

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 622.7.013(571.513):911.52:502.1

DOI: 10.15372/GIPR20250304

Н.П. СОБОЛЕВА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томск, пр. Ленина, 30, Россия, n-soboleva@tpu.ru

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ВЛИЯНИЯ СОРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

Представлены результаты исследования состояния ландшафтов на территории, прилегающей к разработке Сорского горно-обогатительного комбината, являющегося крупным горнопромышленным производством. Комплексный анализ характера измененности природных ландшафтов позволил выделить три зоны воздействия комбината: прямого, косвенного и фонового влияния. На основе методики ландшафтного планирования территории разработаны критерии оценки чувствительности почв и растительности к пылевому и химическому загрязнению. Проведена интегральная оценка и составлены карты чувствительности урочищ в пределах зон воздействия Сорского ГОК. Урочища низкой степени чувствительности — это в основном измененные природно-антропогенные комплексы — просеки ЛЭП, сельскохозяйственные угодья и селитебные территории, а также часть природных комплексов, занимающих верхние залесенные части склонов и слабонаклонные поверхности долин малых рек с остепненными злаковыми лугами. К урочищам со средней степенью чувствительности относятся слабонаклонные поверхности долин малых рек с редколесьем и злаково-разнотравными лугами, склоны со смешанными лесами и разнотравно-злаковыми лугами. Высокочувствительные урочища — это выровненные днища долин малых рек и озерных котловин с березовыми лесами и разнотравно-осоковыми лугами, крутые склоны с луговыми каменистыми степями, плоские вершины и седловины с кустарниками и редколесьем, склоны с низкотравными альпийскими лугами. Анализ распределения типов урочищ показал преобладание в зоне косвенного и фонового воздействия урочищ со средней степенью чувствительности, на долю которых приходится более половины площади зон. Проведенные исследования дают основание сделать вывод о незначительных изменениях природных ландшафтов на территории влияния деятельности Сорского ГОК, результаты возможно использовать для корректировки сети мониторинговых наблюдений.

Ключевые слова: горнодобывающее производство, зоны воздействия, оценка чувствительности ландшафтов, почвы, растительность, изменение ландшафтов.

N.P. SOBOLEVA

National Research Tomsk Polytechnic University,
634050, Tomsk, pr. Lenina, 30, Russia, n-soboleva@tpu.ru

LANDSCAPE-ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE TERRITORY OF INFLUENCE OF THE SORSK MINING AND PROCESSING PLANT (REPUBLIC OF KHAKASSIA)

The article presents the results of the study of the state of landscapes in the territory adjacent to the development site of the Sorsk mining and processing plant (SMPP), which is a large mining and processing enterprise. A comprehensive analysis of the changes in natural landscapes made it possible to identify three zones of the plant's impact: direct, indirect and background influence. Criteria for assessing the sensitivity of soils and vegetation to dust and chemical pollution were developed based on the methodology of landscape planning of a territory. An integral assessment was carried out and sensitivity maps of landscape units within the impact zones of the SMPP were compiled. Landscape units of a low sensitivity degree are mainly represented by modified natural and anthropogenic complexes, i.e. power transmission line clearings, agricultural lands and residential areas, as well as some natural complexes occupying the upper forested parts of slopes and gently sloping surfaces of small river valleys.

with steppe grass meadows. Landscape units of a medium sensitivity level include gently sloping surfaces of small river valleys with sparse forests and grass-forb meadows, and slopes with mixed forests and forb-grass meadows. Highly sensitive landscape units are levelled bottoms of small river valleys and lake basins with birch forests and forb-sedge meadows, steep slopes with meadow rocky steppes, flat tops and saddles with shrubs and sparse forests, and slopes with low-grass alpine meadows. The analysis of the distribution of landscape units showed the prevalence of medium-sensitive units in the zone of indirect and background impact, which cover more than half of the area of the zones. The conducted studies provide grounds for drawing a conclusion about minor changes in the natural landscapes within the territory of influence of the SMPP; the results can be used to adjust the monitoring observation network.

