

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502.65:551.345 (571.56)

**ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ АЙХАЛЬСКОГО
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО РАЙОНА КРИОЗОНЫ (ЯКУТИЯ)**

М.А. ХОВАНСКАЯ, И.И. КОСИНОВА, Д.А. БЕЛОЗЁРОВ

*Воронежский государственный университет
394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., д.1., ВГУ, геологический факультет,
кафедра экологической геологии; e-mail: mashunia86@yandex.ru*

Представлены результаты апробирования авторской методики оценки комфортности жизнедеятельности в горнодобывающих районах, расположенных в зоне распространения вечномёрзлых пород, на примере территории Айхальского горно-промышленного комплекса (ГПК) как типового объекта геолого-разведочной и горной деятельности в криозоне. Выявлено, что максимальный дискомфорт создают добычные, перерабатывающие и разведочные работы. Зона с весьма некомфортными условиями жизнедеятельности приурочена к местоположению алмазосодержащих трубок Айхал, Сытыкан и Юбилейная. В районе проведения разведочных работ формируются зоны весьма некомфортных и некомфортных условий жизнедеятельности. Минимальное воздействие на все компоненты природной среды оказывают поисковые работы, в районе проведения которых фиксируются условно комфортные условия жизнедеятельности. Территории, на которых отсутствуют какие-либо виды техногенного воздействия на природную геоэкологическую среду (ГЭС), были оценены как комфортные.

Ключевые слова: горнодобывающая деятельность; вечномёрзлые породы; воздействие геолого-разведочной и горной деятельности; комфортность жизнедеятельности; преобразование компонентов природной среды; техногенез.

**EVALUATION OF THE COMFORTABILITY OF THE LIVELIHOODS
OF THE AYKHAL MINING PROCESSING AREA OF CRYOZONE (YAKUTIA)**

M.A. HOVANSKAYA, I.I. KOSINOVA, D.A. BELOZEROV

*Voronezh State University
394006, Russia, Voronezh, Universitetskaya pl., 1, VSU, the Faculty of Geology,
Department of Environmental Geology; e-mail: mashunia86@yandex.ru*

The results of testing the author's methods for assessing the comfort of the life activity in the mining areas, located in the zone of permafrost rocks, have been given by the example of the mining complex of the territory Aikhal as a typical exploration and mining activities model object in the area of the dissemination of the permafrost. It has been revealed that the maximum discomfort is created by the mining and processing works, as well as exploration. An area with the very uncomfortable conditions of the life is connected to the location of the diamond pipes Aikhal, Sytykan and Jubileinaya. In the area of the exploration zones, the very uncomfortable and uncomfortable living conditions are formed. A minimal impact on the all components of the environment is observed in the area of the exploratory work where the arbitrarily comfortable living conditions are fixed. The areas, in which there are no any kinds of the anthropogenic impact on the natural geo-ecological components of the environment, have been evaluated as comfortable.

Keywords: mining activities; permafrost rocks; impact of the exploration and mining activities; comfort of life; transformation of the environmental components; technogenesis.

На территории России горнодобывающая деятельность, как правило, осуществляется в уникальных природных условиях, в том числе в районах вечной мерзлоты. Комфортность жизнедеятельности данных районов зависит от природных факторов. Например, климатические факторы влияют на степень пригодности и комфортности существования и жизнедеятельности человека. Состав горных пород также влияет на комфортность. Это выражается в уникальных геохимических воздействиях горных пород на живые организмы. Данный факт подтверждается наличием эндемичных условий существования экосистем. Кроме того, на степень комфортности жизнедеятельности влияют и техногенные факторы, выражающиеся в виде загрязнения компонентов природной среды в результате деятельности человека.

Типичным примером горнодобывающих районов на территории распространения вечной мерзлоты является Айхальский горно-промышленный комплекс (ГПК), расположенный в Республике Саха-Якутия. В данном районе с середины 20 в ведётся алмазодобыча открытым карьерным способом на трёх месторождениях, среди которых трубки «Айхал», «Сытыкан» и «Юбилейная». Полное вскрытие мерзлой толщи приводит к дестабилизации гидро-, педо-, лито-, атмо- и биосферы в районе [5, 6].

