

УДК 551.345:556.3(571.65) (282.256.86)

## ТЕХНОГЕННЫЕ И ПОСТТЕХНОГЕННЫЕ МЕРЗЛОТНО-ГИДРО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ КОЛЫМЫ

© 2014 В.Е. Глотов, Л.П. Глотова

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт  
им. акад. Н.А. Шило ДВО РАН, г. Магадан

Поступила в редакцию 18.03.2014

В статье охарактеризованы изменения мерзлотно-гидрогеологических обстановок, происходящие при отработке россыпных месторождений золота и после ее прекращения. Показано, что посттехногенные преобразования развиваются исключительно под влиянием природных факторов, поэтому особенности складывающихся мерзлотно-гидрогеологических условий определяются соответствием (или несоответствием) последствий деятельности людей направленности природных процессов.

Ключевые слова: *многолетнемерзлые породы, речные долины, талики, посттехногенные изменения, россыпные месторождения, рекультивация*

Бассейн верхнего течения р. Колыма (Верхняя Колыма) площадью около 100 км<sup>2</sup> известен своими месторождениями россыпного золота, сосредоточенными преимущественно в долинах горных рек (рис. 1). Многие из этих месторождений были открыты в конце 20-х и начале 30-х гг. XX в. и на протяжении более 80-ти лет являются источниками благородного металла. Отработку россыпей ведут практически по всей речной долине, вовлекая в промывку золотоносный гравийно-галечниковый материал с песчаным и супесчаным заполнителем («пески»), элювиальные крупнообломочные образования с суглинистым или глинистым цементом, а также выветрелые трещиноватые коренные породы («плотик»).

**Цель работы:** на примере отработанных и обрабатываемых россыпных месторождений золота в бассейне верхнего течения р. Колыма показать преобразования мерзлотно-гидрогеологических обстановок в речных долинах как при ведении горных работ, так после их завершения, обосновать необходимость учета этих преобразований при планировании рекультивации.

Для достижения цели использованы результаты полевых работ, проведенных авторами в первом десятилетии 2000-х гг. в бассейнах малых горных рек – притоков р. Колыма в верхнем

ее течении, а также заимствованные из рукописных и опубликованных работ других исследователей. Научно-практическая актуальность проводимого исследования определяется тем, что результаты его связаны с обоснованием эффективных направлений рекультивационных мероприятий после завершения работ по добыче россыпного золота.



**Рис. 1.** Схема расположения бассейна Верхней Колымы: 1 – административные границы, 2 – границы водосборной площади бассейна Верхней Колымы; 3 – район наибольшей концентрации месторождений россыпного золота

*Глотов Владимир Егорович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геофизики. E-mail: geocol@neisri.ru*

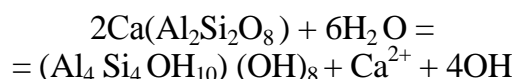
*Глотова Людмила Петровна, старший научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геофизики. E-mail: glotova@neisri.ru*

**Процессы формирования техногенных мерзлотно-геологических изменений в бассейне Верхней Колымы.** Разведка и обработка месторождений сопровождается значительными нарушениями окружающей среды: уничтожением растительного покрова и почвенного слоя, существенным изменением рельефа, геологического строения речной долины, преобразованиями естественных мерзлотно- и гидрогеологических обстановок, т.е. всех элементов природных ландшафтов. Следует отметить, что в настоящее время практически нет россыпей, обработку которых можно считать окончательно завершённой, а запасы полностью исчерпанными. Это обусловлено как изменением кондиций, так и совершенствованием технологии извлечения золота. По существу одна и та же долина претерпевает неоднократные преобразования. С позиций термодинамики необратимых процессов человек расходует свои энергетические возможности на увеличение кинетической энергии водных потоков, что сказывается в росте твердого стока. Одновременно осуществляется накопление потенциальной энергии в создаваемых отрицательных и положительных формах рельефа. Результаты прироста внутренней энергии проявляются в повышении температуры мерзлых рыхлых отложений выше 0°C, таянии ископаемых льдов, изменении гранулометрического состава «песков», в том числе изъятии рассеянных частичек золота [2]. При этом на обширных площадях как непосредственно в речных долинах, так и на их склонах перемещаются в отвалы почвенно-растительный слой и так называемые «торфа» – незолотоносные песчано-гравийно-галечные отложения. Золотоносные гравийно-галечниковые отложения и выветрелые коренные породы ложа долины водотоков транспортируются к промывочным установкам и после

промывки аккумулируются в отвалах. Тонкодисперсные частицы накапливаются в илоотстойниках.

Меняется рельеф не только днищ речных долин, но и склонов, для которых становятся характерными оползания талых водонасыщенных элювиально-делювиальных грунтов по контакту с мерзлыми. Еще одним следствием обработки россыпей являются висячие устья боковых притоков, которые могут возникать после зачистки аллювия и делювия. Среди склоноформирующих процессов заслуживают упоминания солифлюкция, развивающаяся на склонах южной экспозиции из-за подрезания подножия склонов, оползание щебенчатого склона, как разновидность крипа. Из-за широкого его развития древесно-кустарниковая растительность на склонах часто погибает. Этому способствуют и пожары, сопутствующие широкомасштабным горным работам.