Keywords: *mining production, impact zones, landscape sensitivity assessment, soils, vegetation, landscape changes.*

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы воздействия горнопромышленного производства на окружающую среду являются актуальными, особенно в последние десятилетия, когда горное производство стало быстро развиваться в связи с активным вовлечением в хозяйственный оборот минерального сырья. Особенно остро эта проблема стоит при извлечении цветных металлов, сопровождаемом образованием огромного количества твердых промышленных отходов (ввиду небольших содержаний полезного компонента в руде — 200–400 г/т), и в ходе добычи в открытых горных выработках [1–5].

При данном способе процессы горных работ происходят в горных выработках незамкнутого контура (карьерах), открытых в атмосферу, и осуществляются с полным изъятием почв и грунтов, покрывающих горные породы, разрушением биоты, масштабным нарушением гидробаланса и образованием депрессионных воронок, загрязнением природных источников воды, загрязнением атмосферы пылью и газами, а также с образованием твердых отходов в больших количествах [6].

В Республике Хакасия вследствие длинной истории развития горнодобывающей промышленности накопился ряд проблем экологического характера, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых, особенно открытым способом [7, 8]. Деятельность Сорского горно-обогатительного комбината (ГОК) при извлечении из недр медно-молибденовых руд сопровождается образованием большого объема отходов, накапливающихся в прилегающих ландшафтах, что определяет актуальность выявления влияния горнопромышленного производства на природные комплексы, а также принятие мер по минимизации техногенного воздействия.

Цель данного исследования — оценка чувствительности природных ландшафтов, находящихся под воздействием горнодобывающего производства, к пылевому и химическому загрязнению.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Объект исследования представляет собой окрестности Сорского ГОК в Хакасии, находящиеся в пределах переходной биоклиматической зоны от горно-таежных к степным ландшафтам [9].

В составе естественного растительного покрова лесов преобладают лиственница и береза, реже встречаются сосна и ель. На открытых пространствах долин рек и на склонах формируются разнообразные луговые сообщества из высокотравья, разнотравно-злаковых, злаково-разнотравных, остепненных и других сообществ с большим видовым составом. По долинам рек развиты осоково-злаковые луга, низинные травяные болота и заросли кустарников [10].

В районе распространены горные серые лесные почвы, формирующиеся под влиянием мощного дернового процесса, черноземы, лугово-черноземные и аллювиальные почвы.

При отработке Сорского медно-молибденового месторождения открытым способом сформировался горнопромышленный ландшафт, характеризующийся комплексом техногенного воздействия на окружающую среду, основу которого составляют вскрышные работы, образование отвалов, буровзрывные работы и складирование отходов обогащения в хвостохранилище. Последствия этих процессов наблюдаются во всех геосферах Земли [11].

При вскрытии и разработке Сорского медно-молибденового месторождения происходит увеличение содержания рудных элементов в различных компонентах окружающей среды на прилегающей к предприятию территории в результате пылевой эмиссии, вследствие ведения горных и земляных работ, изменения водного баланса и структуры потоков подземных и поверхностных вод, условий их питания и разгрузки, изменения качества подземных, поверхностных и талых вод, вторичного загрязнения и ионообменных реакций в водовмещающих отложениях как следствия изменения химического состава [12].

Проведенная работа базируется на методах комплексных физико-географических исследований. Для оценки чувствительности ландшафтов использовалась методика, применяемая при ландшафтном планировании территории, разработанная группой ученых Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН — А.Н. Антиповым, А.В. Дроздовым, В.В. Кравченко, Ю.М. Семеновым и др. [13, 14]. В настоящее время она широко применяется при оценке воздействия различного рода антропогенной деятельности на компоненты природной среды и ландшафты в целом. Картографической основой проведения оценки послужила ландшафтная карта уровня урочищ масштаба 1:25 000, составленная автором на основе картографических материалов и собственных экспедиционных исследований [10]. Для оценки общего состояния ландшафтов использовались визуальные наблюдения с элементами биоиндикации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе анализа воздействия горнодобывающей деятельности проведено выделение зон влияния Сорского ГОК на ландшафты окрестных территорий (рис. 1). При выделении этих зон применялся комплексный подход, т. е. учитывалось воздействие на ландшафты в целом.