Авторы оценили комфортность жизнедеятельности в горнодобывающем районе пос. Айхал, который расположен в криозоне [7, 8]. В современном понимании комфортность представляет собой состояние учёта удобств, обеспечивающих положительные психологические и физиологические ощущения человека в процессе трудовой деятельности [5]. Среди основных направлений обеспечения комфортности ведущими являются мероприятия по созданию искусственной инфраструктуры, удовлетворяющей требования человека в процессе жизнедеятельности. Основное противоречие состоит в ограниченности существующего подхода для районов горнодобывающей деятельности, расположенных в зоне вечной мерзлоты. Для них комфортность формируется также в зависимости от загрязнения природной среды. В этой связи под комфортностью следует понимать комплекс условий среды жизнедеятельности, включающей природные геоэкологические факторы и степень загрязнения компонентов геоэкологической системы (ГЭС).

Исходными материалами явились результаты полевых работ и аналитических исследований, систематизированных в результате камеральной обработки, полученные лично автором в период с 2005 по 2010 гг., а также материалы исследований АК «АЛРОСА». Общее число отобранных и исследованных проб по геоэкологическим средам — 2015.

Комфортность определялась путём оценки трансформации компонентов природной среды [3]. Были изучены снеговые, почвенные и донные отложения, поверхностные воды и элементы растительности. Геологическая деятельность, ведущаяся в Айхальском ГПК, представлена следующими видами работ: геолого-разведочные, включающие в себя поисковые и разведочные, а также горные, среди которых добычные и перерабатывающие (рис. 1).

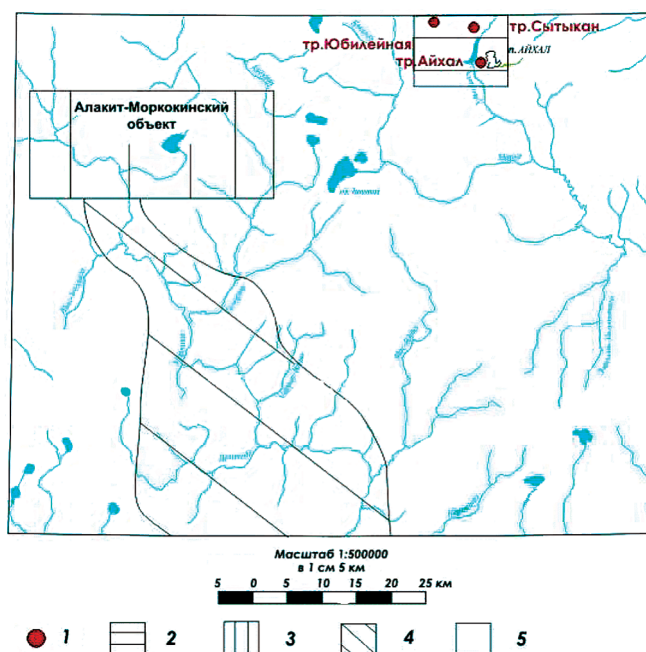


Рис. 1. Схема освоения территории Айхальского горно-промышленного комплекса: 1 — алмазодобывающие трубки; 2 — добычные и перерабатывающие работы; 3 — разведочные работы; 4 — поисковые работы; 5 — природные ГЭС

Согласно методике оценки комфортности жизнедеятельности в горнодобывающих районах в местах распространения вечномерзлых пород [7], в период с 2005 по 2010 гг. в Айхальском горно-промышленном комплексе изучался уровень воздействия отдельных видов геолого-разведочной и горной деятельности на компоненты ГЭС (S).

Для формирования комплексной геоэкологической оценки был проанализирован каждый компонент природной среды:

В снеговых отложениях выявлено, что максимальные превышения фоновых значений фиксируются по Zn, Pb, Cu и Ni [2]. Их высокие содержания в талой воде на территории Айхальского ГПК отмечены в местах проведения геолого-разведочных, добычных и перерабатывающих работ и объясняются содержанием растворимой пыли карбонатно-кимберлитовых пород, поступающей в атмосферу с буровзрывным облаком.

