



ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Научная статья

<https://doi.org/10.17073/2500-0632-2025-04-392>

УДК 630*181:581.5

**Влияние добычи оловорудного сырья на речной сток малых рек горнопромышленных районов**Н.К. Растанина¹ , Д.А. Голубев^{1,2} , Н.А. Каюмов^{1,2} , П.Л. Растанин¹ , И.А. Попадьев¹ ¹ Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация² Приморский государственный аграрно-технологический университет, г. Хабаровск, Российская Федерация

n.rastanina@yandex.ru

Аннотация

Добыча полезных ископаемых оказывает значительное воздействие на окружающую среду, особенно на гидрологический режим рек. Формирование отходов переработки горнорудного сырья в виде хвостохранилищ в долинах рек является общепринятой практикой. Лесной массив, как и речная сеть в данном случае, подвергаются активной трансформации. Происходит сплошная вырубка со снятием корнеобитаемого слоя и изменяется русло реки. При этом речной сток, формирующийся на участке, становится менее водоносным. С 70-х годов XX в. в бассейне р. Силинки Хабаровского края активно развивается деятельность по извлечению и переработке оловорудного сырья. Вследствие деятельности горнопромышленных предприятий формируются техногенные объекты в виде хвостохранилищ, карьеров, отвалов и т.д., которые являются объектами экологической и техногенной опасности, источниками загрязнения грунтовых и поверхностных вод, почвы, растительности и атмосферы. Лесистость территории является одним из основных показателей формирования речного стока, позволяющих рассчитать капитализированную стоимость 1 км² исследуемой территории. В работе с помощью расчёта лесистости через нормализованный разностный индекс вегетации дана оценка влияния процесса добычи оловорудного сырья в бассейне р. Силинки. Определено снижение средней стоимости 1 км² исследуемой территории на 25 %.

Ключевые слова

горнопромышленная система, хвостохранилище, экологический ущерб, речной сток, речной бассейн, нормализованный разностный индекс растительности, капитализированная стоимость

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-27-20085 <https://rscf.ru/project/24-27-20085/> и Министерства образования и науки Хабаровского края (Соглашение № 121C/2024).

Для цитирования

Rastanina N.K., Golubev D.A., Kayumov N.A., Rastanin P.L., Popadyev I.A. Impact of tin ore mining on the streamflow of small rivers in mining regions. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2025;10(4):369–378. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2025-04-392>

ENVIRONMENTAL PROTECTION

Research paper

Impact of tin ore mining on the streamflow of small rivers in mining regionsN. K. Rastanina¹ , D. A. Golubev^{1,2} , N. A. Kayumov^{1,2} , P. L. Rastanin¹ , I. A. Popadyev¹ ¹ Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation² Primorsky State Agrarian-Technological University, Khabarovsk, Russian Federation

n.rastanina@yandex.ru

Abstract

Mineral extraction exerts a significant impact on the environment, particularly on the hydrological regime of rivers. The placement of tailings storage facilities in river valleys is a common practice in ore processing. Forest stands and river networks in such areas undergo intensive transformation involving large-scale deforestation with removal of the root-inhabited soil layer and alteration of river channels. As a result, the streamflow in the affected sections becomes less abundant. Since the 1970s, active tin ore mining and processing have been carried out in the Silinka River basin of the Khabarovsk Territory. Mining activities have produced technogenic



landforms such as tailings storage facilities, open pits, and waste dumps, which pose both ecological and technogenic hazards and act as sources of pollution for groundwater, surface water, soil, vegetation, and the atmosphere. Forest cover is one of the key indicators determining river runoff and can be used to estimate the capitalized value of 1 km² of the study area. Using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), this study assessed the impact of tin ore mining on the Silinka River basin. The results indicate a 25% decrease in the average capitalized value of 1 km² of the study area.

Keywords

mining system, tailings storage facility, environmental damage, river runoff, river basin, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), capitalized value

Funding

This research was supported by the Russian Science Foundation, project No. 24-27-20085 (<https://rscf.ru/project/24-27-20085/>), and by the Ministry of Education and Science of the Khabarovsk Territory (Agreement No. 121C/2024).

For citation

Rastanina N.K., Golubev D.A., Kayumov N.A., Rastanin P.L., Popadyev I.A. Impact of tin ore mining on the streamflow of small rivers in mining regions. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2025;10(4):369–378. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2025-04-392>

Введение

Добыча полезных ископаемых является одним из ключевых источников дохода Российской Федерации, но также ведёт к значительному негативному экологическому воздействию. Так, на территории России накоплено уже более 80 млрд т отходов, расположенных на общей нарушенной горными работами площади 1,1 млн га. Ежегодно это число растёт и влечёт за собой снижение ключевых функций лесов, расположенных на местах и вблизи источников добычи и переработки минерального сырья. Создание таких объектов сопровождается сплошной вырубкой, снятием почвенного плодородного слоя и изменениями русел рек и речного стока¹ [1].

При этом состояние лесного массива является важным фактором в процессе формирования речного бассейна из поверхностных стоков, особенно в горнопромышленных районах [2]. М.Е. Ткаченко (1952) рассматривал водоохранную роль леса в более широком смысле и не сводил ее лишь к количественной оценке стока. По его мнению, благотворное влияние леса проявляется не только на поверхностных водах (реках, озерах, водохранилищах), но и на подземных, которые часто являются основным источником водобеспечения населенных пунктов и промышленных предприятий [3].

