

УДК 553.411(571.65):504.5.06

ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ НАТАЛКИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Л. П. Глотова

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: glotova@neisri.ru*

На основе анализа фактического материала, полученного при геологических, гидрологических и мерзлотно-гидрогеологических исследованиях с 1945 по 2008 г., дана оценка современного геоэкологического состояния района Наталкинского золоторудного месторождения. Отмечены как положительные, так и отрицательные геоэкологические последствия многолетних горных работ по добыче россыпного и рудного золота в бассейне р. Омчак. Охарактеризованы процессы техногенного преобразования основных элементов природной среды. Особое внимание уделено качественным изменениям природных вод, обусловленным как утечками из хвостохранилищ, так и активизацией естественных процессов окисления и гидролиза минералов при вскрытии зон сульфидной минерализации и формировании отвалов. Наиболее значимыми факторами антропогенного преобразования природной среды (преимущественно загрязнения поверхностных вод токсичными отходами) показаны существующие хвостохранилища в долинах р. Омчак и руч. Глухарь и открытые горные работы. При многократном увеличении масштабов этих работ и количества рудных отходов прогнозируется рост доли сульфатных солей в поверхностных водах и резкое ухудшение их качества. Даны рекомендации по предупреждению негативных геоэкологических последствий при интенсификации деятельности горнодобывающих предприятий.

Ключевые слова: геоэкология, хвостохранилище, многолетняя мерзлота, природные воды, техногенные изменения.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени на Северо-Востоке России сформировались очаги техногенно преобразованной природной среды, являющиеся геоэкологическими последствиями отработки золоторудных месторождений, среди которых в первую очередь можно назвать Наталкинское. Разведочные работы здесь были начаты с 1944 г., а золотоизвлекательная фабрика им. Матросова (ЗИФ) была введена в эксплуатацию в мае 1945 г. С 1948 г. фабрику неоднократно реконструировали в целях повышения ее производительности. С момента пуска фабрики хвосты складировали в течение 32 лет в хвостохранилище № 1, устроенное в долине р. Омчак, в непосредственной близости от фабрики, а с 1986 г. – в хвостохранилище № 2 на руч. Глухарь.

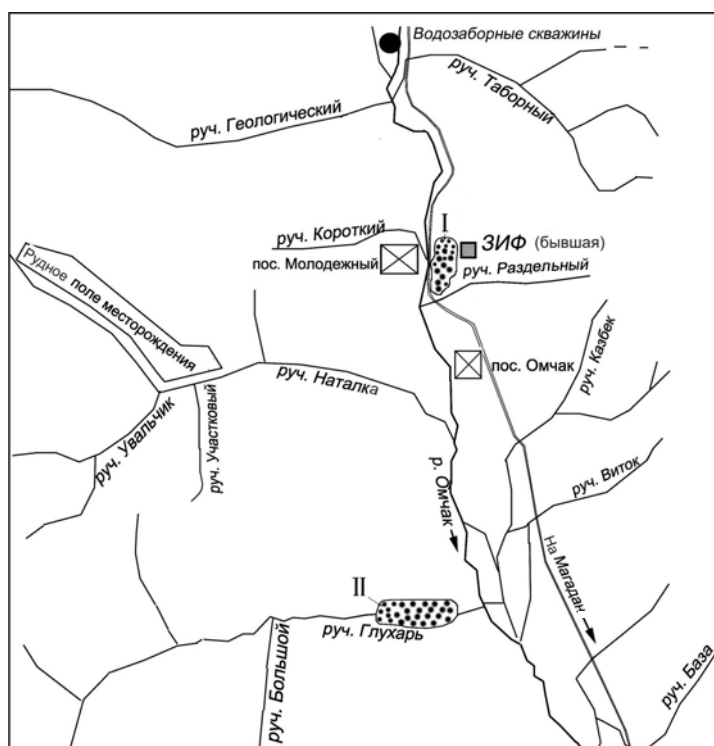
В ближайшей перспективе ожидается отработка месторождения карьерным способом с выемкой руды около 20 млн т и ежегодной производительностью ЗИФ до 40 т золота. Таким образом, ориентировочно количество ожидаемых отходов возрастет до 30–35 млн м³ в год, что в несколько раз превышает количество отходов рудных пред-

приятий, накопленное в регионе за все время их деятельности. Учитывая, что для Северо-Востока России подобное крупномасштабное освоения золоторудного месторождения является первым опытом глубокого техногенного воздействия на природную среду, мы сочли целесообразным изучить существующую геоэкологическую обстановку и дать ей оценку для прогноза дальнейших процессов преобразования природной среды и разработки мер по предотвращению негативных последствий.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для анализа и обобщения мы использовали, в первую очередь, фактические материалы, полученные при геологических, гидрологических, инженерно-геологических и мерзлотно-гидрогеологических изысканиях, выполненных различными организациями в районе месторождения (работы бывших организаций объединения «Северовосток-золото», Северо-Восточного территориального геологического управления (СВТГУ), института «Дальстройпроект», бывшего Всесоюзного института золота и редких металлов (ВНИИ-1), Колымского управления Гидрометеослужбы (КУГМС).

Учтены и результаты мониторинга действующих водозаборов в пос. Омчак, Транспортный и др., расположенных вблизи Наталкинского месторождения (см. рисунок). В числе последних работ следует упомянуть геоэкологические исследования 2000–2001 и 2005 г., проведенные лабораторией геоэкологии СВКНИИ ДВО РАН, и 2002 г., выполненные сотрудниками лаборатории геоботаники ИБПС ДВО РАН (Пещеров, 2006).