Данные виды работ формируют чрезвычайно опасное состояние снеговых отложений, что подтверждается превышениями фоновых concentra-

ций загрязняющих веществ более чем в 12,5 раз. В районе ведения поисковых работ (р. Моркока) экологическое состояние снеговых отложений оценивается как умеренно опасное (рис. 2).

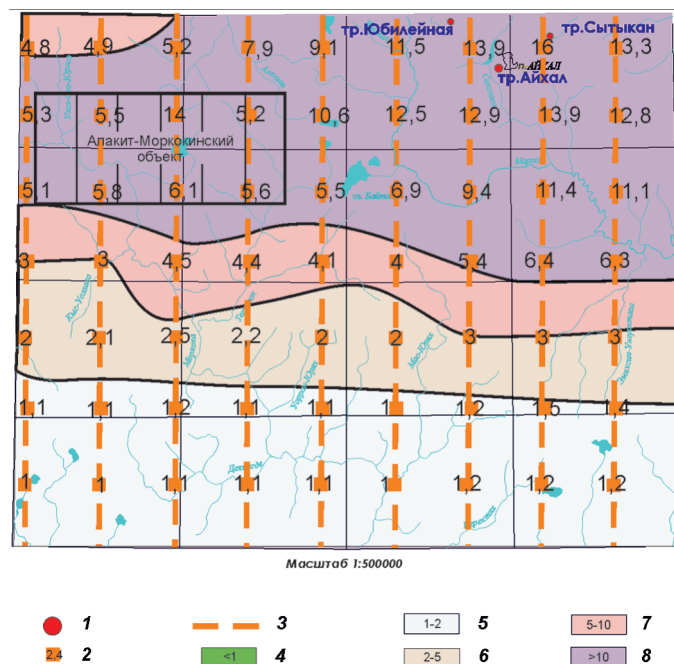


Рис. 2. Карта эколого-геохимической оценки снеговых отложений: 1 – алмазодобывающие трубки; 2 – точки отбора проб снеговых отложений и значение Кк Zn по ПДК; 3 – профиль отбора проб снеговых отложений. Оценка состояния ГЭС: 4 – допустимая; 5 – умеренно опасная; 6 – опасная; 7 – высоко опасная; 8 – чрезвычайно опасная

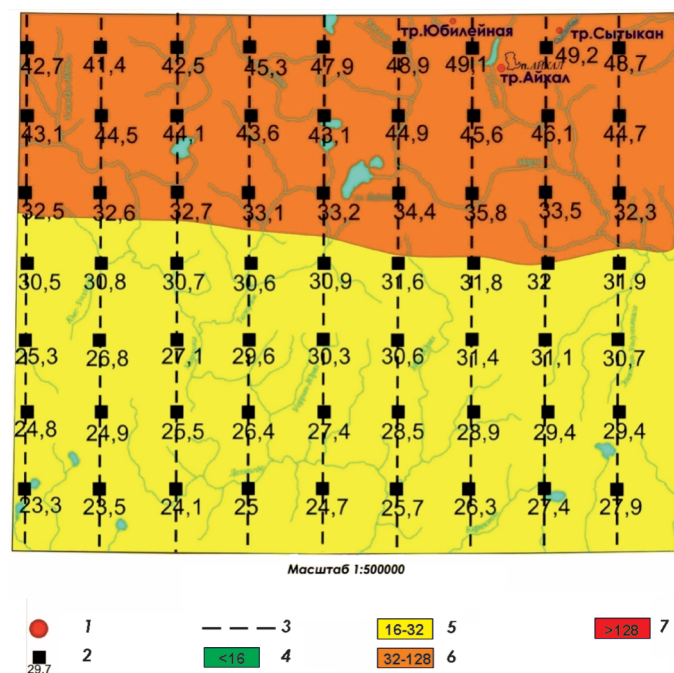


Рис. 3. Карта эколого-геохимической оценки почвенных отложений: 1 – алмазодобывающие трубки; 2 – точки отбора проб почвенных отложений и значение СПЗ; 3 – профиль отбора проб почвенных отложений. Степень опасности: 4 – неопасное; 5 – умеренно опасное; 6 – опасное; 7 – чрезвычайно опасное

Почвенные отложения. При анализе компонентов, загрязняющих почвенные отложения, выявлены повышенные содержания тяжелых металлов: Zn, Pb, Cu и Ni. Это обусловлено как природными, так и техногенными факторами. К природным можно отнести кимберлитовмещающие породы, которые характеризуются повышенными содержаниями перечисленных элементов и имеют тесную связь с почвенными отложениями, так как непосредственно контактируют с ними [6].