Согласно концепции всеобщей увлажняющей роли лесов леса характеризуются как экосистемы, способствующие накоплению влаги на водосборах и вследствие этого увеличивающие годовой суммарный сток [4]. Но существует и противоположная точка зрения, в которой лес рассматривается как мощный испаритель влаги, и поэтому увеличение лесистости уменьшает сток в реках [5]. В работе О.И. Крестовского на примере южной тайги установлено, что при сплош-

ной рубке составляющая испарения значительно ослабляется и снижается на 20–40 %. В результате ухудшается режим стока: в половодье объёмы жидкого стока увеличиваются, а в межень реки мелеют [6]. Техногенное воздействие приводит не только к изменению условий формирования различных видов стока [7–9], но и к трансформации характеристик диффузного загрязнения, влияя на качество поверхностных водотоков [10], особенно при наличии токсичных элементов в виде тяжёлых металлов и мышьяка, что приводит к угнетению и гибели лесных насаждений в связи с их распространением в природных и техногенных компонентах окружающей среды [11].

Таким образом, формирование речного стока может зависеть от следующих факторов:

1. Природно-климатические условия могут влиять на объём годового речного стока и его распределение за счёт общего количества и характера осадков, их распределения по территории и во времени, температуры и влажности воздуха, а также скорости ветра, которые обуславливают потери стока вследствие испарения [4, 12].

2. Рельеф местности, а именно крутизна склонов и уклонов русел формируют условия для инфильтрации талых и дождевых вод в почву, склонового и подповерхностного стока, питания грунтовых горизонтов [13].

3. Почвенно-гидрологические условия, характеризующиеся большей водопроницаемостью пород и более мощными отложениями, формируют большую подземную ёмкость и её регулируемую способность и, следовательно, и более равномерный сток в течение года [14].

4. Растительный покров влияет на интенсивность снеготаяния и скорость стекания воды по земной поверхности, тем самым оказывает воздействие и на водный режим [13].

5. Размер и форма водосборной площади имеют прямую корреляцию с равномерностью стока за счёт изменения доли подземного (грунтового) питания [15].

6. Озёрность и заболоченность водосбора способствуют снижению речного стока, так как из-за сильно

¹ Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель. URL: <https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii> (Дата обращения: 07.11.2024).

обводненных водораздельных озерно-болотных массивов или низинных болот сток более зарегулирован и амплитуда колебаний водности менее значительна [16].

7. Антропогенное воздействие в виде регулирования и перераспределения речного стока, забора и сбросов воды в промышленности и сельском хозяйстве, мелиорации земель и др. приводит к кардинальному изменению естественного режима речного стока [17].

8. Лесистость территории является одним из ключевых факторов, регулирующих водный баланс, так как лесной массив способствует инфильтрации осадков и поддержанию меженного стока. Вырубка лесов снижает задержание влаги усиливает сезонные колебания водности рек [18].

9. Нарушение почвенного покрова путём удаления корнеобитаемого слоя, что ведёт к снижению водоудерживающей способности почвы [19].

10. Горнопромышленные объекты в виде хвостохранилищ и отвалов горных пород изменяют фильтрационные свойства водосборов, а загрязняющие вещества могут менять химический состав воды [20, 21].

Хвостохранилища Солнечного ГОКа являются объектами экологической и техногенной опасности, источниками загрязнения грунтовых и поверхностных вод, почвы, растительности и атмосферы при пылении с его поверхности [14, 22, 23]. Цель исследования – оценить воздействие горнодобывающего предприятия на формирование речного стока и снижение водности малых рек в речном бассейне р. Силинки. В рамках указанной темы были поставлены

следующие задачи: 1 – анализ литературных данных по факторам, влияющим на формирование речного стока малых рек; 2 – характеристика нарушенной территории, занимаемой оловорудным предприятием; 3 – оценка лесистости и водоохранной функции лесов в границах влияния Солнечного ГОКа.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужили нарушенные территории бывшего Солнечного горно-обогатительного комбината (ГОК) в элементарном бассейне р. Силинки Солнечного района Хабаровского края [13, 24]. Солнечный ГОК являлся главным градообразующим предприятием Солнечного района. С 1969 г. накоплено большое количество токсичных отходов, складированных в три хвостохранилища.

В результате отработки открытым и закрытым способами касситеритовых и касситерит-сульфидных месторождений Солнечным горно-обогатительным комбинатом на дневной поверхности остались карьеры, часто значительные по размерам, и отвалы некондиционных руд и вмещающих пород, а также многочисленные штольни, из устья которых на склон сбрасываются вмещающие породы и рудничные воды (рис. 1).

Сформированная в Комсомольском оловорудном районе горнопромышленная техногенная система в результате увеличения поверхности соприкосновения агентов выветривания с открытыми поверхностями сульфидных руд и тонкоизмельченными сульфидами хвостов активизирует гипергенные процессы, переходящие в следующую техногенную стадию.