В последние годы установлено развитие суффозии (т.е. процесса выноса мелких частиц в составе обломочных водоносных пород или заполнителя из трещин потоком подземных вод) при создании искусственных насыпей из неоднородного по гранулометрическому составу грунта или при засыпке таким грунтом существующих понижений в рельефе – русел водотоков и водоемов, траншей и т.д. [4]. Выносу пылеватых и глинистых частиц способствуют процессы морозной дезинтеграции обломочных фракций грунта и геохимические преобразования алюмо- и метасиликатов (плагиоклазов и пироксенов) в глинистые минералы при криогипергенезе скальных пород:



**Таблица 1.** Температура воды и воздуха в бассейне р. Герба

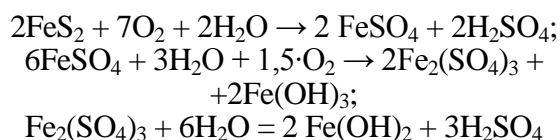
Дата замера температуры	Место замера температуры	Расход воды, м <sup>3</sup> /с	Т воздуха, °С	Т воды, °С	Разность температур
30.07.2000	верховье руч. Нарзан	0,50	16,8	13,4	3,4
30.07.2000	нижнее течение руч. Нарзан, 1 км выше устья	0,76	22,0	14,6	7,4
28.07.2000	руч. Дебютный, устье	0,62	25,6	18,0	7,6
25.07.2000	устье руч. Экспедиционный	0,18	17,8	14,6	3,2
29.07.2000	руч. Июньский, 4 км выше устья	2,05	26,0	13,0	13,0
25.07.2000	Истоки р. Герба	0,015	16,3	6,6	9,7
06.08.2000	руч. Ничтожный, 2 км выше устья	0,003	17,4	6,8	10,6
06.08.2000	руч. Ничтожный, устье	0,004	18,3	7,3	11,0
08.08.2000	руч. Омчик, устье	0,25	19,0	8,0	11,0

Меняется и гидрологический режим горных водотоков. Добыча золота, связанная с

разрушением естественных аккумуляторов воды (надмерзлотно-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. При площадном развитии добычных работ половодье уменьшается, но летние паводки по степени своей разрушительной способности становятся экологически более опасными [3].

Мерзлотно-гидрогеологическая обстановка в речных долинах также резко изменяется, в том числе за счет механического удаления водоносных горизонтов и разрушения надмерзлотных таликов. После зачистки днища речной долины водный поток течет в основном по мерзлым трещиноватым скальным породам темного цвета, что способствует поглощению солнечных лучей и нагреву дна, поэтому температура воды в руслах, измененных человеком, выше, чем в естественных условиях (табл. 1). Это способствует возникновению таликов в трещиноватом скальном основании русла. В новообразованных таликах на участках развития сульфидной минерализации возникают активные процессы их окисления:



Все реакции сопровождаются выделением большого количества тепла, что, вместе с повышением содержания водорастворенных сульфатов способствует превращению надмерзлотного талика в подмерзлотный.

В целом ресурсы поверхностных вод при обработке россыпей не сокращаются, но их качество ухудшается. Так, химический состав воды в руслах ненарушенных водотоков достаточно однообразен и отражается усредненной формулой  $\text{M}0,01-0,04 \frac{\text{HCO}_3 48-54\text{SO}_4 29-32}{\text{Ca}35-75(\text{Na}+\text{K})16-46}$ . При полном развертывании работ по добыче золота состав воды приобретает вид  $\text{I}0,06-0,1 \frac{\text{SO}_4 42-75\text{HCO}_3 19-32}{\text{Ca}55-71(\text{Na}+\text{K})13-33}$ . Процесс преобразования состава преимущественно гидрокарбонатных вод в сульфатные за счет активизации процессов выщелачивания сульфидов был нами хорошо изучен и охарактеризован ранее [6].

**Процессы формирования посттехногенных мерзлотно-гидрогеологических обстановок** протекают уже без участия людей, под воздействием многочисленных природных факторов. По нашим данным, в долине р. Колыма доминантными среди них являются современные тектонические движения и глобальные изменения климата [3]. На участках речных долин с восходящими движениями геоморфологические объекты накапливают потенциальную энергию, которая может преобразоваться в кинетическую,

например, под действием силы тяжести. Эти естественные движения, совпадающие с направленностью техногенной деятельности, приводят к интенсификации денудационных и эрозионно-денудационных процессов, повышающих стоки твердых наносов водными потоками. В бассейне р. Колыма специфическим процессом в посттехногенных речных долинах в обстановке современных восходящих тектонических движений является необратимое формирование сульфатных природных вод. Другой особенностью можно считать также необратимое расширение возникших при горных работах сквозных, обычно водопоглощающих, таликов в руслах речных долин на участках современного воздымания, поскольку названное последствие техногенной деятельности соответствует направленности современных доминантных факторов развития речной долины.