К техногенным факторам относятся проводимые на территории Айхальского ГПК работы, связанные с разработкой месторождений алмазов. Поисковые работы формируют зону умеренно опасного экологического состояния почвенных отложений, занимающую около 60 % изучаемой территории (рис. 3). Зона опасного экологического состояния почв расположена на севере района и приурочена к местам ведения разведочных, добычных и перерабатывающих работ.

Их негативное воздействие обусловлено буровой, карьерной и буровзрывной деятельностью, при которой цинк, свинец, медь и никель вместе с пылью и поднятыми на поверхность породами поступают на прилегающие территории.

Поверхностные воды. Формирование химического состава поверхностных вод обусловлено существующими природно-техногенными аномалиями. Так, большая часть рек района протекает по карбонатным отложениям и характеризуется допустимой оценкой экологического состояния (реки Делингде, Мас-Юрях, Тегюрюк и др.) [3].

Максимальные концентрации цинка в водах р. Моркока отмечены на участке реки, где она размывает породы кристаллического фундамента. Это приводит к возникновению умеренно опасного экологического состояния ГЭС [3].

Негативное воздействие геолого-разведочных работ, ведущихся на Алакит-Моркокинском объекте, подтверждается отклонением от природных концентраций элементов-загрязнителей. Большая часть повышенных содержаний свинца территориально соответствует расположению участка, где бурение скважин производилось по наиболее густой сети: в районе оз. Ого-Кюэль фиксируется зона умеренно опасного экологического состояния поверхностных вод.

Влияние добычных и перерабатывающих работ на поверхностные воды выражается в повышенных содержаниях в них тяжелых металлов, источниками поступления которых являются отвалы алмазных пород. При взаимодействии данных отложений с поверхностными водами в них поступают Zn, Li, Pb, Cu [2].

В техногенно образованном Сохсоолохском водохранилище фиксируется высоко опасное состояние поверхностных вод. Техногенное заражение руч. Сохсоолох фиксируется и в 8 км ниже трубки Айхал.

Донные отложения. Основные результаты, полученные при анализе степени загрязнения донных отложений на территории Айхальского ГПК по величине СПЗ (суммарный показатель загрязнения), представлены в виде карты их экологического состояния. Следует также отметить комплексное влияние на состав донных отложений природных и техногенных факторов. Так, природные факторы обусловлены наличием зон тектонических нарушений, что проявляется в увеличении содержаний хрома, кобальта, иттрия, ниобия, скандия. Их аномальные концентрации приурочены к рекам, дренирующим породы кристаллического фундамента. Подобные природные аномалии фиксируются в долинах рек Моркока и Алакит.

Повышенные концентрации свинца приурочены к местам проведения геолого-разведочных работ на Алакит-Моркокинском объекте. Свинец имеет преимущественно техногенное происхождение. Например, донные отложения р. Уэся-Юряг, приустевая часть руч. Блудливый, оз. Ого-Кюэль и небольшой участок долины р. Моркока характеризуются опасным экологическим состоянием. Интенсивное проведение буровых работ с выемкой пород глубоких горизонтов на поверхность интенсивно воздействует на химический состав поверхностных вод изучаемых водотоков.

В северо-восточной части изучаемой территории донные отложения характеризуются опасным и чрезвычайно опасным экологическим состоянием, что подтверждает интенсивное воздействие добычных и перерабатывающих работ. Пики загрязнения приурочены к местоположению алмазодержащих трубок Айхал, Сытыкан и Юбилейная. Основными загрязняющими элементами являются Zn, Pb, Cu, Ni, Cr, и Co, которые поступают в донные осадки при буровзрывных работах [2].