БАСЕЙН РЕКИ СИЛИНКИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

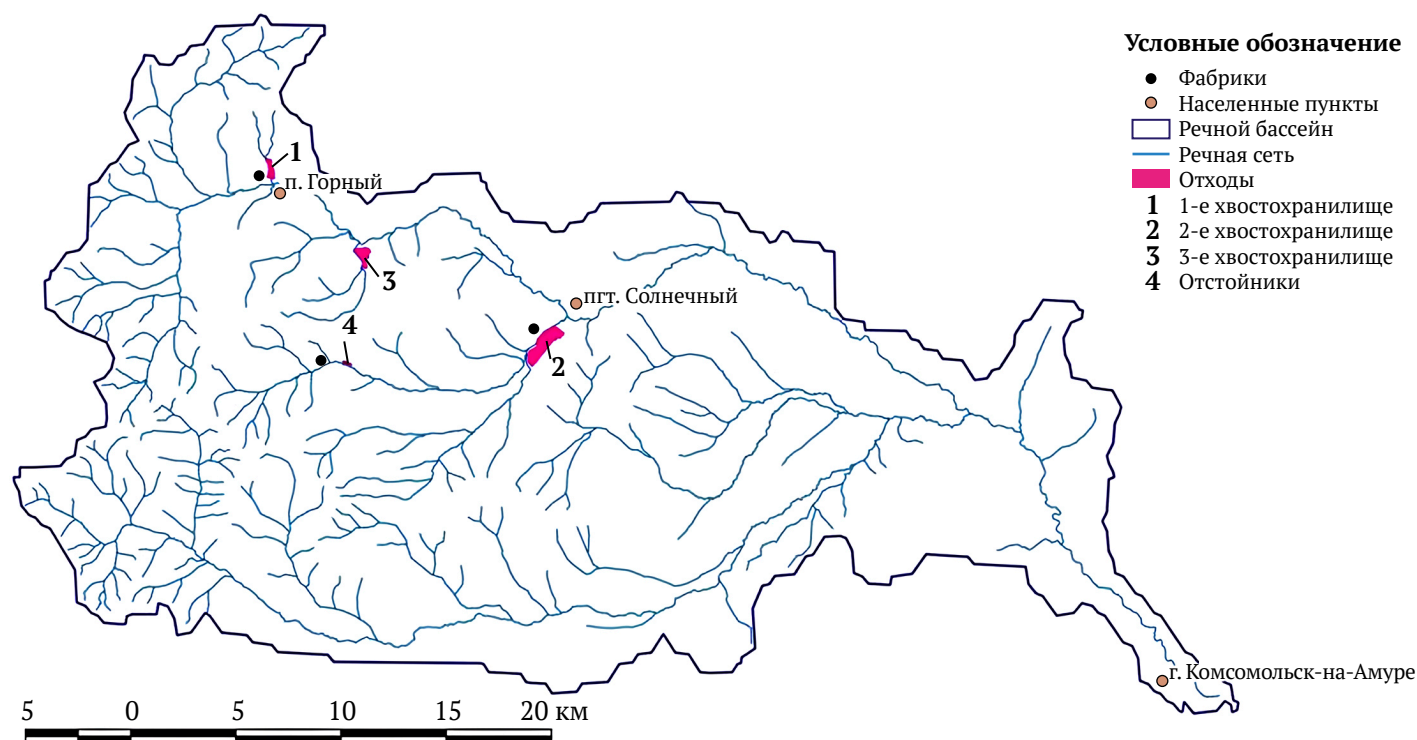


Рис. 1. Карта-схема размещения техногенных объектов в бассейне р. Силинки

Хвостохранилища Солнечного ГОКа сложены намывными песками серого цвета, иногда окрашенными гидроксидами железа, образующимися за счет окисления сульфидов, в коричневые оттенки. Размерность песчаных частиц в основном менее 0,5 мм. Около 1 % объема (в отдельных слоях – 3 %) занимают фракции более 2 мм, 70–83 % – 0,1–0,5 мм, 13–14 % – менее 0,1 мм (на отдельных горизонтах – 28 %). В вертикальном разрезе распределение песков по крупности зерен неравномерно. Согласно ранее проведенным исследованиям класса опасности отходов осушенные хвосты относятся к высоко опасному классу токсичности [25]. На территории нарушенных земель рекультивация в соответствии с Законом о недрах РФ не проводилась [26].

Первое хвостохранилище расположено напротив посёлка Горный на расстоянии около 100–500 м от обогатительной фабрики. Его площадь составляет 44 га, объём – 10,4 млн т (рис. 2, а).

Отходы второго хвостохранилища активно перерабатывает компания ООО «Геопроект» с целью производства оловянного и медного концентратов (рис. 2, б).

В настоящее время активы бывшего Солнечного ГОКа, месторождения «Фестивальное» и «Переваль-

ное», находятся под управлением АО «Оловянная рудная компания», которая перезапустила добычу олова и вольфрама и продолжила наполнять третье хвостохранилище (рис. 2, в, г).

Оценка лесистости бассейна р. Силинки проведена посредством расчёта нормализованного разностного индекса растительности (NDVI) с использованием данных Landsat 8 при обработке в QGIS. Согласно ранее проведенным исследованиям [27] определено, что значение индекса NDVI до 0,3 отражает безлесную территорию, выше 0,3 – покрытую лесом площадь.

Эколого-экономическая оценка воздействия работ по разведке и добыче полезных ископаемых не является стандартизированной и не имеет единого методического подхода. В данной работе использованы метод картографического моделирования с применением открытого программного обеспечения QGIS 3.10, а также рекомендации по расчёту экономического ущерба речному стоку через лесистость [28]:

$$M = -1,02 + 0,068 \times L, \quad (1)$$

где M – модуль стока с 1 км² водосборного бассейна; L – лесистость территории.


