

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИЙ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

А.А. Васильев, Д.С. Дроздов

Институт криосферы Земли СО РАН, 117982, Москва, ул. Вавилова, 30/6, к.74а, Россия

Применительно к районам рудных месторождений в криолитозоне предложено выделять территории 4-х категорий устойчивости:

- 1) устойчивые — инженерная деятельность не вызывает негативных изменений в геологической среде;
- 2) условно устойчивые — возможна активизация процессов;
- 3) неустойчивые — инженерная деятельность вызывает изменения, трудно поддающиеся рекультивации;
- 4) особо неустойчивые — угрожает полное разрушение поверхности.

Для каждой территории дается информация о фоновых и прогнозных (при 100%-м нарушении поверхности) геоэкологических и геохимических характеристиках. Контурным знаком выносятся величина современной техногенной нарушенности.

Эколого-геологические условия, устойчивость геологической среды, техногенные изменения, активизация экзогенных процессов, геохимическое загрязнение

TECHNIQUE AND RESULTS OF LARGE-SCALE ECOLOGO-GEOLOGICAL ENVIRONMENTAL RESEARCH OF ORE FIELDS IN CRYOLITOZONE

A.A. Vasiljev, D.S. Drozdov

Earth Cryosphere Institute SB RAS, 117982, Moscow, Vavilov st., 30/6, room 74a, Russia

Four main gradations of environmental (eco-geological) stability for territories of mining deposits in cryolitozone are established:

- 1) stable territories, on which the engineering activity does not cause negative changes in geological environment;
- 2) conventionally stable territory, on which some activation of exogenic geological processes can take place;
- 3) unstable territories, on which the engineering activity causes significant landscape changes which are difficult for recultivation;
- 4) especially unstable territories, which threatens with complete disturbance of surface by activation of geocryological processes.

The information about natural and forecasting (at 100 % technogenic surface disturbance) geocryological and geochemical characteristics for each area is provided on the eco-geological map. The grade of modern technogenic disturbance will be also show by additional contours.

Environmental (eco-geological) stability, technogenic surface disturbance, activation of exogenic geological processes, geochemical pollution

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ

Экогеологические условия (ЭГУ) территорий определяются природными и техногенными факторами, которые находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. В связи с растущим объемом техногенного вмешательства экологические аспекты освоения и обустройства территорий приобретают первостепенное значение

[Островский и др., 1992; Островский и др., 1995; Требования..., 1990а,б,в; Царев, 1992]. В криолитозоне особое значение имеет учет и прогнозная оценка взаимодействия источников техногенеза с геологической средой, покровами, внешними средами [Гарагуля, 1985; Изучение..., 1992; Мельников и др., 1992].

В качестве критериев экогеологической оценки территорий рудных месторождений в

низкогорных районах криолитозоны учитываются следующие природные факторы: тектоническая дислоцированность; морфология поверхности и состояние покровов; температура ММП на глубине нулевых годовых амплитуд; состав, мощность, влажность-льдистость и плотность грунтов, а также наличие повторно-жильных льдов (ПЖЛ); интенсивность проявления экзогенных геологических процессов (ЭГП) по двум группам: термокарст и связанные с ним процессы (как наиболее опасные), прочие процессы; глубина залегания и степень выветрелости коренных пород; гидрогеологические условия; химический и микрокомпонентный состав почв, грунтов, вод.

Информация об элементах природной обстановки обобщается на основании данных, содержащихся на геологической, инженерно-геокриологической, гидрогеологической, ландшафтной (и/или геоморфологической) картах, на картах инженерно-геокриологического и геохимического опробования.

Техногенная составляющая экогеологической обстановки оценивается по степени нарушения поверхности (в % от площади) комплексом санкционированных и несанкционированных технологических, транспортных и хозяйственно-бытовых мероприятий и действий. Источниками техногенеза являются здания и сооружения, горные выработки, отвалы и хвостохранилища, транспортные и энергетические коммуникации, водохозяйственные объекты, лесные вырубки и горельники и пр. Из состава техногенных факторов исключается воздействие лесных пожаров прошлых десятилетий, которые сформировали экологическую обстановку, рассматриваемую на настоящий момент как фоновую. Элементы техногенной обстановки идентифицируются в соответствии с данными специальных исследований и опробования, со схемами обустройства месторождения, с экологическими паспортами, с материалами повторных аэросъемок.

