

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ КРИОЛИТОЗОНЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ



А. П. ПЕСТЕРЕВ,
доцент, канд. биол. наук,
Северо-Восточный федеральный
университет им. М. К. Аммосова,
Якутск, Россия,
Pesterev.a@mail.ru

Введение

В последнее десятилетие идет интенсивное изменение экосистем Республики Саха (Якутия), связанное с добычей полезных ископаемых на ее территории. Одним из объектов разработки является алмазоносная россыпь в бассейне р. Анабар, в 320 км от побережья моря Лаптевых, на северо-западе республики. Окружающая местность относится к зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты и покрыта редкой лиственничной растительностью (сочетание северной тайги и тундры).

Основные участки добычи алмазов расположены по притокам р. Анабар; отработка участков ведется открытым приисковым способом с изменением русла рек, строительством дамб и других гидротехнических сооружений для накопления воды и ее использования при промывке алмазоносных песков. Данная технология предусматривает полное снятие почвенно-растительного слоя, экскавацию вскрышных пород и вывозку их в отвалы, проведение буровзрывных работ и добычу песков, которые транспортируются на обогатительную фабрику для извлечения алмазов.

Горнодобычные работы вызывают загрязнение прилегающей территории и водных ресурсов, что негативно влияет на экосистемы. Исчезновение флоры, как естественного теплоизолятора, приводит к таянию мерзлоты с изменениями рельефа местности. Такой процесс возникает при разных криогенных явлениях (солифлюкции, тиксотропии, пучении, термоэрозии и т. д.), что имеет необратимый характер.

До недавнего времени территории ведения горных работ с экологической точки зрения изучались слабо, особенно в отношении структуры и характера почвенного покрова, являющегося основой природных экосистем [1–3]. Необходимы экологические мониторинговые исследования экосистем в зонах многолетней мерзлоты при техногенном воздействии. Целью данного исследования является оценка трансформаций северных ландшафтов в результате добычи полезных ископаемых. В дальнейшем следует разработать рекультивационные мероприятия и технологии ремидации территорий, нарушенных в ходе горно-обогатительного производства.

Представлены результаты изучения воздействий горных работ на компоненты окружающей природной среды северо-запада Якутии. Полученная информация необходима для последующего восстановления нарушенных земель в криолитозоне.

Ключевые слова: Республика Саха (Якутия), горнодобычные работы, мерзлотные почвы, микроэлементы, охрана окружающей среды.

DOI: [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.21](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.09.21)

Объекты, методика и результаты исследований

Описание компонентов экосистем и отбор проб почв по общепринятым методикам были проведены на начальном этапе широкомасштабных строительных и добычных работ в данном регионе [4]. Район исследований охватывает бассейн р. Моргогор, впадающей в р. Эбелях, которая, в свою очередь, является правым притоком р. Анабар. Месторождение алмазов представлено долинной россыпью р. Моргогор (участки Нижний и Верхний). Прилегающая к реке территория — относительно невысокое плато, расчлененное сетью ее боковых притоков. Максимальная абсолютная отметка 233,1 м зафиксирована на северо-восточной границе площади, на водоразделе рек Моргогор и Маят. Местность резко понижается (до отметки 71,1 м) в устье р. Моргогор (рис. 1). В продольном профиле водотоки представляют собой цепочку глубоких озеровидных расширений, соединенных узкими протоками. Склоны нижнего течения реки крутые, иногда обрывистые, для среднего и верхнего ее течения характерны пологие склоны. Относительное превышение поверхностей водоразделов над дном долины колеблется от 60 до 85 м.

Климат района резко континентальный с продолжительной (7–8 мес) зимой и умеренно теплым коротким (2–2,5 мес) летом. Средняя температура зимой — минус 35,5 °С, летом — плюс 11,7 °С. Среднегодовая температура — минус 14 °С. Район работ расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью более 700 м. Глубина сезонного оттаивания обычно не превышает 0,8 м. Территория относится к северо-таежному лесорастительному типу с преобладанием лиственницы Гмелина, голубично-моховых и лишайниковых видов леса. Высота деревьев не превышает 8–10 м с диаметром ствола до 20 см. Средний запас древесины — 30 м³/га. Лиственничники приурочены к водоразделам и склонам долин и представлены предгорным лесотундровым редколесьем. На пологих склонах и по днищам ручьев наблюдаются густые заросли карликовой березы, на пойменных участках произрастает ива, встречается ольха и шиповник.



Рис. 1. Река Моргогор в устьевой части

Днища долин заболоченные с отдельно стоящими деревьями. В травяном покрове поймы преобладает осока, в болотах — мхи, на водоразделах — лишайники (**рис. 2**).