а

б

в

г

Рис. 2. Техногенно-нарушенные территории бывшего Солнечного ГОКа:

- а – действующая перерабатывающая фабрика АО «Оловянная рудная компания»;
- б – поверхность второго хвостохранилища; в – поверхность третьего хвостохранилища;
- г – поверхность отстойника месторождения «Фестивальное»

Результаты и обсуждение

Площадь речного бассейна Силинки составляет 1016 км² [29]. Бассейн реки относится к Дальневосточному таёжному лесному району и расположен в границах двух лесничеств: Комсомольского и Солнечного. На северо-западе расположена охранный зона памятника природы краевого значения «Оползневое озеро Амут», остальная часть лесного массива расположена в зелёной зоне или относится к эксплуатационным лесам.

За период с 2012 по 2024 г. площадь всей территории нарушенных земель в бассейне р. Силинки от горнопромышленной деятельности увеличилась с 341,5 га до 430,8 га (рис. 3).

Согласно геоинформационным исследованиям с использованием расчёта нормализованного разностного индекса растительности (NDVI) в QGIS из данных спутников программы Landsat в бассейне р. Силинки максимальное значение индекса не превышает 0,494, что можно отнести к средней степени развития лесной биомассы (рис. 4).

По результатам анализа полученных растровых изображений (табл. 1, рис. 5) выявлено, что лесистость бассейна р. Силинки в местах размещения нарушенных территорий Солнечного ГОКа изменилась

в зависимости от увеличения площади техногенных образований (рис. 6). Расчёт лесистости через вегетационный индекс показал снижение на 14,8 %.

Согласно рекомендациям по расчёту экономического ущерба речному стоку через лесистость (1) модуль стока с 1 км² водосборного бассейна для исследуемой территории на 2012 г. составил 3,978 тыс. м³. На 2024 г. – модуль речного стока составляет 2,9726 тыс. м³.

Налоговая ставка за 1 тыс. м³ из поверхностных вод водных объектов бассейна р. Амура (Дальневосточный регион) в пределах установленных квартальных лимитов водопользования равняется 264 руб. При заборе воды сверх установленных квартальных лимитов налоговые ставки устанавливаются в 5-кратном размере. Кроме того, налоговые ставки в 2024 г. применяются с коэффициентом 1,1.

Таким образом, стоимость 1 тыс. м³ воды на 2012 и 2024 гг. составляла 5776,05 и 4314,76 руб. соответственно.

Капитализированная стоимость исследуемой территории² равна 57760,5 и 43147,6 руб. соответственно.

² Приказ «Об утверждении методики исчисления размера ущерба от загрязнения подземных вод» от 11.02.1998 № 81. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. 1998.



а



б



в



г

Рис. 3. Карта-схема расположения техногенно-нарушенных территорий: а – первое хвостохранилище; б – второе хвостохранилище; в – третье хвостохранилище; г – отстойник месторождения «Фестивальное».

Примечание: синий – граница объекта в 2012 г., красный – граница объектов в 2024 г., фиолетовый – общая граница 2012 и 2024 гг.