Элементы растительности (лишайники). В результате оценки экологического состояния элементов растительности было выявлено, что повышенные содержания таких элементов как Cu, Cr, Zn, Ni, Pb приурочены к местам проведения геолого-разведочных, добычных и перерабатывающих работ. Данные элементы поступают в природные сферы при буровзрывных работах, выбросах выхлопных газов от тягачей и тяжелой техники, формировании отвалов при обогащении алмазов. На фоне зон допустимого и умеренно опасного уровня загрязнения выделена зона опасного уровня загрязнения (по меди), совпадающая с местонахождением алмазных трубок и ведением геолого-разведочных работ на Алакит-Моркокинском объекте.

Оценка комфортности жизнедеятельности территории Айхальского ГПК включала в себя аддитивный анализ геохимических и механических факторов преобразования компонентов природной среды, наиболее характерных для горнодобывающих районов на территории распространения вечномерзлых пород.

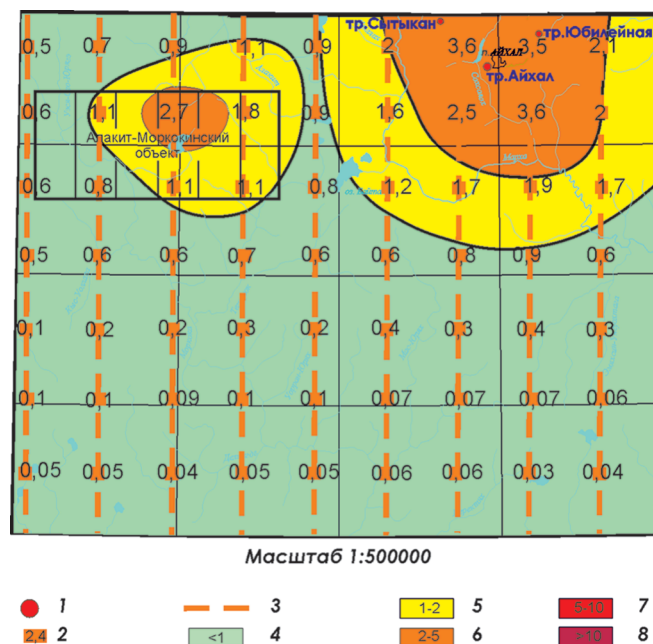


Рис. 4. Карта эколого-геохимической оценки растительности по содержанию меди: 1 – алмазодобывающие трубки; 2 – точки отбора проб растительности и значение Кк меди по ПДК; 3 – профиль отбора проб растительности. Оценка состояния ГЭС: 4 – допустимое; 5 – умеренно опасное; 6 – опасное; 7 – высоко опасное; 8 – чрезвычайно опасное

Количественная характеристика выделенных эколого-геохимических аномалий основывалась на расчете весовых коэффициентов [7]. При типизации эколого-геохимических аномалий в горнодобывающих районах целесообразным является использование базы экспериментальных данных. В основу расчета положена концепция максимальной миграции ЗВ в атмосфере. В связи с этим в пределах изучаемых территорий за единицу предлагается принимать концентрации, зафиксированные в снеговых отложениях. Это обусловлено следующими обстоятельствами:

1. Основным источником загрязнения в горнодобывающем районе являются выбросы пыли буровзрывных облаков, возникающих при геолого-разведочных и добычных работах.
2. В атмосфере имеет место максимальный массоперенос, определяемый метеоусловиями территории.
3. Специфика района исследования заключается в длительности залегания снеговых отложений, которые покрывают поверхность 8–9 месяцев в году.
4. Снеговые отложения отражают состояние атмосферы и уровень ее загрязнения.
5. При анализе всего разреза снеговых отложений, сформированных за год наблюдений, возможно получение достоверной информации о суммарном накоплении на поверхности загрязняющих веществ, поступающих как в твердой, так и в растворенной формах.