Расположение техногенных объектов района Наталкинского золоторудного месторождения: I, II – хвостохранилище соответственно № 1 и 2

Schematized location of industrial facilities in the Natalka Gold Lode area: I, II are tailing ponds 1 and 2, respectively

Основное внимание при анализе всех перечисленных материалов было уделено состоянию бывшего и действующего хвостохранилищ, характеристике природных вод и изменениям этих характеристик в течение всего периода эксплуатации месторождения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Рельеф района представляет собой сильно расчлененное среднегорье с максимальными высотами до 1306 м и абсолютными превышениями водоразделов над долинами 100–300 м. Вершины сопок преимущественно сглаженные. Крутизна склонов максимально достигает 35°. Долины ручьев обычно с крутыми склонами и плоскими днищами; северные склоны более крутые, чем южные. Широко распространены террасовалы, кол-

лювиальные шлейфы, конусы выноса и оползающие склоны. На склонах южной экспозиции развиты солифлюкция, оползание щебенчатого материала.

Климат района работ типичен для Верхней Колымы. Особенности ему придает протяженность долины с северо-запада на юго-восток на расстояние около 60 км. В силу этого здесь в зимнее время постоянно дует ветер по речной долине за счет разницы в температурах воздуха долин и водоразделов. Этот экологически негативный для людей факт, судя по преимущественному распространению в ненарушенной долине кустарниковых форм растительности, в зимнее время проявлялся до начала горных работ. Техногенная деятельность его усугубила.

Зимние температуры в среднем равны $-9,5^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков 309–386 мм, большая часть их выпадает в летний сезон.

Средняя мощность снежного покрова 0,6 м, но из-за снегопереноса она меняется от первых двух десятков сантиметров до полного отсутствия на вершинах и наветренных склонах отвалов, поперечных по отношению к протяженности долины, и на обоих склонах на продольных отвалах.

Основной водной артерией района является р. Омчак, левый приток р. Тенька (бассейн р. Колыма). Долина ее заложена по осевому шву крупного тектонического разлома. Площадь водосбора 530 км², длина 55 км, ширина долины в устье руч. Наталка от 400 до 800 м, ширина русла 10–40 м, глубина 0,3–0,5 м в межень (до 2 м в паводок), скорость течения 0,8–3,2 м/с. Во все годы сток проявляется в первой половине мая, через 3 сут после начала теплого сезона.

Ледостав продолжается со второй половины октября до второй половины мая. Среднегодовой модуль стока 16,4 л/с, максимальный объем стока (до 150 м³/с) приходится на июль. Средняя многолетняя норма стока для руч. Омчак принята равной 8,02, для руч. Глухарь – 11 л/с×км². Максимальные модули стока дождевых паводков обеспеченностью 1% для р. Омчак 780 л/с×км², для руч. Глухарь – 1030 л/с×км². Объем стока дождевого паводка 1% обеспеченности на руч. Глухарь в нижнем створе плотины составляет 2,63 млн м³.

Геологическое строение района достаточно хорошо изучено (Гончаров и др., 2002), поэтому отметим лишь, что здесь преимущественно развиты терригенно-осадочные породы позднепермского возраста (глинистые, углисто-глинистые и песчано-глинистые сланцы с прослоями песчани-

ков), прорванные дайковым интрузивным комплексом и перекрытые в речных долинах и на склонах четвертичными отложениями. В днищах долин в верхней части коренных пород сформирована кора выветривания мощностью от 2–3 до 14–17 м, сложенная щебенкой и дресвой, сцементированных плотными глинами. Ниже, до глубины 30–60 м, породы интенсивно трещиноватые и пиритизированные. По геофизическим данным, открытая трещиноватость характерна до глубины 100–160 м. Основная рудная масса – сульфидно-вкрапленные руды, сложенные ранней пирит-арсенопиритовой ассоциацией (Горячев и др., 2000). Пирит – главный минерал рудных жил и минерализованных зон – играет важную роль в формировании сульфатных магниево-кальциевых природных вод.

Четвертичные отложения – это в основном аллювиальные в долинах, коллювиальные и делювиальные на склонах, элювиальные в основании аллювия в днищах долин. Первые залегают на глинисто-щебневом горизонте мощностью до 1,5–2 м, в понижениях их мощность до 8,8 м.

Мерзлотные и гидрогеологические условия изучались в связи с решением проблем водоснабжения, отработки рудных и россыпных месторождений золота, строительства хвостохранилищ. Многолетнемерзлые породы (ММП) распространены повсеместно. Мощность их изменяется от 71–95 м в бывшей пойме и на террасах до 110 м у хвостохранилища № 1. При подъеме уровня местности мощность ММП возрастает до 180–208 м. Температура ММП на подошве яруса годовых теплооборотов (12–14 м) меняется от -1,2 до -3,8°C.

Буровыми, опытно-фильтрационными и геофизическими работами доказано наличие узких сквозных таликов под бывшим руслом р. Омчак, приуроченных к трещиноватым породам в зоне Омчакского разлома. Ширина таликовой зоны варьирует в пределах 80–500 м, а длина прослежена на несколько километров выше по течению

реки от устья руч. Геологический, ниже этого притока – до устья реки.

Глубина сезонного оттаивания на северных склонах, покрытых мхами, колеблется в пределах 0,3–0,5 м. Под растительным покровом, как правило, залегают слои торфа с линзами и вкраплениями льда. На склонах южной экспозиции мощность сезонно-талого слоя (СТС) составляет 0,8–1,7 м, в долинах рек увеличивается до 3–5 м.

По результатам геотермических наблюдений 1954–1955 гг. А. Г. Грибок (1956 г.) выявила, что промерзание СТС начинается в конце сентября и завершается к концу ноября. Наблюдения В. В. Копнева (1995 г.) показали, что климатические условия региона способствуют наращиванию мерзлоты, а все талые новообразования (отвалы, навалы и т. д.) переходят в стабильно мерзлое состояние.

В процессе многочисленных гидрогеологических исследований, выполненных на территории месторождения с 1942 по 1987 г., здесь установлено наличие вод СТС, вод подрусловых таликов и подмерзлотных.