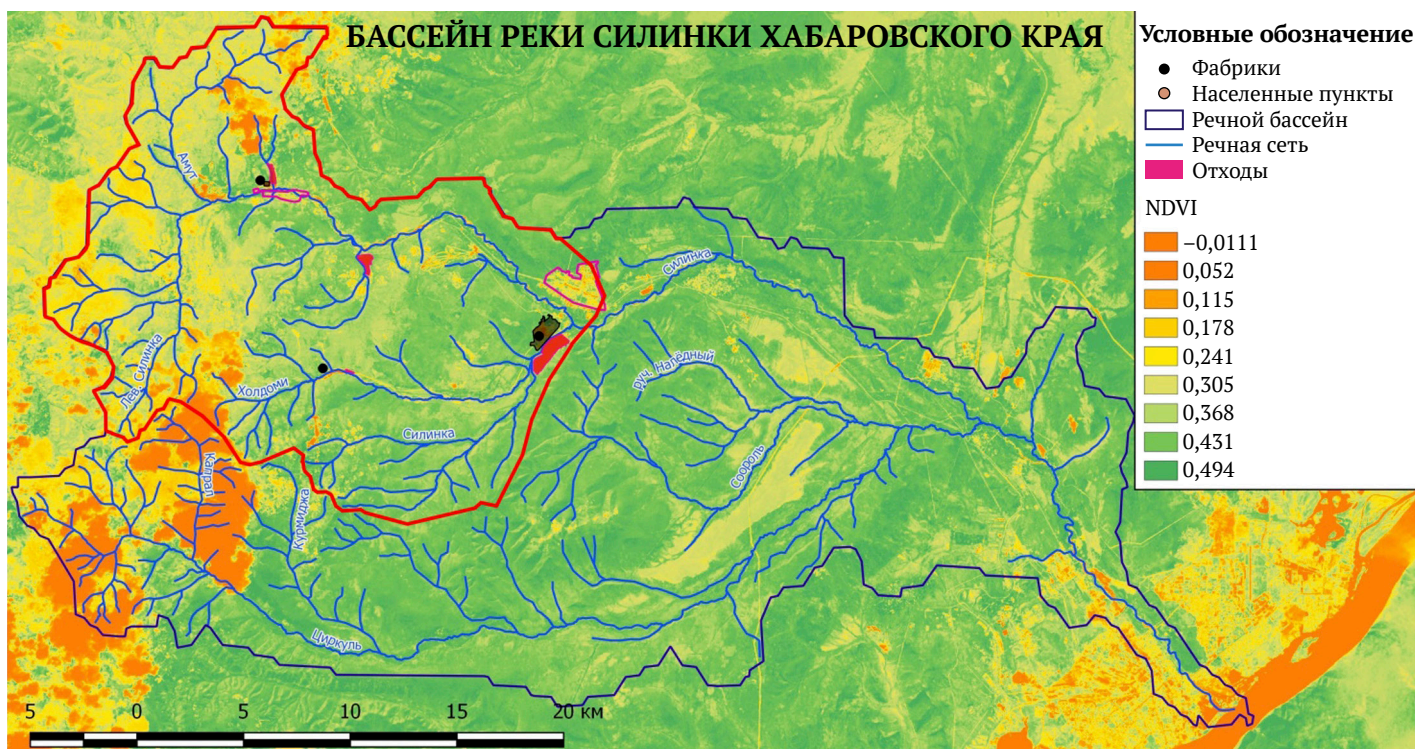


Рис. 4. Карта-схема бассейна р. Силинки с учётом нормализованного разностного индекса растительности (NDVI).

Примечание: красный – граница исследуемого участка речной сети

Таблица 1

Параметры лесистости при расчёте с использованием NDVI в границах бассейна рек, на которых расположены техногенные объекты исследуемых горных предприятий

Годы	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Лесистость, %	73,5	69,6	73,8	68,5	76,5	71,3	72,6	63,2	66,3	58,7	62,6	61,4
Площадь 1-го хвостохранилища	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	44	44	44	44	44
Площадь 2-го хвостохранилища	195	195	233	233	233	233	233	256	256	312	312	312
Площадь 3-го хвостохранилища	40,1	40,1	40,8	40,8	40,8	40,9	40,9	40,9	44	44	44	44
Площадь отстойника	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8

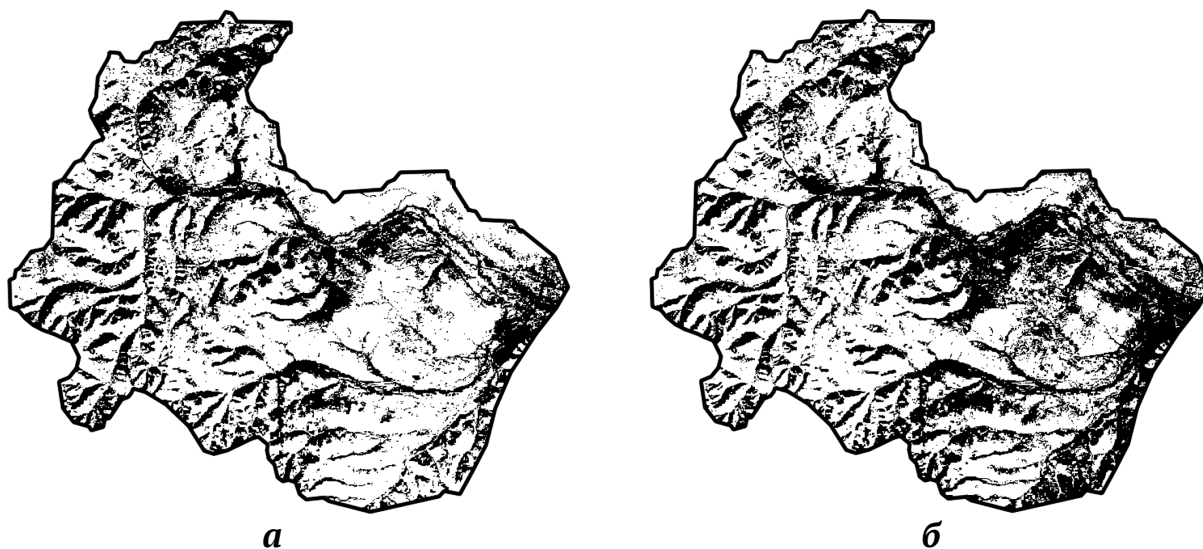


Рис. 5. Расчёт лесистости с использованием NDVI в границах бассейна рек, на которых расположены техногенные объекты исследуемых горнодобывающих предприятий (а – 2012, б – 2024).

Примечание: чёрные пиксели отображают территорию, не покрытую лесом

Таким образом, снижение стоимости исследуемой территории, выполняющей водоохранную функцию в бассейне р. Силинки на 1 км² площади, можно определить как разность между капитализированной стоимостью исследуемого бассейна р. Силинки на 2012 и 2024 гг.