Таблица 1

Система перехода геохимических показателей к балльной шкале

Номер п/п	Критерии оценки	Геохимический балл N						Формула перехода
		$N=0$	$0 < N < 1$	$1 \leq N < 2$	$2 \leq N < 3$	$3 \leq N < 4$	$N=4$	
1	Почвенные отложения (СПЗ)	< 8	8—16	16—32	32—64	64—128	> 128	$(\log_2 \text{СПЗ}) - 3$
2	Растительность (ПДК)	< 1	1—2	2—4	4—8	8—16	> 16	$\log_2 K_k$
3	Снеговые отложения (фоновые содержания) 1,2-го классов опасности	< 1	1—2	2—4	4—8	8—16	> 16	$\log_2 K_f$
4	Поверхностные воды (ПДК) 1,2-го классов опасности	< 1	1—2	2—4	4—8	8—16	> 16	$\log_2 K_k$
5	Донные отложения (СПЗ)	< 8	8—16	16—32	32—64	64—128	> 128	$(\log_2 \text{СПЗ}) - 3$

6. Снеговые отложения являются идеальной средой для экспресс исследований загрязнения территории за любой необходимый период времени.

Расчёт весовых коэффициентов по иным компонентам природной среды проводится относительно снеговых отложений на основе статистической обработки экспериментальных данных по (1):

$$i \quad C_{ij} / C_{cj}, \quad (1)$$

где i — весовой коэффициент i -й среды (почвенных, донных отложений, поверхностных вод или растительности); C_{ij} — содержание загрязняющего вещества i -й среды в j -й точке; C_{cj} — содержание загрязняющего вещества в снеговых отложениях в j -й точке.

Унификация оценочных показателей эколого-геохимических аномалий производится путем введения геохимического балла и позволяет сравнивать эколого-геохимические критерии абиотических и биотических компонентов природной среды.

Почвенные и донные отложения являются депонирующими средами, накапливающими многолетние загрязнения. Оценка состояния данных сред производилась по значениям суммарных показателей загрязнения (СПЗ). Растительность, снеговые отложения и поверхностные воды можно оценить как ограниченно депонирующими, т. к. они накапливают загрязнение в течение определенного периода года.

Переход от значения СПЗ, которое не является аддитивным для различных сред (нельзя складывать СПЗ по почвенным, донным отложениям и т. д.) к аддитивным геохимическим баллам, осуществляется через логарифмирование величины СПЗ, определяющей число состояний абиотической среды. Логарифм числа состояний техногенно нагруженной геоэкологической системы назовем геохимическим баллом и обозначим его через N .

Формулы перехода, приведенные в табл. 1, позволяют привести разнородные измерения к единой геохимической шкале.

Оценка комфортности жизнедеятельности горнодобывающих районов в местах распространения

вечномерзлых пород проводится на основе типизации эколого-геохимических аномалий, а также учета степени механической деградации почв.

Оценка степени деградации почв (ДП) производится в соответствии с табл. 2 и 3 на основании методики определения размеров ущерба от деградации почв и земель, утвержденной Минприроды России и Роскомземом [4].

Таблица 2

Определение степени деградации почв ДП

Показатель М	Степень деградации (баллы)				
	0	1	2	3	4
Уменьшение мощности почвенного профиля от исходного, проценты	< 3	3—25	26—50	51—75	> 75

Таблица 3

Оценка степени деградации почвенного покрова

Балл	Степень деградации почв
0	Недеградированные (ненарушенные);
1	Слабодеградированные;
2	Среднедеградированные;
3	Сильнодеградированные;
4	Очень сильнодеградированные (разрушенные)

Уровень воздействия различных видов геолого-разведочной и горной деятельности на компоненты природной среды (S) в точке i оценивается по (2):

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^5 \frac{ДП_j}{N_{ji}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где S_i — уровень воздействия различных видов работ в i -й точке наблюдения, $ДП_i$ — степень деградации почв в i -й точке, N_{ji} — геохимический балл j -й среды (снеговые, почвенные, донные отложения, поверхностные воды, растительность) для i -й точки, j — весовой коэффициент j -й среды, n — число исследуемых точек пробоотбора.

Оценка комфортности жизнедеятельности. Градации для границ экологических рангов будут определяться выражением:

$$K_i = 2^{q \sum_{j=1}^5 i}, \quad (3)$$

где K_i — i -я градация комфортности жизнедеятельности; $q = 0,1,2,3$ для границ соответствующих экологических рангов; j — весовой коэффициент j -й среды.

Таким образом, в каждой точке наблюдения оценивается уровень воздействия различных видов геологоразведочной и горной деятельности S на компоненты природной среды, соответствующий уровню комфортности жизнедеятельности, которая ранжируется в табл. 4.