Первая зона — это территория, испытывающая на себе прямое воздействие горнодобывающей деятельности, соответствует большей части земельного отвода предприятия. Это зона непосредственного ведения горных работ, размещения технологических объектов, складирования отходов производства. В ней происходит разрушение и деградация ландшафтов. Природные ландшафты как таковые отсутствуют.

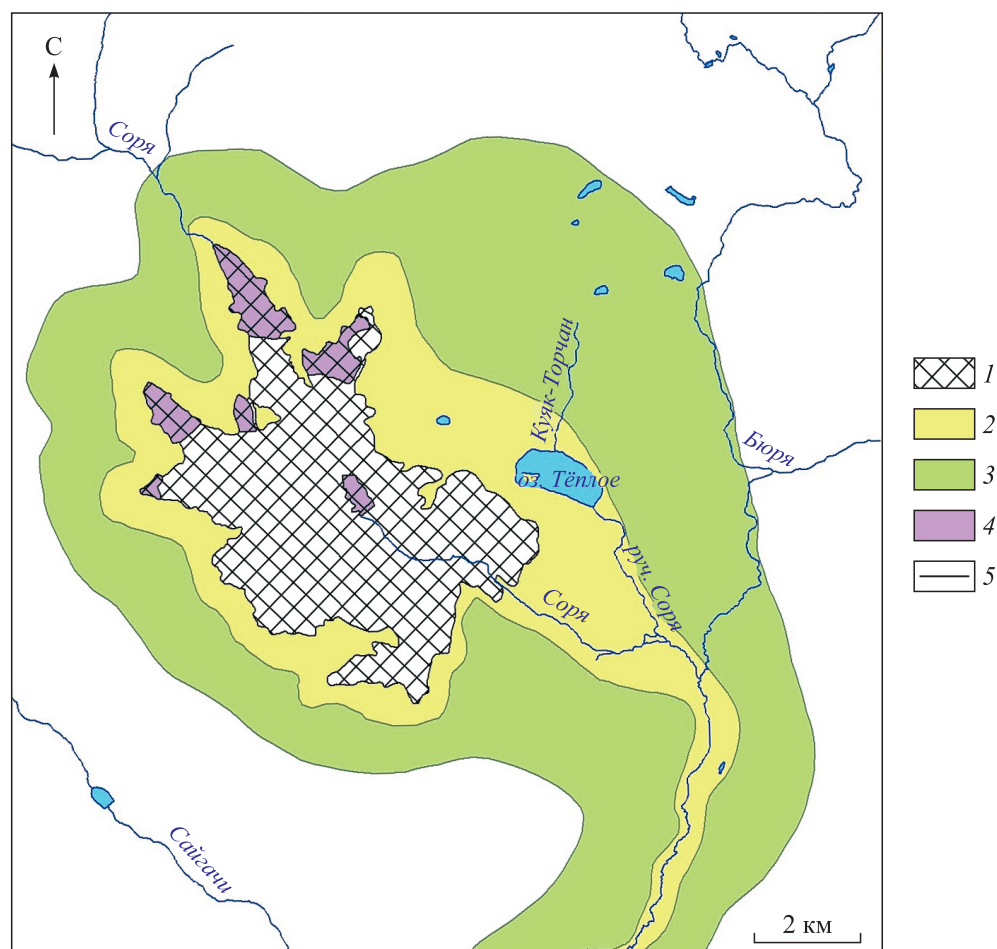


Рис. 1. Зоны воздействия Сорского ГОК на окружающую среду.

Зоны воздействия Сорского ГОК на окружающую среду: 1 — прямого воздействия (зона 1), 2 — косвенного воздействия (зона 2), 3 — фонового влияния (зона 3). 4 — отстойники. 5 — граница района исследования.

Вторая зона охватывает территории наиболее активного косвенного воздействия Сорского ГОК. Выделена на основе расчетной санитарно-защитной зоны с учетом результатов мониторинговых исследований территории, а также направления преобладающих ветров (юго-западное и западное). В целом во второй зоне происходит деградация природных ландшафтов под влиянием деятельности Сорского ГОК.