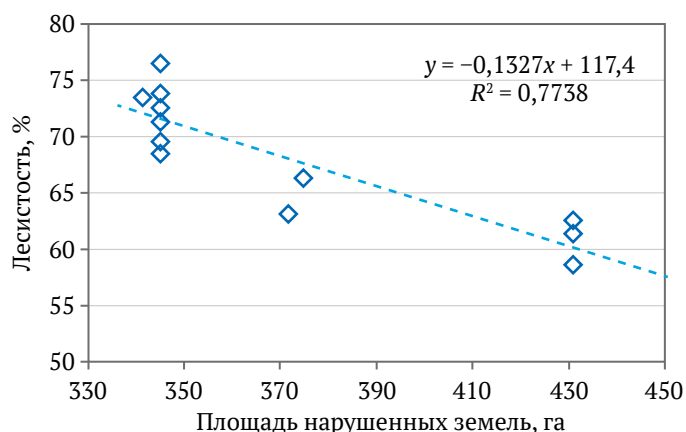


Рис. 6. Зависимость лесистости на исследуемой территории от площади нарушенных земель в бассейне р. Силинки

По результатам расчётов определено снижение средней стоимости 1 км² исследуемой территории в результате деятельности горнопромышленного предприятия на 14612,9 руб., что составляет около 25 %.

Заключение

Согласно проведенным исследованиям с использованием геоинформационных систем по расчёту нормализованного разностного индекса вегетации (NDVI) отмечается снижение лесистости речного бассейна в районе деятельности бывшего Солнечного горно-обогатительного комбината на 14,8 % относительно исследуемого водосборного бассейна р. Силинки на 2012 г., что подтверждает деградацию водорегулирующих функций растительного покрова. В результате снижения лесистости отмечается уменьшение модуля речного стока на 1,0064 тыс. м³, что эквивалентно снижению водности на 25 %. Расчёт средней стоимости 1 км² исследуемой территории на 2024 г. в результате деятельности горнопромышленного предприятия показал снижение на 14612,9 руб. горнопромышленных районов. Таким образом, процесс извлечения полезных ископаемых в виде оловянного сырья в бассейне р. Силинки Солнечного района Хабаровского края приводит к снижению лесистости, что обуславливает прямо пропорциональное снижение водности малых рек.

Список литературы / References

1. Болтыров В.Б., Дегтярев С.А., Селезнев С.Г., Стороженко Л.А. Экологические ущербы территорий образования и накопления горнопромышленных отходов. В: Под ред. В.И. Осипова, Н.Г. Максимовича, А.А. Барыха и др. Сергеевские чтения: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Пермь, 2–4 апреля 2019 г. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет; 2019. Вып. 21. С. 151–156. Boltryov V.B., Degtyarev S.A., Seleznev S.G., Storozhenko L.A. Ecological damages in territories of mining waste formation and accumulation. In: Osipov V.I., Maksimovich N.G., Baryakh A.A., et al. (Eds.) *Sergeevskie Chteniya: Proceedings of the Annual Session of the RAS Scientific Council on Geoecology, Engineering Geology, and Hydrogeology*. April 2–4, 2019. Perm: State National Research University. Vol. 21. Pp. 151–156. (In Russ.)
2. Рыбникова Л.С. Техногенное воздействие горнодобывающих предприятий Урала на состояние гидросферы. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2012;(1):74–91. Rybnikova L.S. Technogenic impact of the Urals mining works upon the hydrosphere status. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2012;(1):74–91. (In Russ.)
3. Ткаченко М.Е. *Общее лесоводство*. Изд. 2-е. М.: Гослесбумиздат; 1952. 598 с. Tkachenko M.E. *General forestry*. 2nd ed. Moscow: Goslesbumizdat; 1952. 598 p. (In Russ.)
4. Побединский А.В. *Водоохранная и почвозащитная роль лесов*. Изд. 2-е. Пушкино: ВНИИЛМ; 2013. 208 с. Pobedinskiy A.V. *Water protection and soil conservation role of forests*. 2nd ed. Pushkino: VNIILM; 2013. 208 p. (In Russ.)
5. Касимов Д.В., Касимов В.Д. *Некоторые подходы к оценке экосистемных функций лесных насаждений в практике природопользования*. М.: Мир науки; 2015. 91 с. Kasimov D.V., Kasimov V.D. *Some approaches to assessing ecosystem functions of forest stands in environmental management practice*. Moscow: Mir Nauki; 2015. 91 p. (In Russ.)
6. Гапаров К.К. *Влияние лесохозяйственных мероприятий на гидрологические и защитные функции еловых лесов Прииссыккуля*. Бишкек: Институт леса и ореховодства им. проф. П. А. Гана НАН Кыргызской Республики; 2007. 103 с. Gaparov K.K. *The influence of forestry practices on hydrological and protective functions of spruce forests in Issyk-Kul region*. Bishkek: Institute of Forest and Nut Farming named after Prof. P. A. Gan of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic; 2007. 103 p. (In Russ.)
7. Крестовский О.И. *Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек*. СПб.: Гидрометеиздат; 1986. 118 с. Krestovskiy O.I. *The influence of forest cutting and restoration on river water content*. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat; 1986. 118 p. (In Russ.)