В районе доминируют криоземы, распространенные на водораздельных пространствах, мерзлотные карбонатные деструктивные почвы развиты на надпойменных и пойменных участках. По всей территории хорошо развит мерзлотный бугорково-западинный и трещиновато-полигональный нано- и микрорельеф на фоне увалисто-лощинного мезорельефа аллювиальной равнины. Мощность почв составляет 0,1–0,3 м. Структура доминирующих типов почв региона и характер их распределения подробно представлены в статьях автора [5, 6].

Исходя из физико-географических особенностей территории Заполярья, горно-геологических условий залегания алмазов, гидрологического режима и параметров строения русла р. Моргогор, добывающим предприятием принят открытый способ разработки месторождения по следующей схеме: бульдозер — погрузчик — самосвал — сортировочная установка — самосвал — сезонная обогатительная фабрика. Вскрышные работы на полигонах прииска ведутся в феврале — мае и в октябре — ноябре, с предварительным буровзрывным и механическим рыхлением мерзлых покрывающих пород (торфов). С учетом ширины долины реки и средней мощности торфов проектом выбрана послыонная их выемка со



Рис. 2. Лиственничное редколесье в надпойменной террасе р. Моргогор

складированием торфов на обоих бортах карьера. Продуктивные пески обрабатываются круглогодично (зимой с применением буровзрывных работ, летом с механическим рыхлением). Отработку россыпи проводят побочно, начиная с устьевой части по направлению к верховьям р. Моргогор.

В процессе разработки месторождения на выемочных блоках происходит ряд нарушений и загрязнений окружающей природной среды. К нарушениям геомеханического характера относятся: удаление растительности и почвенного покрова на площадях выемки запасов; выемка торфов и алмазоносных песков из эксплуатационных блоков; складирование отвалов торфов на бортах карьера; засыпка естественных углублений рельефа; устройство технологических и хозяйственных дорог. Загрязнение околокарьерной атмосферы выражается в пыле- и газовой выделении при работе горного оборудования, а также пылении отвалов, пылевых и газовых выбросах при ведении буровзрывных работ. Следует особо выделить техногенное воздействие на водную среду в виде сброса в водосборный бассейн р. Моргогор остаточных технологических и хозяйственно-бытовых сточных вод вахтового поселка предприятия. При этом основными загрязнителями становятся: мелкодисперсные, малооседаемые в водной среде взвешенные вещества, получаемые при промывке песков; сточные воды различного происхождения и состава; горючесмазочные материалы, которые, попадая на вырубленную поверхность, способствуют ускоренному таянию мерзлоты и развитию термоэрозионных процессов. Наиболее опасным и непредсказуемым является сброс воды из водоемов оборотного водоснабжения в гидрографическую сеть, так как образующиеся взвеси не оседают даже за длительное время; скорость их оседания составляет всего лишь 1 см в течение 10–15 дней. Кроме того, из-за низкой температуры природной воды в районе (в среднем 3–5 °С) скорость разбавления сброшенных сточных вод весьма мала, что не обеспечивает достаточной безопасности для обитания гидробионтов.

Оценка состояния окружающей среды и система наблюдений представляют собой экологический мониторинг — средство информационного обеспечения процесса подготовки и принятия управленческих решений, учитывающих экологические факторы наряду с техническими и экономическими.

Анализ данных двухлетних наблюдений в исследуемом районе показал, что произошло изменение параметров геохимического фона донных осадков устьевой части р. Моргогор. Отмечено увеличение содержания V (в 4,7 раза), Li (в 1,7 раза) и Ni (в 1,3 раза), а Mo, Ag и Sn проявляют тенденцию к снижению (до 3 раз) по отношению к исходному уровню. Остальные элементы сохранили уровень своей концентрации неизменными.

При анализе существующего содержания микроэлементов в почве выявлено, что относительно среднего содержания мировых почв [7] в бассейне р. Моргогор элементы: Li, B, V, Co, Zn, Ga, Pb превышают кларковые значения, но находятся ниже уровня ПДК, принятого в России. Вместе с тем распределение микроэлементов по валовому составу по типам почв имеет свои особенности. Так Li и V накапливаются больше в криоземах, независимо от оглеености и тиксотропности и меньше в карбонат-

ных деструктивных и интразональных почвах. Элемент В аккумулируется в обратном соотношении. По Co относительное накопление отмечается в тиксотропном криоземе, а по остальным типам почв этот элемент распределен равномерно. Общее содержание Zn равно по типам, но преимущественно он встречается в минеральной части криоземов. Содержание Ga в почвах равномерное. Относительно увеличенное содержание Pb наблюдается в мерзлотной карбонатной деструктивной почве. Влияние на живые организмы тяжелых металлов проявляется весьма негативно [8–10].