Третья зона — это периферийная зона, или зона фонового влияния. Выделена с целью возможности проследить фоновые изменения состояния природной среды в схожих ландшафтных условиях, сравнить их с ее изменениями в зонах прямого и косвенного воздействия комбината. Зона немного вытянута в северо-восточном направлении в соответствии с розой ветров, восточная граница приурочена к долине р. Бюри, в пределах которой не наблюдаются режимных изменений подземных и поверхностных вод. В остальной части граница связана с водоразделом р. Соры, который ограждает водосборные бассейны соседних малых рек от техногенного воздействия комбината.

В районах воздействия горно-обогатительного производства происходят интенсивные преобразования естественной среды, наносящие ей ущерб: отчуждение для ведения горных работ территорий, взятых из земель лесного и сельскохозяйственного назначения, неблагоприятные гидрологические и гидрогеологические изменения, загрязнение вредными веществами почв и водоемов, изменение микроклимата и многое другое.

По данным мониторинговых исследований [12], основной вклад в загрязнение окружающей среды Сорский ГОК вносит за счет пылевой нагрузки, выбросов в атмосферу, а также изменения режима и загрязнения подземных и поверхностных вод.

Компоненты ландшафта по-разному реагируют на пылевое и химическое загрязнение.

Устойчивость почв во многом зависит от потенциала естественного самоочищения, подразумевающего совокупность физических, химических и биохимических процессов, обуславливающих естественное разложение загрязняющих веществ и ведущих к восстановлению естественных свойств почв и их природного потенциала. Так, потенциал самоочищения почв горных территорий от минеральных веществ выше по сравнению с почвами равнин за счет уменьшения сорбционной способности при легком механическом составе.

Скорому разложению и выносу загрязняющих веществ из ландшафта способствует развитие окислительных условий. Неблагоприятные условия разложения химических веществ в почвах и выноса их из ландшафта складываются при активном развитии процессов мерзлотного оглеения, криогенной метаморфизации солевых растворов при высокой способности оторфованных горизонтов болотных почв к поглощению токсичных веществ и продуктов их трансформации [15].

Показателем нормального функционирования почвы может служить ее биологическая продуктивность, содержание гумуса в верхних горизонтах [16], а также отсутствие накопления в биомассе произрастающих на этих почвах растений чуждых и нарушающих жизненные функции растений элементов [17].

Преобладающие на исследуемой территории зональные почвы (горные серые лесные) характеризуются средним потенциалом самоочищения [15]. Высоким потенциалом обладают черноземные, лугово-черноземные и горные дерновые почвы за счет активных биохимических процессов. Избыточная увлажненность почв сильно снижает их потенциал самоочищения, поэтому к почвам с низким значением этого показателя были отнесены дерново-глеевые почвы с застойным типом водного режима, формирующиеся под влиянием грунтовых вод.

При оценке чувствительности биотопов целесообразно использовать данные по характеру реакции на воздействие групп растений, так как растительные сообщества различных видов по-разному реагируют на пылевое и химическое загрязнение.

Наиболее устойчивыми к загрязнению атмосферного воздуха являются лиственные древесные растения и кустарники, которые ежегодно сбрасывают листья, и травы. Наиболее чувствительные — вечнозеленые древесные растения, они повреждаются в первую очередь. В соответствии с этим при длительном химическом воздействии на фитоценоз в нем наблюдаются закономерные изменения: утрачиваются вначале хвойные, затем листопадные породы. Начинает преобладать сорная растительность [18–20].

Д.В. Московченко [21] при исследовании воздействия нефтегазового комплекса на окружающую среду располагает древесные породы лесов в порядке уменьшения устойчивости: береза — кедр — сосна — лиственница — ель.

Исходя из вышеизложенного, были разработаны критерии оценки чувствительности компонентов ландшафта — почв и растительности.

Для почв каждого типа урочищ в соответствии с критериями оценки (табл. 1) была определена степень чувствительности к пылевому и химическому загрязнению.

