturbed quarries // 2021. № 27(29). URL: <https://scilead.ru/article/679-rekultivatsiya-narushennikh-karerov>

6. Restoration of Disturbed Lands: Identified Trends / M.N. Ignatieva, V. E. Strovsky, V.V. Yurak, A.N. Ivanov // Ecology and Industry of Russia. 2021. Vol. 25, No. 8. Pp. 54–59. DOI 10.18412/1816-0395-2021-8-54-59.

7. Information about land reclamation // URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/land-recultivatio>

Волков Александр Дмитриевич, аспирант 2-го года обучения, Av7061@gmail.com; **Несмачный Павел Юрьевич**, аспирант 2-го года обучения, ter_07@mail.ru; **Китаев Дмитрий Александрович**, аспирант 2-го года обучения, kda25@yandex.ru (ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия).

УДК 51.74, 658.51

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-4-22-27

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН

Ф.К. АБДРАЗАКОВ С.В. ЧУМАКОВА Д.Г. ГОРЮНОВ

Ключевые слова: мелиоративные машины, энергозатраты, математическая модель, оптимизация, техническое состояние.

Keywords: melioration complex, fleet of melioration machines, minimization of energy costs, working time fund, optimality coefficient of choice, mathematical model, control solution.

Аннотация. Цель: снижение энергозатрат мелиоративных машин за счет оптимизации сроков ремонта и замены техники. Методы: разработана математическая модель на основе анализа энергозатрат и выработки фонда рабочего времени с применением математического анализа, теории множеств, а также графической визуализации. Результаты: модель определяет оптимальные сроки профилактики