Воды СТС существуют в летний период и проявляются, как правило, в виде многочисленных нисходящих источников с дебитами от 1,5 до 6 л/с в верховьях небольших ручьев. Они имеют гидрокарбонатный кальциевый состав и минерализацию в пределах 20–30 мг/дм³, до 20–24 мг-экв.% в этих водах присутствует сульфат-ион. Воды некоторых источников в долинах руч. Павлик, Геологический отличаются от фона. Они сульфатные, с минерализацией до 300–500 мг/дм³ (табл. 1).

Возможно, здесь имеет место формирование вод выщелачивания переработанных техногенных отложений.

Подземные воды подруслового сквозного талика в долине р. Омчак представляют наибольший интерес как единственно возможные источники водоснабжения рудника и близлежащих поселков.

Таблица 1. Химический состав подземных вод в очагах разгрузки в долинах боковых притоков р. Омчак в августе 2001 г. (по материалам В. Е. Глотова, Л. П. Глотовой и др., 2001 г.)

Table 1. Ground water's chemical composition within discharge areas in the Omchak R. tributary valleys, August 2001 (according to V. E. Glotov, L. P. Glotova et al., 2001)

Местонахождение источника, температура воды и воздуха	Содержание компонентов, мг/л						Формула химического состава
	pH	Ca	Mg	SO ₄	Cl	HCO ₃	
Нижнее течение руч. Геологический, T _{воды} = 8°C, T _{возд.} = 25,2°C	6,6	45,1	18,9	159,8	0	73,2	M0,3 $\frac{SO_4 75HCO_3 25}{Ca 75Mg 25}$
Днище долины руч. Павлик в нижнем течении, T _{воды} = 6°C, T _{возд.} = 24,5°C	6,4	150,1	23,1	198,0	43,0	2,49	M0,52 $\frac{SO_4 46HCO_3 45}{Ca 80Mg 20}$
Высочки воды в русле руч. Крутой (левый приток руч. Павлик)	6,4	101,2	40,7	209,0	0	186,0	M0,42 $\frac{SO_4 59HCO_3 41}{Ca 68Mg 32}$

Таблица 2. Химический состав подземных вод подруслового талика в долине р. Омчак (по материалам П. Г. Сурикова, 1943 г.; А. Г. Грибок, 1956 г.; В. Н. Пушко, 1968 г., И. С. Кривоносова, 1979 г.)

Table 2. Ground water's chemical composition in a sub-channel talik zone in the Omchak R. valley (according to P. G. Surikov, 1943; A. G. Gribok, 1956; V. N. Pushko, 1968; I. S. Krivonosov, 1979)

Место и дата отбора пробы	Катионы, мг/дм ³			Анионы, мг/дм ³			Формула химического состава
	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	
Скважина на прав. берегу руч. Павлик, 19.04.1943 г.	4,8	10	2	5,6	4,6	40,1	$M0,06 \frac{HCO_3 75 Cl 13 SO_4 12}{Ca 59 (Na + K) 22 Mg 19}$
Скважина в пос. Омчак, 04.06.1952 г.	0,4	26,4	24,4	1	42,1	146,4	$M0,19 \frac{HCO_3 72 SO_4 27}{Mg 60 Ca 39}$
Скважина разв. линии 296, 1968 г.	9,84	96,2	19,5	13,9	180	112	$M0,47 \frac{SO_4 64 HCO_3 26}{Ca 68 Mg 23}$
Скважина гидрогеол. створа III–III, ВЗТ Р ₂ ; 13.10.1979 г.	5,6	36,5	10,2	1,7	76,2	94	$M0,2 \frac{SO_4 52 HCO_3 44}{Ca 64 Mg 28}$

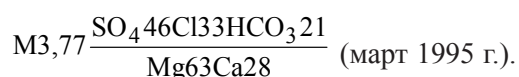
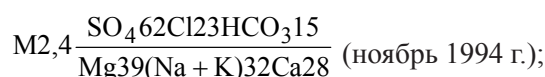
В сквозном талике выделены водоносный горизонт современных аллювиальных отложений и водоносная зона трещиноватости позднепермских пород. Мощность обводненных современных отложений, представленных гравийно-галечниковыми грунтами с супесчаным заполнителем, не превышает 4–6 м. По результатам гидрогеологических исследований, выполненных И. С. Кривоносовым и др. в 1977–1979 гг., водопроницаемость горизонта варьирует в широких пределах – от 40–60 до 2100 м²/сут, что обусловлено литологической неоднородностью водовмещающих отложений.

Водоносный горизонт аллювиальных отложений гидравлически связан с нижележащей водоносной зоной трещиноватости позднепермских пород, вскрытой многочисленными скважинами в районе рудника им. Матросова и ЗИФ (пос. Молодежный), в окрестностях пос. Омчак, им. Гастелло, Транспортный. Водопроницаемость ее колеблется от 20–40 до 170–250 м²/сут. Коэффициент пьезопроводности – от 2,2×10⁴ до 6,8×10⁴ м²/сут. Основная роль в питании водоносной зоны трещиноватости принадлежит водам СТС и надмерзлотных таликов, которые, в свою очередь, пополняются за счет атмосферных осадков и поверхностных водотоков. Трещинные воды характеризуются тем же составом, что и грунтовые воды аллювиальных отложений.

В табл. 2 приведены данные о химическом составе подземных вод подрусловых таликов в наиболее характерных пунктах долины р. Омчак.