Исходя из сложившейся схемы разведки и освоения конкретного месторождения для оценки экогеологической устойчивости осуществляется прогноз техногенных изменений геокриологических условий. Для прогноза используются расчеты и метод аналогий.

Графическая информация о природных условиях, техногенном воздействии и прогнозе изменений представляется на единой картографической основе масштаба 1:2 000—1:25 000. В качестве контурной основы используется ландшафтная и/или инженерно-геокриологическая карты месторождения, а также схема инженерных объектов, коммуникаций, горных выработок и пр.

Основное изобразительное средство (крап и штриховка для черно-белой карты и цвет для

цветной карты) используется для отображения устойчивости геологической среды по отношению к комплексу техногенных нарушений, связанных с работой горнодобывающего комплекса. Понятие устойчивости рассматривается авторами в соответствии с общепринятыми представлениями [Гарагуля, 1985; Геоэкология..., 1992; Голодковская и др., 1989; Мельников и др., 1992; Островский и др., 1992 и др.] как способность геологической среды сохранять свои основные свойства и пространственно-временную структуру. Соответственно, на карте отображается информация как статического характера (состояние среды), так и прогнозного (степень и сила техногенных изменений при освоении). Устанавливается 4 основные градации устойчивости. Соответствующие территории рассматриваются как области устойчивые (У), на которых инженерная деятельность не вызывает (не вызовет) негативных изменений в геологической среде; условно устойчивые (УУ), на которых возможно некоторое изменение или активизация комплекса ЭГП, а негативные последствия могут быть компенсированы мероприятиями по рекультивации поверхности и текущему ремонту инженерных объектов; неустойчивые (НУ), на которых инженерная деятельность вызывает или активизирует комплекс ЭГП, существенно меняющий облик поверхности, что трудно поддается рекультивации и нарушает нормальную работу объекта; особо неустойчивые (ОНУ), на которых техногенез угрожает полным разрушением поверхности за счет активизации мерзлотных процессов и приостановкой функционирования объекта.

В пределах областей выделяются районы, различающиеся по комплексу фактических и прогнозных свойств геологической среды и ЭГП. Районы в свою очередь ранжируются по степени устойчивости в рамках соответствующей градации. Районы делятся на участки, различающиеся по тем или иным параметрам, но не подлежащие ранжированию по степени устойчивости.

В экспликации к экогеологической карте для каждого района или участка приводится перечень входящих в них единиц ландшафтного и/или инженерно-геокриологического районирования, а также информация о фоновых и прогнозных (при 100%-ном нарушении) геокриологических характеристиках. Эта информация при наличии графической возможности дублируется в виде таблиц-врезок внутри контуров экогеологической карты. Дополнительным контурным знаком выносятся величина современной техногенной нарушенности в градациях 5—25, 25—50 и 50% [Островский и др., 1992].

Геохимическая информация характеризует состояние поверхностных и подземных вод, дон-

ных осадков, почв, грунтов, растительности на момент составления карты и дается в виде площадной или точечной нагрузки в градациях ПДК. Характеризуются фенолы, нефтепродукты и типоморфные для конкретного месторождения микроэлементы.

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЮЧЮС

Согласно предложенной методике была выполнена эколого-геологическая оценка Кючюского золоторудного месторождения Северной Якутии. Здесь в долине руч. Кючюс разведана россыпная залежь, а на прилегающих водораздельных пространствах нагорной террасы и террасоувалов ведется разведка и опытная разработка коренной залежи.

Долина руч. Кючюс, врезанная в триасовое алевролитовое плато, выполнена галечным аллювием с песчано-супесчаным заполнителем. Цоколь нагорной террасы высотой несколько десятков метров сложен трещиноватыми триасовыми алевролитами, перекрытыми щебнистым элювием и щебнисто-суглинистым делювием мощностью 0—10 м. В пределах террасоувалов коренные породы перекрыты отложениями ледового комплекса мощностью до 35 м. Это пылеватые супеси и суглинки с повторно-жильными льдами, занимающими до 35% объема — так называемая едомная толща.

Породы находятся в многолетнемерзлом состоянии. Температура ММП на глубине нулевых годовых амплитуд составляет $-7...-10^{\circ}\text{C}$.