Высокой степенью чувствительности обладают маломощные почвы с большим количеством каменных включений, а также почвы с избыточным увлажнением (дерново-глеевые). Низкочувствительные — это черноземовидные почвы и сильноизмененные почвы селитебных территорий. Средней чувствительностью характеризуются серые лесные и дерновые почвы, а также почвы сельскохозяйственных угодий, частично сохранившие естественное функционирование.

Также характер растительности каждого типа урочищ был оценен на предмет чувствительности к пылевому и химическому загрязнению в соответствии с разработанными критериями (табл. 2).

Были выявлены высокочувствительные сообщества: гидроморфные сообщества (растительность днищ долин), леса с преобладанием в древостое темнохвойных пород и луговые формации с разреженным и маломощным травянистым покровом. Низкая степень чувствительности характерна для лесов с преобладанием лиственных пород деревьев, а также для территорий с замещением естественной растительности и преобладанием рудеральных видов (селитебные и сельскохозяйственные участки, полидоминантные луга под ЛЭП). Средней чувствительностью определяются лугово-степные травянистые сообщества, леса с преобладанием светлохвойных пород деревьев (сосна, лиственница) и редколесья.

На следующем этапе путем суммирования баллов оценки чувствительности для почв и растительности была получена интегральная оценка чувствительности урочищ к пылевому и химическому загрязнению. При этом выявлено, что высокой категории чувствительности соответствует сумма в 5–6 баллов, средней — 4, а низкой — 3–2 балла (рис. 2).

На основе полученных данных был проведен анализ распределения типов урочищ (рис. 3), который показал преобладание в зоне косвенного (зона 2) и фонового (зона 3) воздействия урочищ со средней степенью чувствительности, на долю которых приходится более половины площади зон. Наименьшая доля принадлежит урочищам с высокой степенью чувствительности. На долю низкочувствительных урочищ приходится чуть более четверти площади в каждой из зон.

Таблица 1

Критерии оценки чувствительности почв к пылевому и химическому загрязнению

Критерий оценки	Степень чувствительности	Оценка, балл
— высокое содержание гумуса в верхних горизонтах почвы (более 6 %) — высокий потенциал самоочищения почв — хорошая задернованность почв и мощность более 50 см — наличие сильноизмененных почв	Низкая	1
— среднее содержание гумуса в верхних горизонтах (4–6 %) — средний потенциал самоочищения почв — хорошая задернованность почв и мощность менее 50 см — наличие измененных почв с частичным сохранением естественного функционирования	Средняя	2
— низкое содержание гумуса в верхних горизонтах (менее 4 %) — низкий потенциал самоочищения почв — небольшая мощность почв, каменистость — заболоченность, избыточное увлажнение почв (застойный тип водного режима)	Высокая	3

Таблица 2

Критерии оценки чувствительности растительности к пылевому и химическому загрязнению

Критерий оценки	Степень чувствительности	Оценка, балл
— преобладание в древостое лиственных пород деревьев — высокое видовое разнообразие растительных сообществ — обширное развитие рудеральных видов	Низкая	1
— преобладание лугово-степных сообществ — преобладание в древостое светлохвойных пород деревьев — сочетание разреженного древостоя с травянистой растительностью	Средняя	2
— преобладание в древостое темнохвойных пород деревьев — гидроморфные сообщества — малая мощность и разреженность травянистого покрова	Высокая	3