Подмерзлотные воды были вскрыты на северо-восточном фланге месторождения, а также встречены в процессе эксплуатационных работ на горизонте 600 м шахтой № 1-бис в долине р. Омчак. По архивным данным, водопритоки в горные выработки превышали 90 м³/ч, в результате чего оказывались затопленными выработки не только нижнего, но и верхнего горизонтов и

ствол шахты. Замечено, что подмерзлотные воды приурочены к участку тектонического нарушения, к зонам смятия, дробления и интенсивной трещиноватости коренных пород. Водопритоки наблюдались и впоследствии в зонах тектонических нарушений и интенсивной трещиноватости, в особенности на северо-западном фланге месторождения. Минерализация шахтных вод достигала 3,1–4,1 г/дм³ при составе, характеризуемом формулами (Сема, 2000):



В водах отмечалось повышенное содержание железа (до 1,3 мг/дм³) и мышьяка (до 0,1 мг/дм³). Это типично рудничные воды, которые могут быть еще одним фактором, влияющим на изменение химического состава природных вод в районах рудных месторождений. Они, как правило, более богаты металлами, чем обычные подземные; их химический состав определяется природной гидрогеохимической зональностью, сложившейся в ходе геологической истории, и зависит от степени интенсивности водообмена, от типа и глубины залегания полезного ископаемого.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Техногенная деятельность, связанная с разведкой, горными работами, извлечением золота из руды, хранением отходов производства, хозяйственное обеспечение всех этих работ неизбежно отражаются на изменении компонентов природной среды с преобразованием их геоэкологических функций. В долине р. Омчак преобразующая

роль техногенеза наиболее заметна в трансформациях экологических функций рельефа, почвенно-растительного покрова и природных вод.

Экологические функции рельефа и рельефообразующих процессов в долине р. Омчак изменены как с позитивными, так и с негативными последствиями. К первым можно отнести исчезновение процесса заболачивания подошвы склонов речных долин и связанного с ним сезонного мерзлотного выпучивания. Прекращены и негативные для инженерных сооружений процессы сезонного трещинообразования при промерзании, оползание склонов. Позитивная роль образовавшихся посттехногенных ландшафтов в Омчакской долине заключается и в том, что в них более интенсивно протекает энергомассообмен, а это способствует более быстрому самовосстановлению почвенно-растительных сообществ. По дендрологическим данным, интенсивность фотосинтеза на посттехногенных ландшафтах в 3–4 раза больше, чем в естественных условиях, что связано с установленным И. М. Паперновым и М. Н. Замощем процессом повышения теплосодержания отвалов (1983).

Отметим, что, по нашим наблюдениям, геологопоисковые и разведочные каналы и траншеи, пройденные поперек уклона (примерно по горизонтали) и углубленные в коренные породы, прекращают процесс оползания делювия, так как создаются благоприятные условия для появления и роста древесной растительности, закрепляющей склоны. Постепенно зарастают и интервалы между траншеями.

К концу XX в. долина р. Омчак и большая часть долин ее притоков от руч. Геологический до устья были переработаны при эксплуатации россыпей. До коренных пород зачищены и перемыты элювий и трещиноватые коренные породы. Рыхлые отложения аккумулярованы в терриконы высотой от 5–10 м в устьевой части руч. База до 25–30 м в нижнем течении руч. Павлик (галевые отвалы и эфеля). Между отвалами расположены фрагменты хорошо или полностью сохранившихся илоотстойников. Достаточно часто все техногенные отложения перемешаны, что указывает на их многократную переработку.

Изменение форм рельефа речных долин при обработке россыпей золота сказалось на таком инженерно-геологическом процессе, как наледообразование. Наледей в естественных условиях, по наблюдениям первопроходцев Е. П. Машко и П. Г. Сурикова, в долине р. Омчак не было. При вскрытии золотоносных россыпей они стали формироваться повсеместно, создавая к концу зимнего периода ледяные потоки по руслам преобразованных боковых притоков.

Техногенным и экологически значимым элементом рельефа, созданным в днищах речных

долин, являются хвостохранилища бывшей ЗИФ им. Матросова.

Хвостохранилище № 1 в долине р. Омчак примыкает к подножию левобережного коренного склона речной долины, окружено дамбой высотой около 15 м. Материал отсыпки – щебень мелкий и средний, цементированный супесью; угол откоса 30–35°. Фильтрация воды через дамбу продолжается до сих пор у подножия южной ее части. У северного борта происходят катастрофические сбросы шлама из аккумулятора хвостов. В бортах дамбы сохранились следы промоин. С 1945 по 1985 г. фабрика переработала 16,5 млн т руды, а общий объем накопленных хвостов составляет примерно 14,2 млн т, т. е. около 2,3 млн т отходов утеряно из-за аварийных сбросов пульпы в р. Омчак. Гидрохимические следствия этих сбросов будут описаны ниже. При сооружении хвостохранилища предполагалось, что все накопленные рудные отходы со временем перейдут в многолетнемерзлое состояние, что и произошло. В 1994–1995 гг. при бурении хвостов было установлено, что вся их толща мощностью до 20 м проморожена.

Действовавшее с 1986 по 2003 г. хвостохранилище № 2 находится вблизи устья руч. Глухарь. В настоящее время оно является приемником отходов экспериментальной золотоизвлекающей фабрики ОАО «Рудник им. Матросова». По данным обследования 2001 г. (лаборатория геоэкологии СВКНИИ ДВО РАН), фильтрация загрязненной воды из хвостохранилища вод дамбой происходит очень активно, особенно на участке бывшего русла и надпойменных террас. В месте выхода образовались суффозионные воронки, заполненные водой. На их дне есть обильные железистые хлопья. Суммарные потери воды составляют не менее 300 л/с, из них примерно 50 л/с возвращается в хвостохранилище насосом. За счет выноса из дамбы пылеватых и глинистых фракций просачивающимися водами степень уплотнения щебенчато-галечного материала отсыпки постоянно уменьшается, активно развивается водная эрозия внешнего откоса.

По данным бурения скважин институтом «Дальстройпроект» на дамбе руч. Глухарь в апреле 1986 г., на глубине 10 м вскрыта линза подземных

вод, имеющих состав $M33,7 \frac{SO_4 99}{Mg92}$.