Основой для эколого-геологической карты послужила ландшафтная карта территории, составленная на основе дешифрирования АФС и маршрутных наблюдений. На ландшафтной карте выделены природные геосистемы (природно-территориальные комплексы — ПТК) ранга ландшафтов и составляющих их урочищ. Ландшафты для рассматриваемой площади являются ПТК-индивидами, а урочища типизированы. Для каждого типа урочища по данным натурных наблюдений получены природные значения геокриологических параметров и активности ЭГП, а также оценены изменения этих параметров при разной степени имеющихся нарушений. Расчетным путем и по методу аналогий оценены масштабы изменений на случай 100%-го нарушения покровов. Фрагмент ландшафтной карты приведен на рис. 1. В структуре представленного участка выделяются 4 ландшафта, включающие в свой состав по несколько типов урочищ.

В соответствии с принятой методикой для каждого урочища оценена устойчивость к возможному техногенным нарушениям и составлена эколого-геологическая карта (рис. 2), легенда к которой представлена в табл. 1, а экспликация — в табл. 2.

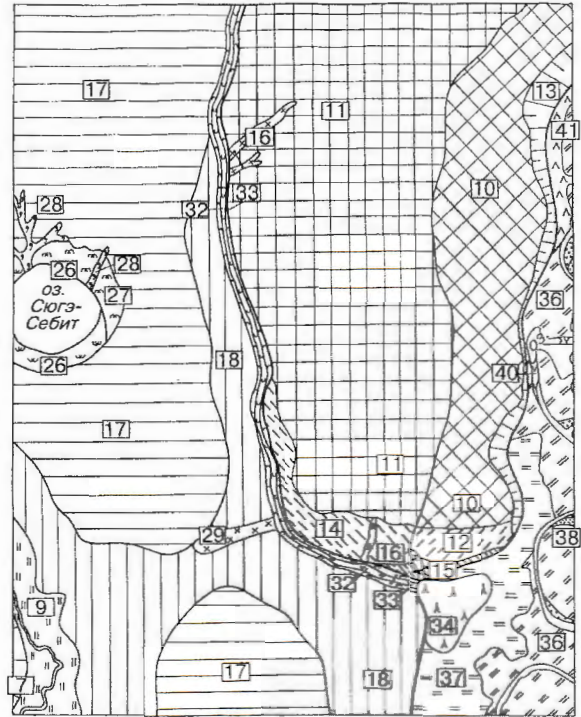


Рис. 1. Фрагмент ландшафтной карты месторождения Кючюс (номера урочищ приведены в соответствии с принятым для района перечнем).

Ландшафт регионального водораздела: 7 — колювиальные склоны (до 35°) водораздельной поверхности; 9 — нерасчлененная пойма небольшого ручья с щебнисто-гравийно-супесчаным аллювием. Денудационный ландшафт нагорных террас и террасоувалов: 10 — пологонаклонные ($1,5-2,5^{\circ}$) поверхности с щебнисто-суглинистым элюво-делювием мощностью до 2—5 м; 11 — то же с суглинистым с щебнистым делювием мощностью до 5—10 м с ПЖЛ; 12 — крутые (до 27°) склоны с супесчано-щебнисто-глибовым элюво-делювием; 13 — обвально-осыпные ($30-50^{\circ}$) склоны; 14 — крутые (до 20°) склоны с супесчано-суглинистым делювием мощностью до 2—10 м с ПЖЛ; 15 — слабо наклонные ($1-7^{\circ}$) делювиальные шлейфы с супесчаным отложением мощностью 2—5 м с ПЖЛ; 16 — ложбины стока глубиной 2—3 м с пылеватосупесчаным аллюво-делювием мощностью 2—5 м с ПЖЛ. Аккумулятивный ландшафт нагорных террас и террасоувалов: 17 — полого-волнистые поверхности, сложенные едомной толщей мощностью до 35 м, с льдистостью за счет ПЖЛ до 35%; 18 — солифлюкционные склоны ($3-10^{\circ}$), сложенные едомной толщей мощностью 20—35 м, с льдистостью за счет ПЖЛ до 30%; 26, 27 — склоны озерных косогоров эрозивно-термоденудационные с байдарочными (26) и ольденно-оползевые (27) крутизной $12-15^{\circ}$, сложенные частично разрушенной едомной толщей, с льдистостью за счет ПЖЛ до 25%; 28, 29 овраги (28) и ложбины (29) стока глубиной 3—8 м с маломощным глинистым делювием, подстилаемым едомной толщей мощностью до 10—15 м; 32, 33 — днища (32) и склоны (33) долин ручьев на террасоувалах, сложенные оторфованными пылеватыми супесями мощностью 5—10 м; 34 — супесчано-суглинистые конусы выноса. Ландшафт долины руч. Кючюс: 36, 37 — дренажные (36) и заболоченные (37) средние поймы, сложенные супесями, подстилаемыми галечниками; 38 — низкие поймы, сложенные галькой с песчано-супесчаным заполнителем; 40, 41 — дренажные (40) и заболоченные (41) старичьи понижения, выполненные пылеватыми супесями и лесами с обилием органики.