Оценка комфортности жизнедеятельности территории Айхальского ГПК производилась с учетом градаций, рассчитанных по формуле 3 и ранжировалась по табл. 4. Результаты расчетов представлены в табл. 5.

Анализируя итоги проведенных работ (табл. 5 и рис. 5), можно заключить, что территории, характеризующиеся *весьма некомфортными* условиями жизнедеятельности, приурочены к местам проведения *добычных и перерабатывающих работ*. Максимальную степень воздействия добычные работы оказывают на снеговые отложения, что подтверждается их чрезвычайно опасным экологическим состоянием.

Загрязняющие элементы, поступающие при разработке алмазов, переносятся на несколько десятков километров (до 40 км) и приводят к изменениям химического состава всех компонентов природной среды, формируя опасные, высоко опасные и чрезвычайно опасные уровни загрязнения.

Таблица 4

Оценка комфортности жизнедеятельности

К	Градация	Условия жизнедеятельности
$S \leq 3,4$	I	Комфортные
$3,4 < S \leq 6,8$	II	Условно комфортные
$6,8 < S \leq 13,6$	III	Некомфортные
$13,6 < S \leq 27,2$	IV	Весьма некомфортные
$S > 27,2$	V	Чрезвычайно некомфортные

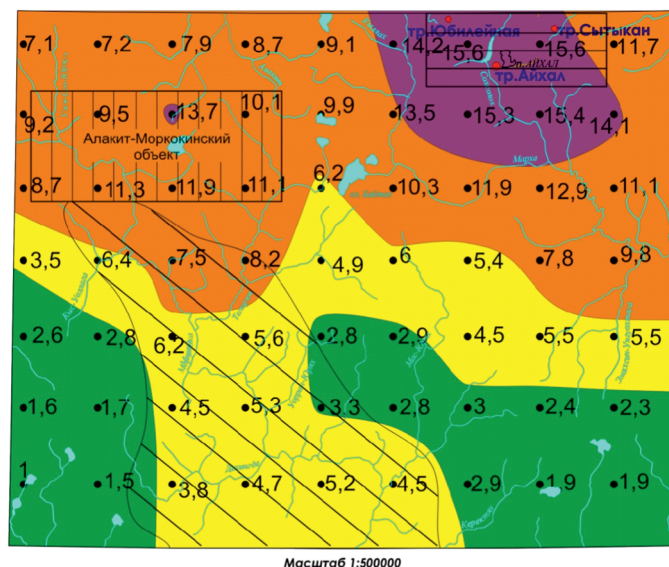


Рис. 5. Карта оценки комфортности жизнедеятельности территории Айхальского горно-промышленного комплекса: 1 — алмазодобывающие трубы; 2 — точки отбора геоэкологических проб и значения уровня комфортности; участки: 3 — поисковых работ; 4 — разведочных работ; 5 — добычных и перерабатывающих работ; условия жизнедеятельности: 6 — комфортные; 7 — условно комфортные; 8 — некомфортные; 9 — весьма некомфортные; 10 — чрезвычайно некомфортные

Зона, характеризующаяся весьма некомфортными условиями жизнедеятельности, занимает около 10 % и расположена в северо-восточной и северо-западной частях Айхальского ГПК. Она вытянута в юго-восточном направлении, что объясняется преимущественно северо-западным направлением ветра в данном районе.

Негативное воздействие *добычных работ* выражено в виде нарушения сплошности и монолитности криолитозоны при разработке карьера; изъятия из природных ГЭС значительных площадей

Таблица 5

Оценка комфортности жизнедеятельности в Айхальском ГПК

Наименование фактора (вид работ)	Максимальный уровень воздействия S_j на компоненты природной среды						Уровень комфортности S	Градация	Оценка комфортности условий жизнедеятельности
	Снеговые отложения	Донные отложения	Поверхностные воды	Почвенные отложения	Растительность	Степень деградации почв			
Поисковые	1,3	1,2	0,6	1,1	0	2	6,2	II	Условно комфортные
Разведочные	3,8	3	0,9	1,5	0,4	4	13,7	IV	Весьма некомфортные
Добычные	4	3,4	2,3	1,6	0,6	4	15,6	IV	Весьма некомфортные
Перерабатывающие	4	3,4	2,3	1,6	0,6	4	15,6	IV	Весьма некомфортные

под отвалы пород с соответственно уничтожением почвенного и растительного покровов; ветровой и водной транспортировки меди, никеля, свинца, цинка, лития на прилегающие к отвалам участки геоэкологической системы; загрязнения атмосферы организованными выбросами.