Этот факт указывает на возможность образования криопэггов в массиве насыпных пород дамбы вследствие вымерзания в зимнее время просачивающихся жидких стоков.

В последние годы выяснилось, что консервация хвостохранилищ и осушение приповерхностного слоя хвостов активизируют процесс испарительной концентрации солей, в том числе токсич-

ных, на поверхности хвостохранилищ с последующим выносом их ветром на расстояние в несколько километров. Местные жители заметили, что пыль хвостохранилища достигает пос. Омчак. Ситуация угрожает здоровью людей, поэтому должен быть постоянный контроль за этим процессом и проведение предупредительных мер, например, путем орошения высохших участков.

Помимо этого, техногенные формы рельефа на площадках горных полигонов остаются источниками повышенной мутности поверхностных водотоков вследствие размыва как отвалов, так и илоотстойников, неконтролируемых свалок бытовых и промышленных отходов, ГСМ, в том числе и токсичных элементов. В настоящее время долина р. Омчак находится под угрозой катастрофического размыва хвостохранилищ № 1 и 2.

Антропогенная трансформация почвенно-растительных комплексов в долине р. Омчак, известной, как «долина маршалов», достаточно полно описана ранее (Замош и др., 1990; Пугачев, Тихменев, 2008), поэтому отметим две существенные особенности процессов восстановления и самовосстановления растительности.

Первая из них была замечена в 2001 г. и заключалась в том, что развитие растительного покрова на техногенно измененных площадях возможно не только при благоприятных условиях роста растений в летнее время, но и при микрорельефе, способствующем накоплению снежного покрова, который предохраняет подрост от вымерзания. Следовательно, для успешного развития древесно-кустарниковой растительности на техногенных ландшафтах необходимо создание «тепловых убежищ» для растений. Другая особенность состоит в том, что восстановление почвенно-растительного покрова не приводит к восстановлению животного мира из-за продолжающейся антропогенной деятельности, в том числе и золотодобычи. Например, р. Омчак и ее притоки лишены рыбы, даже будучи незагрязненными, что, вероятно, связано с постоянным изменением русла водотоков, нивелированием углублений русла,

не промерзающих в зимнее время, которые являлись местами сохранения и размножения рыб. Таким образом, в будущем при планировании природо-восстановительных работ необходимо предусматривать приемы сохранения в зимнее время растений, особенно древесно-кустарниковых, и водной биоты.

Количественные изменения водных ресурсов обусловлены тем, что добыча золота, связанная с разрушением естественных аккумуляторов воды (надмерзлотных водоносных горизонтов, заболоченных площадей, пойменных озер и т. д.) приводит к тому, что сток в малых реках прекращается почти на два месяца раньше, чем в ненарушенных условиях. Меняется и режим половодий. В естественных условиях снег, защищенный весной кустарниками и деревьями от солнечных лучей, сохраняется до начала теплого сезона, когда среднегодовые температуры воздуха переходят 0°C в сторону повышения и начинается массовое таяние снега. С учетом высотной климатической поясности половодье затягивается и часто совпадает с летними паводками, т. е. таяние снега усугубляется выпадением дождей. На открытых площадях горных полигонов, которые зимой служат источником пыли и затемнения поверхности снега на склонах, который начинает испаряться примерно с марта, а при достижении дневных положительных температур воздуха начинает таять, поэтому к началу массового разрушения снежного покрова он в большинстве случаев, особенно на склонах южной экспозиции, полностью сходит. Тем самым при площадном развитии добычных работ в долинах боковых притоков половодье уменьшается, но паводки в августе-сентябре по степени своей разрушительной способности становятся активнее, что отражается на увеличении общего речного стока в эти месяцы (табл. 3).

В табл. 3 приведены расходы р. Омчак, выбранные из данных многолетних наблюдений, проведенных КУГМС, за периоды с одинаковыми климатическими стокоформирующими показателями с промежутком в 34 года.

Таблица 3. Расход воды в р. Омчак (по материалам КУГМС)

Table 3. The Omchak R. water discharge (according to KUGMS)

Величина расхода, м ³ /с	Месяц							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1941 г.								
Средняя	3,75	11,6	8,6	4,6	3,82	0,4	0,068	0,012
Максимальная	43,3	59,6	84,5	26,6	23,5	1,25	0,085	0,045
Минимальная	0	11,1	1,5	1	0,65	0,089	0,047	н/б
1975 г.								
Средняя	3,82	5,02	1,95	4,83	4,22	0,079	н/б	н/б
Максимальная	21,3	12	14,1	45	40,4	0,23	н/б	н/б
Минимальная	н/б	1,58	0,4	0,37	0,18	н/б	н/б	н/б

Примечание. н/б – стока не было.

Таблица 4. Химический состав поверхностных вод р. Омчак (по данным бывшей Бассейновой инспекции КУГМС)

Table 4. The Omchak R. surface water's chemical composition (according to the former KUGMS Basseinovaya Inspection)