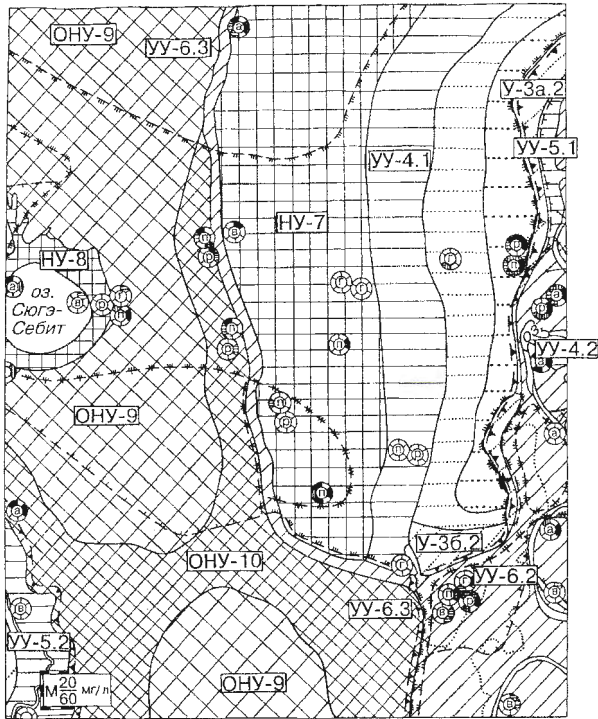


Рис. 2. Фрагмент эколого-геологической карты месторождения Кючюс (усл. обозн. см. в табл. 1; экспликация см. в табл. 2).

К *устойчивым* с экологической точки зрения в пределах рассматриваемого фрагмента относятся площади с близким залеганием скальных пород триаса (У-1, 2), а также осыпи на склонах (У-3а.2). Свойства пород здесь в результате техногенеза не изменятся, а техногенная активизация процессов не произойдет.

К *условно устойчивым* отнесены долины ручьев (УУ-5.2, 6.2, 6.3) и верхняя часть делювиально-солифлюкционного склона нагорной террасы (УУ-4.1) с маломощным ледовым комплексом (2—5 м). Техногенное вмешательство не может вызвать здесь существенной активизации ЭГП (особенно связанных с термокарстом) и нарушения гомеостаза литогенной основы природных комплексов.

К *неустойчивым* отнесены два типа областей. Первая — область развития маломощного (до 10 м) ледового комплекса на поверхности нагорной террасы (НУ-7), а вторая — обрамление озер на террасовалах (область НУ-8). Здесь при нарушении покровов возможна активизация термокарста, байджарахообразования и различных форм эрозии.

Особо неустойчивы к техногенезу поверхности и склоны террасовалов. На поверхностях (ОНУ-9) главный изменяющийся процесс — тер-

мокарст, ведущий к образованию замкнутых котловин; на склонах (ОНУ-10) — незатухающий термокарст, поддерживаемый термоэрозией.

Современная техногенная нарушенность связана как с собственно деятельностью горного производства, так и с его инфраструктурой. В том числе в их нерациональных и несанкционированных формах. Наиболее сильные нарушения поверхности (70—100%) сконцентрированы в долине руч. Кючюс и на уступе нагорной террасы, однако в силу устойчивости этих территорий значительных изменений в геологической среде и активизации ЭГП не наблюдается.

Широкая полоса сильных нарушений (50% поверхности) тянется по террасовалам. Здесь повсеместно имеются признаки клумбовидного рельефа, т.е. начальной стадии термокарста. Полоса сильных нарушений обрамляется малонарушенными территориями.