Переработка полезных ископаемых также формирует весьма некомфортные условия жизнедеятельности. Это проявлено в виде нарушения сплошности и монолитности криолитозоны в результате строительства и эксплуатации перерабатывающего комплекса; развития криогенных процессов в местах строительства инженерных сооружений; загрязнения поверхностных и подземных вод сточными водами предприятия.

Разведочные работы формируют весьма некомфортные и некомфортные условия жизнедеятельности, что проявляется в виде нарушения сплошности и монолитности криолитозоны; неорганизованных выбросов в атмосферу пыли и газов; механического нарушения почвенного и растительного покрова; замусливания территории неликвидированными буровыми, промышленными, твёрдыми бытовыми отходами; отсутствия рекультивации площадок буровых работ после окончания разведочной деятельности.

В местах проведения *поисковых работ* фиксируются зоны с *условно комфортными* условиями жизнедеятельности. Данная зона занимает около 15–20% изучаемого района и приурочена к южной части Айхальского ГПК.

Техногенное воздействие, оказываемое на природную среду при поисковых работах, проявляется в виде ведения геологической съёмки [8].

Комфортные условия жизнедеятельности фиксируются в основном в юго-восточной и юго-западных частях Айхальского ГПК, что объясняется отсутствием техногенного воздействия на компоненты природной среды. Данная зона занимает 20–25 % изучаемого района. На её территории преобладают природные факторы формирования геоэкологических условий, что подтверждается допустимым уровнем состояния всех компонентов ГЭС (рис. 5).

Таким образом, максимальный дискомфорт создают не только добычные и перерабатывающие, но также и разведочные работы. Зона с весьма некомфортными условиями жизнедеятельности приурочена к местоположению алмазосодержащих трубок Айхал, Сытыкан и Юбилейная. В районе проведения разведочных работ на Алакит-Моркокинском объекте возникают зоны весьма некомфортных и некомфортных условий жизнедеятельности. Минимальное воздействие на все компоненты природной среды оказывают поисковые работы, в районе проведения которых фиксируются условно комфортные условия жизнедеятельности. Территории, на которых отсутствуют какие-либо виды техногенного воздействия на природную ГЭС, были оценены как комфортные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аржанова В.С., Елпатьевская В.П., Елпатьевский П.В. Трансформация почв под влиянием горно-промышленного типа техногенеза // Современные проблемы загрязнения почв. Сб. мат-лов II Межд. научн. конф. М., 2007. С. 55–59.
2. Иванов В.В., Иванюшина Е.Н. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов на Алакит-Моркокинском междуречье. Айхал, 2005. 268 с.
3. Косинова И.И., Богословский В.А., Бударина В.А. Методы эколого-геохимических, эколого-геофизических исследований и рациональное недропользование. Воронеж 2004. 281с.
4. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель, утвержденная Минприроды России и Роскомземом в июле 1994 г. Комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству. [Электронный ресурс] doc.cntd/document/9014048. Дата обращения — 15.11.2017.
5. Мильков Ф.Н. Физико-географическое и эколого-географическое районирование. Их соотношение // Эколого-географические районы Воронежской области. Воронеж, 1996. С. 47–48.
6. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харьковина М.А. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза: Уч. пособие. М.: Изд-во «Ноосфера», 2006. 720 с.
7. Хованская М.А., Косинова И.И. Методика оценки комфортности жизнедеятельности в горнодобывающих районах / Изв. вузов. Геология и разведка. 2014. № 6. С. 54–58.
8. Хованская М.А., Косинова И.И. Эколого-геохимическая оценка территории поисковых и геолого-разведочных работ на Алакит-Моркокинском объекте (Саха-Якутия) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. Воронеж, 2011. № 1. С. 275–280.