Месяц, год отбора проб	Содержание компонентов, лимитируемых для рыбохозяйственного водопользования, мг/дм ³															
	минерализация	pH	Mg	Cl	SO ₄	ХПК	Fe (общ.)	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Cu	Zn	Hg	фенол	нефтепродукты	взвеш. вещества
А. В 0,5 км ниже ЗИФ им. Матросова																
09.1971 г.	239	8,8	11,3	1,6	62,3	н/о	0	н/о	0,03	0	н/о	н/о	н/о	н/о	0,6-1,6	1566
07.1972 г.	43,1	6,8	2	2	10,2	н/о	0,02	н/о	0	0	н/о	н/о	н/о	н/о	1,6	2998
05.1973 г.	32	6,6	0,7-1,6	2,5	5,3	н/о	0,08	н/о	0,01	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,1-1,6	321
08.1974 г.	149,2	н.с.	3,5-7,5	1,6	36,7	н/о	0,9	1,2	0,03	0,1	н/о	н/о	н/о	н/о	0,06-0,4	3988
08.1975 г.	455,5	7,5	20	5	160,6	н/о	2,7	2	0,03	0,2	н/о	н/о	26,6	н/о	0,4	33686,2
06.1976 г.	270	7,5	13,5	4	121	н/о	48,2	3,2	0,03	0,03	0,02	0,02	н/о	н/о	0,3	13166
08.1976 г.	543,3	н/о	32,8	3,5	275,5	н/о	0,2	0,9	0,04	0,02	0,016	0,02	0,016	н/о	0,2	68921
10.1976 г.	1176,6	7,8	83,9	14,6	690,8	н/о	0,2	2,2	0,2	0,7	0,011	0,007	0,01	н/о	0,2	45136,4
06.1977 г.	151	7,5	7,7	1,4	42,7	н/о	0,12	0,46	0,012	0,13	0,002	0,007	0,001	н/о	0,15	14226,4
08.1977 г.	89,1	7	1,7	1,3	17	н/о	0,43	0,1	0,006	0,06	0,012	0,012	0,005	н/о	0,5	812,7
10.1977 г.	336	8,6	7,3	7	69,9	н/о	0,06	0,94	0,01	0,35	0,068	0	0,016	н/о	0,16	23418
06.1978 г.	52,9	6,8	2,3	2,7	11,8	15	1,63	0,09	0	0,04	0,006	0,01	н/о	0,001	0	3044,1
08.1978 г.	н/о	7	н/о	н/о	н/о	н/о	0,51	0,42	0,021	0,21	н/о	н/о	н/о	н/о	0	5654,4
10.1978 г.	559	7,4	35	11,3	266,4	916,3	0,08	1,44	0,005	0,31	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	13091,3
06.1979 г.	236,5	7	6,1	3,3	40,4	502,9	0,59	1,49	0,022	0,43	0,003	0,001	0,012	0,006	0	30341,9
08.1979 г.	140,7	7,4	6,8	2,3	41	174,8	0,38	0,38	0,022	0,31	0,004	0,01	0	0,004	0,84	7731,8
10.1979 г.	332,2	7,4	25	5,9	108,3	337,4	0	1,06	0,033	0,54	0,068	0,002	0,008	0	0,22	19332,5
06.1980 г.	79,4	7,4	3,8	2,4	19,4	7,8	0	3,09	0,001	0,03	0,004	0	0	0,005	0,16	3319
08.1980 г.	70,9	7,2	0,9	2,6	16,5	29,6	0,28	0,27	0,007	0,11	0,002	0,005	0,007	0	0,32	1069
10.1980 г.	н/о	7,3	н/о	н/о	н/о	165,9	0,95	0,19	н/о	н/о	0,003	0,004	0,011	н/о	0,12	21725
Б. В 0,2 км выше устья руч. Геологический																
06.1977 г.	40,5	6,6	1,3	1	16,5	н/о	0,22	0,73	0,004	0,07	0,004	0,007	0,001	н/о	0,01	14,7
08.1977 г.	35,5	6,8	0,1	1,3	8,7	н/о	0,01	0,04	0,002	0,01	0,003	0	0	н/о	0,12	7,2
10.1977 г.	90,3	6,6	4,1	1	47,5	н/о	0,08	0,14	0,001	0,09	0,002	0,002	0	н/о	0,06	6,9
06.1978 г.	19,4	6,1	1	1,7	7,5	57,3	0,26	0,25	0	0,01	0,006	0,023	н/о	0,004	0	36,4
08.1978 г.	160,4	6,8	3,2	0,7	53,7	н/о	0,05	0,08	0,004	0,17	н/о	н/о	н/о	н/о	0	7790,4
10.1978 г.	68,6	6,8	3,2	0,9	31,1	11,4	0	0,01	0	0,12	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0
06.1979 г.	32,5	6,4	1,3	1,7	8,5	19,5	0,04	0,5	0,003	0,04	0,002	0,01	0	0,006	0	22,2
08.1979 г.	36,7	6,6	1,9	1	16,9	23,9	0	0,29	0,003	0,05	0,002	0,006	0	0	0,06	1,4
10.1979 г.	67,8	6,6	2,7	1,2	28,2	13,7	0,02	0,12	0,003	0,02	0	0	0	0	0	9,9
06.1980 г.	26,7	6,35	0,6	1,2	7,8	5,4	0,27	1,89	0,001	0,03	0,002	0,001	0	0,002	0	112
08.1980 г.	33,5	6,8	0,4	1,8	7,3	21,3	0	0,26	0	0,06	0,006	0,012	0	0,002	0,1	5
10.1980 г.	н/о	6,8	н/о	н/о	н/о	22,7	0,1	0,13	н/о	н/о	0,006	0	0,004	н/о	0	0

Примечание. н/о – не определялось; н. с. (здесь и в табл. 5) – нет сведений; ХПК – химическое потребление кислорода.

Хорошо просматривается тенденция сокращения ресурсов подземных вод, отразившаяся в прекращении стока в зимнюю межень.

С антропоцентристских позиций произошедшие изменения в гидрографической сети и гидрологических характеристиках оцениваются как негативные, поскольку ускорены процессы сезонной сработки ресурсов пресной подземной и речной воды.

Качественные изменения водных ресурсов связаны с упомянутыми аварийными сбросами пульпы и постоянными утечками сточных вод вследствие фильтрации в обход ограждающих дамб и через их тело, с активизацией естественных процессов окисления и гидролиза минералов при вскрытии зон сульфидной минерализации, с формированием отвалов.