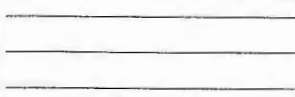

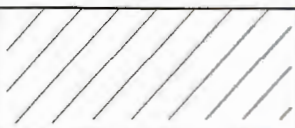






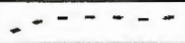
Экогеохимическое опробование свидетельствует о естественно-напряженной обстановке в основных ландшафтных средах. Естественная концентрация микроэлементов I и II групп токсикологической опасности в природных водах близки к критическим (в среднем 0,86 ПДК). Наименьшую степень загрязненности имеют грунты. Признаков массового техногенного загрязнения не обнаружено.

ВЫВОДЫ

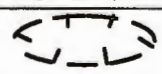
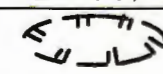
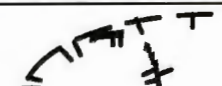
Разработана методика крупномасштабных эколого-геологических исследований площадей рудных месторождений в криолитозоне. Методика основана на геоэкологической оценке состояния и динамики ландшафтных, инженерно-геокриологических и геохимических условий при техногенных воздействиях, характерных для освоения месторождений. Основным элементом методики является ранжирование территорий в пределах месторождения и зоны его влияния по степени устойчивости к техногенному вмешательству. Выделяются 4 категории областей от устойчивых до особо неустойчивых. Каждая область разделяется по районам и участкам, отличающиеся по комплексу свойств геологической среды по неблагоприятным геологическим процессам и по возможной реакции на хозяйственную деятельность.

Методика опробована на примере крупного золоторудного месторождения Северной Якутии. Составленная по разработанной методике эколого-геологическая карта характеризует современные экогеологические условия площади, их природную и техногенную составляющие. Она содержит прогноз развития ЭГУ для сценария сложившейся практики освоения месторождения. Карта является основой для ведения экологичес-

Таблица 1. Легенда к эколого-геологической карте месторождения Ключюс
А. СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРРИТОРИИ

Области		Районы		Условный знак	Участки	
устойчивость	индекс	ранг	индекс		№№	индекс
Устойчивые	У	1	У-1	—	—
		2	У-2	—	—
		3а	У-3а		1 2 3	У-3а.1 У-3а.2 У-3а.3
		3б	У-3б		1 2	У-3б.1 У-3б.2
Условно-устойчивые	УУ	4	УУ-4		1 2	УУ-4.1 УУ-4.2
		5	УУ-5		1 2 3	УУ-5.1 УУ-5.2 УУ-5.3
		6	УУ-6		1 2 3	УУ-6.1 УУ-6.2 УУ-6.3
		7	УУ-7		—	—
Неустойчивые	НУ	8	НУ-8		—	—
		9	НУ-9		—	—
Особо неустойчивые	ОНУ	10	ОНУ-10		—	—
		—	—		— границы областей с различным уровнем экологической устойчивости	
—	—		— границы районов разного ранга устойчивости			
—	—		— границы участков с различным комплексом свойств			

Б. ТЕХНОГЕННАЯ НАРУШЕННОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Нарушенность территории	5–25%	25–50%	более 50%
			
	— сочетание территорий с различной степенью нарушенности поверхности		

В. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Zn Pb Sb		Hg As Cd	–	точечная проба по 6 микроэлементам. Буква в центре круга – вид опробованной среды: в – вода; г – грунт; д – донные осадки; п – почва; р – растительность
Уровень загрязнения	< 0.5 ПДК	0.5–1.0 ПДК	1–5 ПДК	> 5 ПДК
	–	потенциальная область быстрого химического загрязнения		
20 М — мг/л 60	–	мутность речного стока: _____ в межень в паводок		

Г. СОСТОЯНИЕ И СВОЙСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ, ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (на экспликациях и врезках)

У-2	ПТК: 1, 10		–
T ₂ , eT ₂	Алевриты и их элювий (до 2 м)		– индексы района и ПТК
Показатель ЭГУ	Условия		– геол. индекс; состав и мощность пород
	естеств.	наруш. *)	– показатель экогеологических условий (ЭГУ)
t, °C	–7...–9	–7...–9	– температура ММП, °C
СТС, м	1.2...2.2	1.2...2.5	– мощность СТС, м
ρ, г/см ³	2.6...2.73	2.6...2.73	– плотность грунта, г/см ³
i _{ПЖЛ} , %	0	0	– льдистость за счет ПЖЛ
W _c ≈ i _{ВГ} , %	10	10	– суммарная влажность и грунтовая льдистость
Процессы, д.е.			– пораженность площади процессами, доли ед.
	0.3	0.7	– солифлюкция
	0.3	0.5	– заболачивание
	нет	0.3	– эрозия, термоэрозия
	нет	0.5	– термокарст
	нет	0.3...0.5	– байджарахи
#	0.3	нет	– полигональное растрескивание
	–	–	– осыпи и обвалы
	–	–	– клинья ПЖЛ (вверху – ширина по верху, м; внизу – высота клина, м)