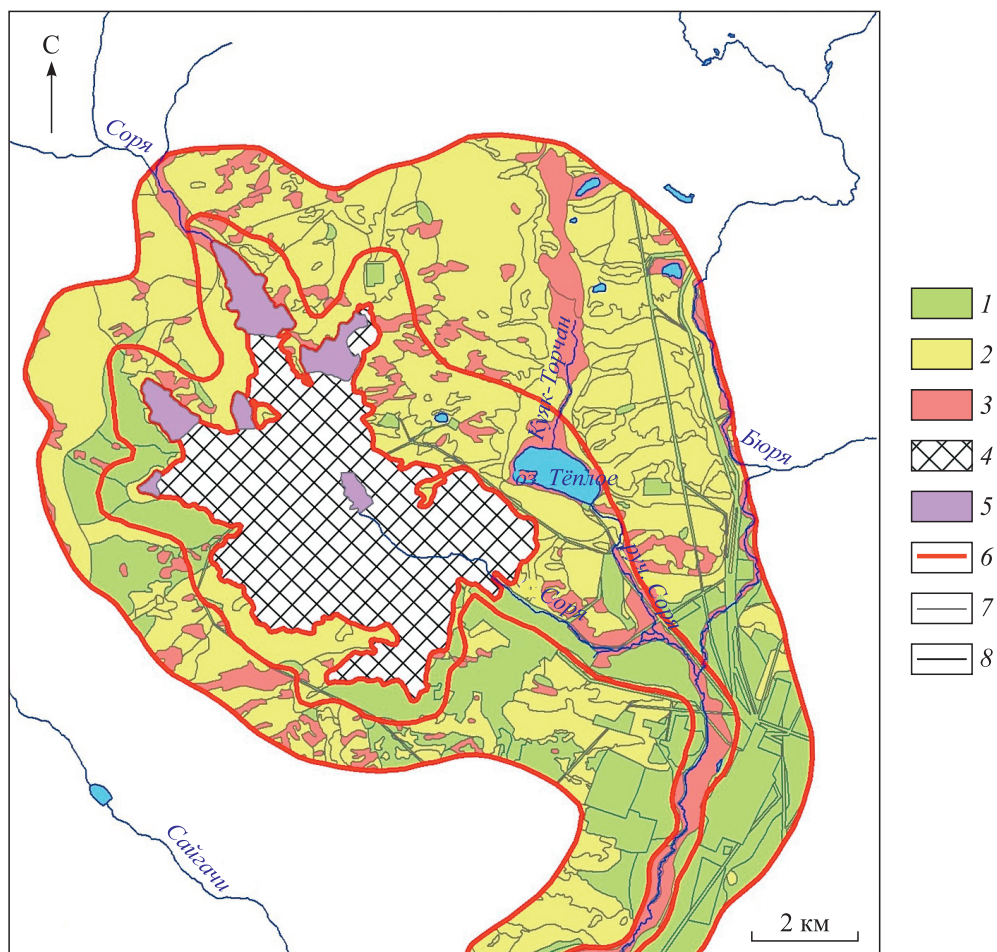


Рис. 2. Карта чувствительности урочищ к пылевому и химическому загрязнению зон влияния Сорского ГОК.

Степень чувствительности: 1 — низкая, 2 — средняя, 3 — высокая. 4 — зона прямого воздействия Сорского ГОК. 5 — отстойники. Границы: 6 — зон воздействия Сорского ГОК, 7 — урочищ, 8 — района исследования.

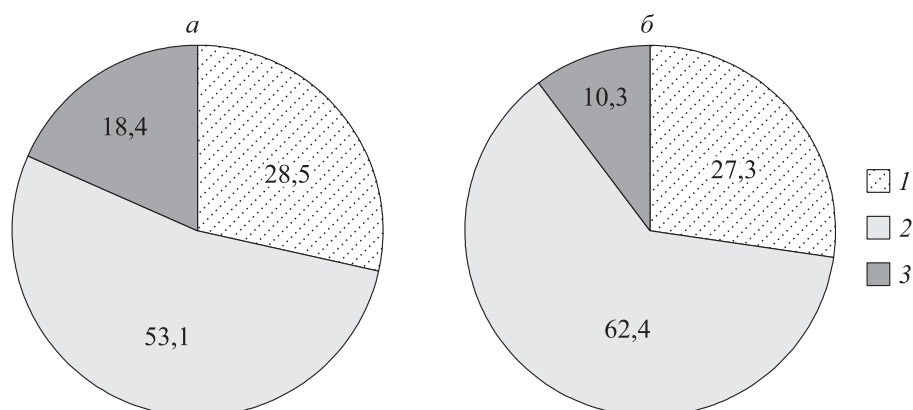


Рис. 3. Соотношение площадей урочищ различной степени чувствительности в пределах зон косвенного воздействия (а) и фоновом влиянии (б) Сорского ГОК, %.