Еще в 70–80-е гг. XX в. отмечался достаточно высокий уровень загрязнения окружающей территории, что отразилось, прежде всего, на качестве поверхностных вод в р. Омчак ниже по течению от хвостохранилища (табл. 4). Как видно из табл. 4, здесь наблюдалось устойчивое загрязнение медью, цинком и другими компонентами, содержание которых со временем нарастало. Во II квартале 1978 г. было установлено наличие цианидов и роданидов в концентрациях, превышающих ПДК соответственно в 3 и 37 раз.

Отметим, что наименьшие концентрации загрязняющих веществ в р. Омчак, как правило, приходятся на II квартал, когда начинается поверхностный сток.

С конца сентября и до прекращения стока, когда расход р. Омчак непрерывно падал, загрязнение поверхностных вод прогрессировало. Наибольшее наблюдалось в III квартале (ноябрь–декабрь), что обусловлено падением расходов р. Омчак до минимальных значений.

Отрицательные последствия несут изменения химического состава. Можно заметить, что до вмешательства человека в естественные процессы вода имела сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав, общая минерализация не превышала 35–45 мг/дм³. В результате разворота горных работ, достигших максимума в конце 70–80-х гг., минерализация возросла почти в 3 раза, составив в конце летней межени 140 мг/дм³ (табл. 5). Состав воды стал сульфатным, что подтверждает ранее выявленную закономерность преобразования природных вод (Глотов, Глотова, 2001) при горных работах в долинах малых рек.

Влияние гидрохимических изменений р. Омчак на подземные воды сквозных таликов и подмерзлотные характеризовалось эпизодическими появлениями ртути, меди и нефтепродуктов, что видно из результатов режимных наблюдений на посту Омчак в 1979–1990 гг. В подземных водах зоны трещиноватости позднепермских отложений вредные компоненты содержались в пределах допустимых норм, концентрация ртути была повышена в летнее время (0,015 мг/дм³), а осенью соответствовала норме (0,005 мг/дм³). Высокое качество подземных вод в водозаборных скважинах показывает, что формирование их происходит за пределами техногенно измененных участков речной долины. Не исключено, что эпизодические загрязнения ртутью происходили по техническим причинам.

В 1980 г. во всех скважинах было отмечено наличие токсичных микрокомпонентов, содержание которых в отдельных случаях превышало ПДК, установленные для питьевых вод. Так, по скважине № 14 створа II-II содержание ртути составило 0,015 мг/л (на 28.11.1980 г.), а в скважинах № 26 и 28 створа III-III оно превысило ПДК в 4 раза (0,02 мг/л), выше ПДК содержался мышьяк (0,06 мг/л), и по скважине № 24 близкой к пре-

Таблица 5. Химический состав воды в р. Омчак, пос. Омчак (по данным П. Г. Сурикова, 1942 г.; А. Г. Грибок, 1956 г.; И. С. Кривоносова, 1978 г.; В. Е. Глотова и др., 2001 г.)

Table 5. The Omchak R. water's chemical composition, Omchak town (according to P. G. Surikov, 1942; A. G. Gribok, 1956; I. S. Krivonosov, 1978; V. E. Glotov et al., 2001)

Дата отбора	Содержание компонентов, мг/л						Формула химического состава
	pH	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	
04.08.1943 г.	н.с.	9,3	1,2	7,0	25,6	7,6	M0,04 $\frac{\text{HCO}_3\text{ }66\text{SO}_4\text{ }18\text{Cl}16}{\text{Ca}45(\text{Na} + \text{K})35\text{Mg}25}$
15.08.1955 г.	7,0	9,5	2,0	2,0	24,0	3,0	M0,04 $\frac{\text{HCO}_3\text{ }66\text{SO}_4\text{ }18\text{Cl}16}{\text{Ca}45(\text{Na} + \text{K})35\text{Mg}25}$
12.08.1966 г.	н.с.	8,2	3,6	0	25,2	46,1	M0,08 $\frac{\text{SO}_4\text{ }69\text{HCO}_3\text{ }30}{(\text{Na} + \text{K})48\text{Ca}30\text{Mg}21}$
25.08.1978 г.	7,2	25,6	8,5	1,7	64,5	59,7	M0,14 $\frac{\text{SO}_4\text{ }52\text{HCO}_3\text{ }45}{\text{Ca}54\text{Mg}30(\text{Na} + \text{K})16}$
20.08.2001 г.	7,0	15,4	1,8	1,0	19,7	46,6	M0,08 $\frac{\text{SO}_4\text{ }86\text{HCO}_3\text{ }12}{\text{Ca}68(\text{Na} + \text{K})18}$

дельно допустимой оказалась концентрация меди (0,97 мг/л). Нельзя не принимать во внимание и тот факт, что микрокомпоненты обладают высокой биологической активностью и, несмотря на сравнительно малые их содержания, в комплексе могут существенно повлиять на качество подземных вод.

Отметим, что по всем контролируемым показателям наиболее загрязненными речные воды были в 80-х гг. XX столетия. Уменьшение добычи россыпного золота, нарушения в ритме добычи рудного золота на ЗИФ привели к сокращению техногенного воздействия на природную среду, что вызвало самоочистку воды от цинка, ртути, свинца. Самоочистка продолжается до сих пор. Содержания растворенных веществ в водах р. Омчак практически до устья стали близки к ПДК для рыбохозяйственных водоемов и полностью соответствуют ПДК для водохозяйственных. Этому способствовало, видимо, и прекращение сброса шахтных вод в руч. Наталка после перехода предприятия к нынешним владельцам, а также перемерзание значительного объема пульпы в хвостохранилище.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, горные работы, связанные с добычей золота из россыпных и рудных месторождений в долине р. Омчак, существенно повлияли на геоэкологическую ситуацию, обусловив техногенные изменения таких компонентов природной среды, как рельеф, почвенно-растительный покров, поверхностные и подземные воды.