Помимо выемки почвогрунтов, в карьере нарушение почвенно-растительного покрова происходит по пути движения автотранспорта и при работе тяжелой тракторной техники, а также из-за попадания загрязняющих веществ на поверхность почв при неорганизованном обращении с отходами горно-обогатительного производства. Особенностью северных почв является кислая среда, что предопределяет высокую подвижность тяжелых токсичных металлов в почвенном профиле. Поэтому загрязнение охватывает более обширные территории и может попадать в водные системы и вместе с водой перемещаться на значительные расстояния, уничтожая живую биоту в экосистемах [11].

В целом недропользование в северных регионах должно основываться на двух главных принципах:

- разработка месторождения имеет временный характер и должна осуществляться таким образом, чтобы оставить возможность последующего эффективного использования территории для других народнохозяйственных целей;
- в ходе горно-обогатительного производства необходимо соблюдать количественные критерии допустимых нарушений, чтобы они не оказывали вредного воздействия на общую экологию района добычи.

Земельные ресурсы, в частности почвенный покров, являются наиболее ценным и медленно возобновляющимся природным компонентом. Поэтому при ведении строительных и добычных работ снятие и охрану плодородного почвенного слоя следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.03-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ» [12, 13]. В дальнейшем в соответствии с Земельным кодексом РФ [14, 15] предприятия при добыче полезных ископаемых обязаны провести рекультивационные работы и возместить убытки землепользователям.

Заключение

Развитие алмазодобывающей промышленности в северо-таежной местности с ее легкоранимыми экосистемами усугубляет экологическую ситуацию региона. Наблюдениями установлено, что в процессе горных работ уничтожается почвенно-растительный слой, изменяются русла рек, сдвигаются массы почвогрунта с изменением естественного рельефа местности. Это сопровождается загрязнением компонентов среды тяжелыми металлами и другими токсикантами, что в итоге приводит к уменьшению биоразнообразия природы. В связи с интенсивной разработкой россыпных месторождений алмазов техногенные

нарушения участков природного ценоза в дальнейшем будут возрастать, оказывая отрицательное влияние на структуру и функционирование экосистем Севера. Повышенная уязвимость северных ландшафтов к техногенным воздействиям требует

поиска эффективных методов ранней диагностики состояния природной среды и разработки новых природосберегающих технологий добычи полезных ископаемых с последующим полным восстановлением природных экосистем.

Библиографический список

- Bardina T. V., Chugunova M. V., Kulibaba V. V., Bardina V. I. The use of biological methods for control of soil at industrial waste landfills // International symposium «Environmental and engineering aspects for sustainable living». Hannover : EWG, 2014. P. 26–27.
- Buevich A. G., Nekuryaschih A. A., Sergeev A. P., Medvedev A. N. Artificial neural network interpolation of geochemical fields of surface soil inside a small area // International symposium «Environmental and engineering aspects for sustainable living». Hannover : EWG, 2014. P. 36–37.
- Полевич О. В., Москаленко В. В. Определение состава почв методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) // Материалы IX международной научно-практической конференции «Передние научные новинки». Дил 8. — Прага : Education and Science, 2014. P. 17–19.
- Пестерев А. П., Саввинов Г. Н. Систематике мерзлотных северотаежных почв // Наука и образование. 2001. № 1. С. 21–25.
- Пестерев А. П. Структура почвенного покрова бассейна р. Анабар // Наука и образование. 2011. № 4(64). С. 51–54.
- Пестерев А. П. Почвенный покров Западной Якутии // Вестник СВФУ. 2013. № 3. С. 10–17.
- Беккер А. А., Агаев Т. Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 286 с.
- Stajner I. et al. US national air quality forecast capability: expanding coverage to include particulate matter in Air Pollution Modeling and its Application XXI / eds G. Douw, et al. — Netherlands : Springer, 2012. P. 379–384.
- Brown D. M., Petersen M., Costello S., Noth E. M., Hammond K., Cullen M. et al. Occupational Exposure to PM_{2.5} and Incidence of Ischemic Heart Disease. *Epidemiology*. 2015. Vol. 26(6). pp. 806–814. doi: 10.1097/ede.0000000000000329
- Жакупова А. Н., Евсева Е. Ю. Воздействие алюминия на окружающую среду и организм человека // Материалы IX международной научно-практической конференции «Передние научные новинки». Дил 8. : Прага. Education and Science, 2014. P. 82–89.
- Darke A. K., Walbridge M. R. Al and Fe biogeochemistry in a floodplain forest: implication for Phytoremediation. *Biogeochemistry*. 2000. Vol. 51. P. 1–32.
- ГОСТ 17.4.3.03-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. — М.: Стандартинформ, 2008. — 2 с.
- The ISO Survey of Management System Standard Certifications. URL: <http://www.iso.org/iso-survey>, ISO 14001 data (excel). 1999–2011.
- Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 08.03.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2015); принят Гос. Думой РФ 28.09.2001; одобрен Советом Федерации 10.10.2001.
- Основные положения о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы; утв. Приказом Минприроды России и Роскомзема от 22.12.1995 г. № 525/67. **РД**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 9, pp. 104–107
DOI: [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.21](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.09.21)