Степень чувствительности: 1 — низкая, 2 — средняя, 3 — высокая.

Урочища низкой степени чувствительности в первую очередь представлены измененными природно-антропогенными комплексами: просеки ЛЭП, сельскохозяйственные угодья и селитебные территории. Из природных в эту группу входят: плоские вершины, межгорные седловины и привершинные лога, а также склоны различной крутизны и экспозиции со смешанными (береза, лиственница) лесами на горных серых лесных почвах и слабонаклонные поверхности долин малых рек с остепненными злаковыми лугами на черноземовидных почвах.

К урочищам со средней степенью чувствительности относятся: выровненные днища и слабонаклонные поверхности долин малых рек с березовым редколесьем и злаково-разнотравными лугами на дерновых почвах, склоны различной крутизны и экспозиции со смешанными (береза, лиственница, сосна) лесами на горных серых лесных и дерновых почвах, склоны различной крутизны и экспозиции с разнотравно-злаковыми лугами на горных дерновых почвах.

К высокочувствительным урочищам отнесены: выровненные днища долин малых рек и озерных котловин с березовыми лесами и разнотравно-осоковыми лугами на дерновых и дерново-глеевых почвах, крутые склоны южной экспозиции с луговыми каменистыми степями на горных дерновых маломощных почвах, плоские вершины и сухие межгорные седловины с кустарниками и пихтово-лиственничными редколесьями на горных лесотундровых почвах, южные склоны с низкотравными альпийскими лугами на горных луговых почвах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования и визуального наблюдения природных ландшафтов во время экспедиционных работ можно сделать вывод о незначительных изменениях природных ландшафтов в зонах косвенного воздействия (зона 2) и фонового влияния (зона 3) деятельности Сорского ГОК.

Период деятельности комбината насчитывает более 70 лет. За это время на начальных стадиях освоения велось активное воздействие на прилегающие природные комплексы, территория прямого воздействия при ведении горных работ постоянно увеличивалась, за ее пределами активно вырубался лес. К настоящему времени границы горной выработки не увеличиваются, лесозаготовки в окрестностях комбината не ведутся, на месте старых вырубок лес практически восстановился до естественных ландшафтов или восстановление проведено искусственно с высадкой более ценных древесных пород — сосны и ели.

Визуальное наблюдение не выявило видимых физиологических изменений растений, в пределах исследуемых ландшафтов (зоны 2 и 3). В середине вегетационного периода (июль) растительность имела зеленые листья и хвою без признаков угнетения. Так как первым показателем нарушения нормальной жизнедеятельности растений является потеря зеленого пигмента листа — хлорофилла, когда листья желтеют, становятся коричневыми и отмирают [22], то можно сделать вывод об отсутствии антропогенного стресса или его незначительности на растения и ландшафты в целом.

К тому же за столь многолетний период в ландшафтах окрестностей Сорского ГОК сформировались механизмы, позволившие приспособиться к изменению условий, связанных с воздействием комбината. Растительные популяции под влиянием антропогенных стрессоров изменяют свои признаки, происходит отбор устойчивых экотипов. Чувствительные экотипы вытесняются устойчивыми, которые и получают большее распространение [20]. Результаты приспособления можно наблюдать и в окрестностях Сорского ГОК в луговых сообществах, где повсеместно встречаются наиболее неприхотливые травянистые виды растений — горошек мышиный, клевер ползучий, чина луговая, тысячелистник обыкновенный, пастушья сумка и др.

Результаты исследования могут быть рекомендованы для корректировки мониторинговых наблюдений Сорским ГОК на прилегающих территориях с учетом ландшафтных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Azarova S.V., Usmanova T.V., Mezhibor A.M. Environmental problems of mining waste disposal sites in Russia // *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. — 2018. — Vol. 247. — P. 59–84.
2. Азарова С.В. Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов Республики Хакасия): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. — Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2005. — 22 с.