8. Алексеевский Н.И. Речной сток: географическая роль и индикационные свойства. *Вопросы географии*. 2012;133:48–71.
Alekshevskiy N.I. River runoff: geographical role and indicative properties. *Problems of Geography*. 2012;133:48–71. (In Russ.)
9. Коронкевич Н.И., Мельник К.С. Влияние урбанизированных территорий на речной сток в Европе. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2019;(3):78–87. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019378-87>
Koronkevich N.I., Melnik K.S. Impact of urbanized landscapes on the river flow in Europe. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2019;(3):78–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019378-87>
10. Ясинский С.В., Веницианов Е.В., Вишневская И.А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе. *Водные ресурсы*. 2019;46(2):232–244. <https://doi.org/10.31857/S0321-0596462232-244>
Yasinskiy S.V., Venitsianov E.V., Vishnevskaya I.A. Diffuse pollution of waterbodies and assessment of nutrient removal under different land-use scenarios in a catchment area. *Vodnye Resursy*. 2019;46(2):232–244. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0321-0596462232-244>
11. Бузмаков С.А., Назаров А.В., Санников П.Ю. Изменения растительности под влиянием горнодобывающей деятельности. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2012;(5):261–263.
Buzmakov S.A., Nazarov A.V., Sannikov P.Yu. Influence of mining on vegetation. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012;(5):261–263. (In Russ.)
12. Лебедев Ю.В., Неклюдов И.А. Оценка водоохранно-водорегулирующей роли лесов: методические указания. Екатеринбург: УГЛУ; 2012. 36 с.
Lebedev Yu. V., Neklyudov I. A. Assessment of water conservation and water regulation functions of forests: methodological guidelines. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University; 2012. 36 p. (In Russ.)
13. Киреева М.Б., Илич В.П., Сазонов А.А., Михайлюкова П.Г. Оценка трансформации поверхности водосбора и её влияния на условия формирования стока в бассейне р. Дон на основе данных космической съёмки. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018;15(2):191–200. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-2-191-200>
Kireeva M.B., Ilich V.P., Sazonov A.A., Mikhaylyukova P.G. An assessment of changes in land usage and their impact on Don River basin runoff using satellite imagery. *Sovremennye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. 2018;15(2):191–200. (In Russ.) <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-2-191-200>
14. Макаров В.Н. Геохимическая оценка хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов Якутии. *Недропользование XXI век*. 2023;(3–4):34–41.
Makarov V.N. Geochemical assessment of tailings of mining and processing plants in Yakutia. *Nedropolzovanie XXI Vek*. 2023;(3–4):34–41. (In Russ.)
15. Абакумова В.Ю. Изучение влияния рельефа на строение речной сети бассейна реки Средняя Борзя (Забайкальский край). В: *Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия – Китай – Монголия*. Чита: Поиск; 2012. Вып. 3. Часть 1. С. 199–203.
Abakumova V.Y. Research of relief impact on river network structure (Zabaikalsky Krai). In: *Environmental cooperation in transboundary ecological regions: Russia – China – Mongolia*. Chita: Poisk; 2012. Vol. 3. Pt. 1. Pp. 199–203. (In Russ.)
16. Инишев Н.Г., Воронова А.А. Влияние ландшафтных особенностей заболоченных водосборов на гидрографы весеннего половодья. В: Под науч. ред. Инишевой Л.И. *Болота и биосфера*. Материалы Всероссийской с международным участием IX школы молодых ученых. Д. Вяткино Владимирской области, 14–18 сентября 2015 г. Вяткино: ООО «ПресСто»; 2015. С. 199–203.
Inishev N.G., Voronova A.A. The influence of landscape features of wetland watersheds on the hydrographs of spring flood. In: Inisheva L.I. (Ed.) *Swamps and the Biosphere*. Proceedings of the IX All-Russian School-Conference of Young Scientists with international participation. Vyatkinno, Vladimir Oblast, September 14–18, 2015. Vyatkinno: PresSto; 2015. Pp. 199–203. (In Russ.)
17. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Зайцева И.С. и др. Климатические и антропогенные факторы в многолетних изменениях речного стока реки Волги. *Водное хозяйство России*. 2013;(4):4–19.
Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Zaitseva I.S., et al. Climatic and anthropogenic factors in long-term alterations of the Volga river runoff. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2013;(4):4–19. (In Russ.)
18. Землянухин И.П., Радцевич Г.А. Влияние морфологии и лесистости водосборов на формирование стока. *Модели и технологии природообустройства (региональный аспект)*. 2016;(2):41–46.
Zemlyanukhin I.P., Radcevic G.A. Influence of morphology and woodiness of reservoirs on formation of the drain. *Modeli i Tekhnologii Prirodoustroistva (Regional'nyi Aspekt)*. 2016;(2):41–46. (In Russ.)
19. Конокова Б.А. Проблема сохранения качества пресных вод в горных условиях. *Новые технологии*. 2012;(2):1–6.
Konokova B.A. The problem of preservation of fresh water quality in the mountains. *New Technologies*. 2012;(2):1–6. (In Russ.)