*) при 100%-ном нарушении поверхности

Таблица 2. Экспликация для типичных районов и участков разной степени устойчивости

У-1, 2		ПТК: 1, 10		У-3а.2		ПТК: 5, 6, 7, 13		УУ-6.2		ПТК: 37	
eT ₂ , T ₂		Алевролиты и их элювий (до 2 м)		с III-IV		Щебень алевролитов (2-5 м)		a ^{сп} IV		Супесь (2-5 м), ниже галька	
Показатель ЭГУ		Условия		Показатель ЭГУ		Условия		Показатель ЭГУ		Условия	
		естеств.	наруш.			естеств.	наруш.			естеств.	наруш.
t, °C		-7...-9	-7...-9	t, °C		-7...-9	-7...-9	t, °C		-7...-8.5	-5.5...-7
СТС, м		1.2...2.2	1.2...2.5	СТС, м		1.2...2.0	1.2...2.4	СТС, м		0.8...1.2	0.8...1.4
ρ, г/см ³		2.6...2.7	2.6...2.7	ρ, г/см ³		2.1...2.35	2.1...2.35	ρ, г/см ³		1.3...1.45	1.3...1.45
i _{пжл} , %		0	0	i _{пжл} , %		0	0	i _{пжл} , %		10	10
W _{c≈i_{вг}} , %		10	10	W _{c≈i_{вг}} , %		5...20	5...15	W _{c≈i_{вг}} , %		60...120	60...120
		Процессы, д.е.				Процессы, д.е.				Процессы, д.е.	
☺		нет	нет	☺		нет	нет	☺		0.7...1.0	0.7...1.0
∠		нет	нет	∠		нет	нет	∠		нет	0.3
⊕		нет	нет	⊕		нет	нет	⊕		нет	0.3
#		нет	нет	#		нет	нет	#		0.5	0.5
∴		нет	нет	∴		0.3...1.0	0.7...1.0	∴		нет	нет
▼ нет		-	-	▼ нет		-	-	▼ i ₂₋₅		-	-

УУ-6.2		ПТК: 37		У-6.3		ПТК: 16, 29, 32, 33, 34		НУ-7		ПТК: 11, 14, 16	
a ^{сп} IV		Супесь (2-5 м), ниже галька		ad, p III ²⁻⁴ -IV		Отгорфованный суглинок (5-10 м)		d III ²⁻⁴ -IV		Суглинки (5-10 м)	
Показатель ЭГУ		Условия:		Показатель ЭГУ		Условия:		Показатель ЭГУ		Условия:	
		естеств.	наруш.			естеств.	наруш.			естеств.	наруш.
t, °C		-7...-8.5	-5.5...-8	t, °C		-7...-8.5	-5.5...-8	t, °C		-7.5...-9	-5.5...-7
СТС, м		0.8...1.2	1.0...1.5	СТС, м		0.4...0.8	0.4...1.4	СТС, м		0.8...1.2	0.8...1.4
ρ, г/см ³		1.3...1.68	1.3...1.68	ρ, г/см ³		1.3...1.48	1.3...1.48	ρ, г/см ³		1.3...1.45	1.3...1.45
i _{пжл} , %		0	0	i _{пжл} , %		0	0	i _{пжл} , %		20	20
W _{c≈i_{вг}} , %		40...100	40...100	W _{c≈i_{вг}} , %		60...160	60...160	W _{c≈i_{вг}} , %		60...120	60...120
		Процессы, д.е.				Процессы, д.е.				Процессы, д.е.	
☺		нет	нет	☺		0.3	0.5...1.0	☺		0.7...1.0	0.7...1.0
≡		0.7	0.7...1.0	≡		0.3	0.3...0.5	≡		0.3	0.3
∠		нет	нет	∠		нет	0.3	∠		нет	0.3
⊕		нет	нет	⊕		нет	нет	⊕		нет	0.7
⌒		нет	нет	⌒		нет	0.0...0.3	⌒		нет	0.0...0.1
#		0.5	0.3...0.5	#		0.1...0.3	0.1...0.3	#		0.5	0.5
▼ нет		-	-	▼ нет		-	-	▼ >3		-	-