Результаты исследований позволяют предполагать, что многократное увеличение масштабов горных работ и производства рудных отходов повлечет значительный рост доли сульфатных солей в химическом составе поверхностных вод. Крупнейшее на Северо-Востоке России хвостохранилище, планируемое к сооружению в долине одного из боковых притоков р. Омчак, может стать значимым источником не только сульфатов, но и комплекса тяжелых металлов в речной воде. Как показывают результаты бурения скважин на дамбе хвостохранилища № 2, даже незначительные утечки сточных вод могут при вымерзании создавать линзы криопэггов, что уменьшает надежность гидротехнического сооружения. Не исключен и вынос частичек рудных отходов с пылью.

Сопутствующие будущему гигантскому горнодобывающему комплексу работы (например, строительство и эксплуатация аэродрома в долине р. Омчак, постоянный проезд большегрузного транспорта) могут привести к уплотнению техногенных насыпей, которые станут барражем на путях фильтрации подземных вод. В свою очередь, это будет способствовать местному подъ-

ему уровня воды, просачиванию ее на поверхность с последующей активизацией наледных процессов, пучения грунтов, заболачивания. Такие нежелательные процессы можно предупредить, создав заблаговременно, до начала крупномасштабных работ, сеть мониторинговых пунктов наблюдения, осуществляя анализ получаемых материалов, а также изучение микроэлементного статуса населения. При мониторинге необходимо учитывать возможности накопления токсичных микроэлементов в приповерхностном слое пульпы при испарительной концентрации солей за счет миграции пленочных вод в зимнее время к фронту промерзания, а также исследовать причины возникновения обходной фильтрации водных растворов через мерзлые породы, процессы геохимических преобразований накопленных рудных отходов. В противном случае масштаб этих негативных явлений может многократно превысить аналогичные, происходящие в хвостохранилищах долины р. Омчак и руч. Глухариный.

Полное разрешение проблемы охраны природных вод от загрязняющего воздействия отходов обогатительных и извлекательных фабрик, тем более столь крупных, как запланированные на Наталкинском месторождении, состоит в комплексной обработке месторождений, предусматривающей извлечение сопутствующих компонентов, имеющих промышленное значение, а также повторное использование складываемого в хвостохранилище кека – тонкозернистых рудных отходов. В результате этого можно получить не только материал для закладки выработанного пространства, но и сырье для производства искусственных почв, кирпича, цемента, заполнителей для бетона и др. Это вопрос будущего, поскольку еще не разработаны технологические схемы комплексной переработки руды, хотя некоторые шаги в этом направлении делаются. В любом случае разработку экономически рациональных способов предупреждения возможных геоэкологически негативных следствий техногенного преобразования природной среды под воздействием крупномасштабной разработки Наталкинского и подобных рудных месторождений следует выполнять совместными усилиями гидрогеологов, геокриологов, биологов, геохимиков и инженеров-геологов.

ЛИТЕРАТУРА

Глотов В. Е., Глотова Л. П. Новый подход к методологии прогноза последствий техногенных изменений геологической среды на Северо-Востоке России // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий : Материалы XI сес. Сев.-Вост. отд-ния ВМО «Регион. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Ю. А. Билибина» (Магадан, 16–18 мая 2001 г.). Т. 3. Четвертичная геология, геоморфология, россыпи. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – С. 123–125.

Гончаров В. И., Ворошин С. В., Сидоров В. А. Наталкинское золоторудное месторождение. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2002. – 250 с.

Горячев Н. А., Сидоров А. А., Литвиненко И. С., Михалицына Т. И. Минералого-геохимические особенности руд и окорудных метасоматитов глубоких горизонтов месторождения Наталка // Колыма. – 2000. – № 2. – С. 38–49.

Замоц М. Н., Папернов И. М., Тихменев Е. А. и др. Нарушенные земли Магаданской области: перспективы и проблемы освоения // Колыма. – 1990. – № 6. – С. 25–27.

Папернов И. М., Замоц М. Н. Геофизические условия адаптации пионерной древесной растительности на нарушенных землях Северо-Востока // Биолог. пробле-

мы Севера: тез. 4-го Всесоюз. симп. – Магадан : Кн. изд-во, 1983. – С. 292–293.

Пещеров М. Н. Геоэкологическое состояние Наталкинского золоторудного месторождения // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока Азии : материалы Дальневост. регион. конф., посвящ. А. П. Васьковскому. Магадан, 28–30.11. 2006 г. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. – С. 270–273.

Пугачев А. А., Тихменев Е. А. Состояние, антропогенная трансформация и восстановление почвенно-растительных комплексов Крайнего Северо-Востока Азии. – Магадан : СВГУ, 2008. – 182 с.

Сема Е. В. Мерзлотно-гидрогеологические условия Наталкинского месторождения // Колыма. – 2000. – № 2. – С. 32–37.

Поступила в редакцию 20.05.2009 г.

INDUSTRIAL IMPACTS OF THE ENVIRONMENT IN THE NATALKA GOLD LODGE AREA

L. P. Glotova

The results of geologic, hydrologic and permafrost studies conducted in 1945–2008 serve as a basis for the author to make an evaluation of the modern geoecological situation in the Natalka Gold Lode area. Both positive and negative consequences are reported to be the result of long-term placer and lode gold mining operations in the Omchak R. area. Basic industry-caused environmental impacts are described. Changes in the natural water quality are of a peculiar significance, and these can be due to both tailing dump leakage and natural mineral oxidation and hydrolysis processes, which become more intense through stripping operations in sulfide mineralization areas and through dumping. The tailing ponds, which at present exist in the Omchak R. and Glukhar R. areas, as well as the opencast mining operations there are shown to be the gravest factors of environmental impacts, which are mainly surface water pollution with toxic wastes. Provided that such operations become much more intense and ore wastes greater, the sulfate salts content of surface water is predicted to be higher and the water quality will worsen greatly. Some recommendations are made to prevent negative geoecological consequences from intensified mining activities.

Key words: geoecology, tailing pond, permafrost, natural water, industrial impacts.