20. Денмухаметов Р.Р., Шарифуллин А.Н. Антропогенная составляющая речного стока растворенных веществ. *Экологический консалтинг*. 2011;(1):34–41.
Denmukhametov R.R., Sharifullin A.N. Anthropogenic components of the river flow dissolved substances. *Ekologicheskii Konsalting*. 2011;(1):34–41. (In Russ.)
21. Крупская Л.Т., Мелконян Р.Г., Зверева В.П. и др. Опасность отходов, накопленных горными предприятиями в Дальневосточном федеральном округе, для окружающей среды и рекомендации по снижению риска экологических катастроф. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018;(12):102–112.
Krupskaya L.T., Melkonyan R.G., Zvereva V.P., et al. Ecological hazard of accumulated mining waste and recommendations on risk reduction in the Far Eastern Federal District. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2018;(12):102–112. (In Russ.)
22. Крупская Л.Т., Голубев Д.А., Растанина Н.К., Филатова М.Ю. Рекультивация поверхности хвостохранилища закрытого горного предприятия Приморского края с использованием биоремедиации. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2019;(9):138–148. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-09-0-138-148>
Krupskaya L.T., Golubev D.A., Rastanina N.K., Filatova M.Yu. Reclamation of tailings storage surface at a closed mine in the Primorsky Krai by bio remediation. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2019;(9):138–148. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-09-0-138-148>
23. Назаркина А.В. Особенности физических свойств и водного режима аллювиальных почв пойм рек Сихотэ-Алиня. *Почвоведение*. 2008;(5):576–586. (Перев. вер.: Nazarkina A.V. Physical properties and hydraulic regime of alluvial soils in floodplains of rivers in the Sikhote-Alin mountains. *Eurasian Soil Science*. 2008;41(5):509–518. <https://doi.org/10.1134/S1064229308050062>)
Nazarkina A.V. Physical properties and hydraulic regime of alluvial soils in floodplains of rivers in the Sikhote-Alin mountains. *Eurasian Soil Science*. 2008;41(5):509–518. <https://doi.org/10.1134/S1064229308050062> (Orig. ver.: Nazarkina A. V. Physical properties and hydraulic regime of alluvial soils in floodplains of rivers in the Sikhote-Alin mountains. *Pochvovedenie*. 2008;(5):576–586. (In Russ.))
24. Растанина Н.К., Колобанов К.А. Воздействие техногенного пылевого загрязнения на экосферу и здоровье человека закрытого горного предприятия Приамурья. *Горные науки и технологии*. 2021;6(1):16–22. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-1-16-22>
Rastanina N.K., Kolobanov K.A. Impact of technogenic dust pollution from the closed mining enterprise in the Amur Region on the ecosphere and human health. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2021;6(1):16–22. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-1-16-22>
25. Растанина Н.К., Галанина И.А., Попадьев И.А. Горно-экологический мониторинг изменения почв в границах влияния оловорудного ГОКа в Приамурье. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2024;(5):22–26. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2024.05.28>
Rastanina N.K., Galanina I.A., Popadyev I.A. Mining and environmental monitoring of soil changes within the boundaries of the influence of tin ore mining in the Amur Region. *Modern Science: Actual Problems of Theory & Practice. Series Natural & Technical Sciences*. 2024;(5):22–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2024.05.28>
26. Крупская Л.Т., Ионкин К.В., Крупский А.В. и др. К вопросу оценки хвостохранилища как источника загрязнения объектов природной среды. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009;(5):234–241.
Krupskaya L.T., Ionkin K.V., Krupskiy A.V., et al. On the issue of assessing tailing dumps as a source of environmental pollution. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2009;(5):234–241. (In Russ.)
27. Комаров А.А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018;(2):124–129.
Komarov A.A. Assessment of grass stand condition using NDVI vegetation index. *Izvestiya Saint Petersburg State Agrarian University*. 2018;(2):124–129. (In Russ.)
28. Тишков А.А., Бобылев С.Н., Медведева О.Е. и др. Экономика сохранения биоразнообразия. М.: Институт экономики природопользования; 2002. 604 с.
Tishkov A.A., Bobylev S.N., Medvedeva O.E., et al. *Economics of biodiversity*. Moscow: Institut Ekonomiki Prirodopol'zovaniya; 2002. 604 p. (In Russ.)
29. Белов Д.В., Бровко П.Ф. Рекреационный потенциал бассейна реки Силинка (Хабаровский край). *Тихоокеанская география*. 2020;(4):65–73. <https://doi.org/10.35735/tig.2020.4.4.007>
Belov D.V., Brovko P.F. Recreational potential of the Silinka River basin (Khabarovsk region). *The Pacific Geography*. 2020;(4):65–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.35735/tig.2020.4.4.007>

Информация об авторах

Наталья Константиновна Растанина – кандидат биологических наук, доцент высшей школы промышленности, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0000-0002-0252-6220](https://orcid.org/0000-0002-0252-6220); e-mail n.rastanina@yandex.ru



Дмитрий Андреевич Голубев – кандидат технических наук, доцент высшей школы управления, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск; ведущий научный сотрудник отдела охраны, защиты леса и лесной экологии, Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0000-0001-9416-2913](#); e-mail poet.golubev@mail.ru

Никита Алексеевич Каюмов – студент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0009-0001-6875-3290](#); e-mail nik.kayumov@mail.ru

Павел Леонидович Растанин – студент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0009-0008-6693-2747](#)

Илья Андреевич Попадъев – студент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0009-0009-7054-3856](#)

Information about the authors

Natalia K. Rastanina – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Higher School of Industrial Engineering, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0000-0002-0252-6220](#); e-mail n.rastanina@yandex.ru

Dmitry A. Golubev – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Higher School of Management, Pacific State University, Khabarovsk; Leading Researcher of the Department of Forest Protection and Forest Ecology, Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0000-0001-9416-2913](#); e-mail poet.golubev@mail.ru

Nikita A. Kayumov – Student, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0009-0001-6875-3290](#); e-mail nik.kayumov@mail.ru

Pavel L. Rastanin – Student, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0009-0008-6693-2747](#)

Ilya A. Popadyev – Student, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0009-0009-7054-3856](#)

Поступила в редакцию 15.04.2025

Поступила после рецензирования 20.06.2025

Принята к публикации 21.06.2025

Received 15.04.2025

Revised 20.06.2025

Accepted 21.06.2025