НУ-8		ПТК: 26, 27, 28		ОНУ-9		ПТК: 17		ОНУ-10		ПТК: 18, 29	
ad III ²⁻⁴		Супеси (> 20 м)		ad III ²⁻⁴		Супеси (до 35 м)		ad III ²⁻⁴		Супеси (20-35 м)	
Показатель ЭГУ		Условия:		Показатель ЭГУ		Условия:		Показатель ЭГУ		Условия:	
		естеств.	наруш.			естеств.	наруш.			естеств.	наруш.
t, °C		-8...-9	-8...-9	t, °C		-8...-9	-6...-7	t, °C		-8...-10	-6...-8
СТС, м		0.6...1.0	0.6...1.0	СТС, м		0.6...1.0	0.8...1.4	СТС, м		0.6...1.0	0.8...1.4
ρ, г/см ³		1.24...1.8	1.24...1.8	ρ, г/см ³		1.24...1.8	1.24...1.8	ρ, г/см ³		1.24...1.8	1.24...1.8
i _{пжл} , %		25	25	i _{пжл} , %		35	30...35	i _{пжл} , %		30	25...30
W _{c≈i_{вг}} , %		40...130	40...130	W _{c≈i_{вг}} , %		40...130	40...130	W _{c≈i_{вг}} , %		40...130	40...130
		Процессы, д.е.				Процессы, д.е.				Процессы, д.е.	
☺		0.3	0.5...1.0	☺		нет	нет	☺		1.0	0.7...1.0
≡		нет	нет	≡		нет	0.1...0.3	≡		0.3	нет
∠		0.1...1.0	0.7...1.0	∠		нет	0.1	∠		нет	0.3...0.5
⊕		нет	0.1...0.3	⊕		нет	1.0	⊕		нет	0.5
⌒		0.5...1.0	0.7...1.0	⌒		нет	0.3	⌒		нет	0.3
▼ до 20		-	-	▼ до 35		-	-	▼ до 20-35		-	-

Усл. обозн. см. в табл. 1

кого мониторинга территории месторождения и принятия управляющих решений по минимизации экологического ущерба от деятельности предприятия и его инфраструктуры.

Методика допускает использование ГИС-технологии.

Литература

- Гарагуля Л.С. Методика прогнозной оценки антропогенных изменений мерзлотных условий. М.; Изд-во МГУ, 1985, 225 с.
- Геозология Севера (введение в геокриозкологию) / Под ред. В.И. Соломатина. М.; Изд-во МГУ, 1992, с. 270.
- Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных районов. М.; Недра, 1989, 230 с.
- Изучение инженерно-геокриологических и гидрогеологических условий верхних горизонтов пород в нефтегазоносных районах криолитозоны: Методическое руководство / Под ред. Е.С. Мельникова, С.Е. Гречищева, А.В. Павлова. М., Недра, 1992, 288 с.
- Мельников Е.С., Москаленко Н.Г., Сташенко А.И. Крупно- и среднемасштабные карты реакции геологической среды криолитозоны на механические нарушения // Геозкологические исследования при инженерно-геологических съемках. М., ВСЕГИНГЕО, 1992, с. 41—51.
- Островский В.Н., Цыпина И.М., Кузьмина Л.Н. Оценка геозкологического состояния геологической среды при составлении региональных мелкомасштабных геозкологических карт // Геозкологические исследования при инженерно-геологических съемках. М.; ВСЕГИНГЕО, 1992, с. 12—20.
- Островский Л.А., Островский В.Н. Сводная легенда и макеты геолого-экологических карт масштаба 1:200 000 — 1:100 000. М., ВСЕГИНГЕО, 1995.
- Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию. Масштаб 1:1 000 000—1:500 000. М., ВСЕГИНГЕО, 1990а, 41 с.
- Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию. Масштаб 1:200 000—1:100 000. М., ВСЕГИНГЕО, 1990б, 86 с.
- Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию. Масштаб 1:50 000—1:25 000. М., ВСЕГИНГЕО, 1990в, 127 с.
- Царев П.В. Общие требования к геозкологическим исследованиям при производстве инженерно-геологических и комплексных съемок // Геозкологические исследования при инженерно-геологических съемках. М., ВСЕГИНГЕО, 1992, с. 7—12.

Поступила в редакцию
3 июля 1997 г.