Transformation of permafrost ecosystems under diamond placer mining

Information about author

A. P. Pesterev¹, Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Pesterev.a@mail.ru

¹ Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract

Development of the northern diamondiferous territories entails adverse impact on the environment. At the same time, the components of the northern taiga ecosystems and their response to the industrial impact are yet insufficiently studied. In this article, the types of damage and pollution during open pit mining of diamond placers in basins of small rivers are considered. The climatic characteristics of the region are assessed, and the interrelation of the forest vegetation cover with permafrost is highlighted. The consequences of the industrial influence on the soil and land resources are investigated. The impact of a mine on the environment is characterized per types of damage and its aftereffects. The consistent pattern of selective accumulation of heavy metals depending on typology of frozen soil is determined. Northern soil features promoting spreading of pollution and transition of pollutants from land ecosystems to aqueous ecosystems are defined. The research findings expand the knowledge on the mechanisms and regularities of man-made impact on permafrost ecosystems and display the demand for new effective and ecology-friendly mining technologies in the context of the environmental protection. The presented material will serve the basis for further monitoring research and will allow future reclamation activities in the Arctic regions taking into account their zonal features.

Keywords: Republic of Sakha (Yakutia), mining, permafrost rock mass, microelements, environmental protection.

References

- Bardina T. V., Chugunova M. V., Kulibaba V. V., Bardina V. I. The use of biological methods for control of soil at industrial waste landfills. *International symposium "Environmental and engineering aspects for sustainable living"*. Hannover, EWG. 2014. pp. 26–27.
- Buevich A. G., Nekuryaschih A. A., Sergeev A. P., Medvedev A. N. Artificial neural network interpolation

of geochemical fields of surface soil inside a small area. *Environmental and engineering aspects for sustainable living*. Hannover, EWG, 2014. pp. 36–37.

- Polevich O. V., Moskalenko V. V. Definition of soil composition by X-ray fluorescence analysis. *Materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference «Přední vědecké novinky»*. Дил 8. : Прага. Education and Science, 2014. p. 17–19.
- Pesterev A. P., Savvinov G. N. To the systematics of crysolitic north taiga soils. *Nauka i obrazovanie*. 2001. No. 1. pp. 21–25.
- Pesterev A. P. Structure of soil cover basin of Anbar river. *Nauka i obrazovanie*. 2011. No. 4(64). pp. 51–54.
- Pesterev A. P. Soil covering in the West of Yakutia. *Vestnik SVFU*. 2013. No. 3. pp. 10–17.
- Kozupeev A. V., Kurnev V. T., Kleymenov V. V. Anabarskiy Ore-Dressing and Processing Enterprise: mining of diamond-bearing placers in the Arctic area of Yakutia. *Gornyy Zhurnal*. 2005. No. 7. pp. 54–57.
- Bekker A. A., Agaev T. B. Protection and control of pollution of natural environment. Leningrad : Gidrometeozdat, 1989. 286 p.
- Stajner I. et al. US national air quality forecast capability: expanding coverage to include particulate matter in Air Pollution Modeling and its Application XXI. Eds G. Douw, et al. Netherlands, Springer. 2012. pp. 379–384.
- Brown D. M., Petersen M., Costello S., Noth E. M., Hammond K., Cullen M. et al. Occupational Exposure to PM_{2.5} and Incidence of Ischemic Heart Disease: Longitudinal Targeted Minimum Loss-based Estimation. *Epidemiology*. 2015. DOI: 10.1097/EDE.0000000000000329.
- Zhakupova A. N., Evseva E. Yu. Aluminium influence on environment and human organism. *Materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference "Přední vědecké novinky"*. Дил 8. : Education and Science. Praha, 2014. pp. 82–89.
- Darke A. K., Walbridge M. R. Al and Fe biogeochemistry in a floodplain forest: implication for Phytoremediation. *Biogeochemistry*. Vol. 51. 2000. pp. 1–32.
- State Standard GOST 17.4.3.03-85. Natural protection. Soils. General requirements to the methods of definition of pollution substances. Introduced: 01.01.87. Moscow : Standartinform, 2008. 2 p. (in Russian)
- The ISO Survey of Management System Standard Certifications. Available at: <http://www.iso.org/iso-survey>, ISO 14001 data (excel). 1999–2011.
- Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (in Russian)