3. **Усманова Т.В.** Техногенные минеральные ресурсы юга центральной Сибири: причины формирования, классификация и воздействие на компоненты природной среды: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. — Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2014. — 22 с.
4. **Chrysanthus Chukwuma Sr.** The impacts of non-ferrous metal mining operations: pollution, sustainable and geopolitical dimensions // Journ. of Geotechnical Studies. — 2024. — Vol. 9, Iss. 1. — P. 31–41.
5. **Gerold E., Luznik L., Samberger S., Antrekowitsch H.** Sustainable extraction and recycling of non-ferrous metals: a review from a European perspective // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. — 2024. — Vol. 382, Iss. 2284. — P. 35–46.
6. **Калабин Г.В.** Типизация генеральных планов карьеров и оценка степени их экологичности // Маркшейдерия и недропользование. — 2012. — № 3 (59). — С. 61–65.
7. **Булатов А.А., Дубовик Н.Е., Борисюк Г.А., Власов С.В., Хвостов В.М., Шманина Е.Г.** Минерально-сырьевые ресурсы Республики Хакасия. Состояние и перспективы развития — Абакан: Хакасс. кн. изд-во, 2008. — 140 с.
8. **Курбатский В.И., Кузнецов А.А.** Материалы по влиянию техногенных факторов на растительный покров горно-лесного пояса Республики Хакасия // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы IV Междунар. науч. конф. — Томск: Издат. дом Томск. ун-та, 2010. — С. 199–202.
9. **Куминова А.В., Зверева Г.А., Маскаев Ю.М.** Растительный покров Хакасии. — Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1976. — 422 с.
10. **Соболева Н.П.** Ландшафтная структура территории влияния Сорского обогащительного комбината (Республика Хакасия) // Устойчивое развитие науки и образования. — 2022. — № 3 (66). — С. 42–56.
11. **Кренида О.А., Митрофанова К.А.** Экогеохимическая обстановка южного фланга Сорского медно-молибденового месторождения (республика Хакасия) // Геология в развивающемся мире: Сб. науч. тр. (по мат-лам VII науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием) в двух томах. Т. 2. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. ун-та, 2014. — С. 180–184.
12. **Информационный отчет о результатах работ, выполненных в 2020 г. по объекту «Мониторинг состояния окружающей среды в пределах лицензионного участка ООО «Сорский ГОК».** — Абакан, 2021. — 81 с.
13. **Ландшафтное планирование: инструменты и опыт применения /** Под ред. А.Н. Антипова. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. — 165 с.
14. **Вантеева Ю.В., Солодянкина С.В.** Определение значимости и чувствительности ландшафтов на ключевых участках Южного Прибайкалья для организации устойчивого природопользования // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2014. — Т. 7. — С. 46–64.
15. **Потенциал самоочищения ландшафтов от минеральных и органических веществ.** Национальный атлас России. Т. 2 [Электронный ресурс]. — <https://nationalatlas.ru/tom2/420.html> (дата обращения 15.01.2025).
16. **География почв мира: учебное пособие [Электронный ресурс].** — <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/moskvina-shestakov-geografiya-pochv-mira.pdf> (дата обращения 12.01.2025).
17. **Глазовская М.А.** Геохимия природных и техногенных ландшафтов: (ландшафтно-геохимические процессы). — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. — 350 с.
18. **Кайгородов Р.В.** Устойчивость растений к химическому загрязнению. Учеб. пособие. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2010. — 151 с.
19. **Банников А.Г., Вакулин А.А., Рустамов А.К.** Основы экологии и охраны. — М.: Колос, 1999. — 304 с.
20. **Скупченко В.Б., Соколова Л.О.** Биоиндикация окружающей среды. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. лесотехнич. ун-та, 2008. — 95 с.
21. **Московченко Д.В.** Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области. — Новосибирск: Наука, СО РАН, 1998. — 112 с.
22. **Евстифеева Т.А., Фабарисова Л.Г.** Биологический мониторинг: учебное пособие; Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: Изд-во Оренбург. ун-та, 2012. — 119 с.

Поступила в редакцию 25.11.2024

После доработки 03.02.2025

Принята к публикации 21.05.2025