В данных условиях рекультивационные мероприятия, направленные на восстановление природной обстановки, существовавшей в речной долине до начала горных работ, не будут успешными [7]. Поэтому наиболее целесообразно в таких случаях ограничиться техническим этапом рекультивации. Процессы восстановления растительного, а, соответственно, и животного, мира на участках современной стабилизации или аккумуляции осадков несколько отличны от охарактеризованных выше. В речных долинах с нисходящими тектоническими движениями, сопровождаемыми в естественных условиях аккумуляцией аллювиальных отложений, сформированный техногенный ландшафт не соответствует этим процессам, поэтому будет восстанавливаться микрорельеф долин за счет снижения высоты и крутизны склонов искусственных отвалов, заполнения межотвальных понижений, перемерзания техногенных сквозных и восстановления надмерзлотных таликов, образование почвенно-растительного покрова. Изучение особенностей гумусообразования в приповерхностном слое пионерных почв посттехногенных ландшафтов [5] показало, что, в пределах пассивных в неотектоническом отношении районов почвообразовательный процесс после прекращения антропогенного воздействия контролируется 3 показателями: содержанием привнесенной массы органического вещества, захороненной в отвалах и илоотстойниках; минеральным и гранулометрическим составом приповерхностных образований; теплосодержанием приповерхностного слоя техногенных грунтов. Варьируя значениями этих показателей, можно контролировать видовой состав растений и скорость почвообразования, тем самым ускоряя процесс формирования растительного покрова из ценных видов древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

Нами впервые замечено, что в бассейне р. Колыма в климатической обстановке, отличающейся

длительной и морозной зимой, успех биологического этапа рекультивации связан не столько с созданием условий для произрастания подроста кустарников и деревьев, сколько с сохранением этого подростка от вымерзания в холодный период года. Для этих целей мы предлагаем осуществлять тепловую мелиорацию, направленную на накопление тепла в грунтах в летнее время года, например, создавая уклоны южных экспозиций на микрогребнях и способствуя накоплению снега на рекультивируемом участке в зимнее. В комплексе с геоботаническим подходом [8], данный прием значительно повысит эффективность восстановления окружающей среды.

Климат, как геокриологический и гидрогеологический фактор, хорошо изучен, в том числе и на Северо-Востоке России [1]. В верхнем течении р. Колыма потепление и увеличение количества осадков хорошо заметны. Потепление сказывается в повышении температуры воздуха, абсолютных минимумов и росте снежных осадков. Следовательно, рассмотренные условия самозаращения посттехногенных ландшафтов со временем будут улучшаться.

**Выводы:** отработка россыпных месторождений в долинах горных рек бассейна р. Колыма приводит к коренным преобразованиям сложившихся естественных ландшафтов, в том числе мерзлотно-гидрогеологических обстановок, как в днищах долин, так и на их склонах. При этом создается техногенный ландшафт. После прекращения горных работ преобразование этого ландшафта в посттехногенный, включая реформирование техногенных мерзлотных и гидрогеологических условий, связано с соответствием последствий проведенных работ направленности изменения речной долины под воздействием доминантных естественных факторов. В бассейне Верхней Колымы этим фактором являются современное тектоническое развитие и изменения

климата. Соответствие (или несоответствие) им сложившихся в измененных долинах мерзлотно-гидрогеологической ситуаций определяет эффективность планируемых рекультивационных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Глотов, В.Е. Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России. – Магадан: Кордис, 2009. 232 с.
2. Глотов, В.Е. Геоэкологические проблемы освоения техногенных месторождений благородных металлов // Проблемы освоения техногенного комплекса месторождений золота: мат-лы межрегион. конф. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. С. 72-84.
3. Глотов, В.Е. Изменения ресурсов пресных природных вод в горных районах криолитозоны при глобальном потеплении климата (на примере Северо-Востока России) / В.Е. Глотов, Л.П. Глотова // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13 (39). №1 (6). С. 1408-1412.
4. Глотов, В.Е. Закономерности распространения суффозии и тиксотропии на Северо-Востоке России / В.Е. Глотов, Л.П. Глотова // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2013. № 3. С. 35-44.
5. Глотов, В.Е. Особенности состава органического вещества в пионерных почвах посттехногенных ландшафтов горных районов Северо-Востока России / В.Е. Глотов, А.А. Пугачев // Колыма. 2001. № 3. С. 32-36.
6. Глотова, Л.П. Техногенные изменения природной среды в районе Наталкинского золоторудного месторождения // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. С. 10-19.
7. Глотова, Л.П. Самовосстановление естественных ландшафтов на Северо-Востоке России // Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономико-правовые аспекты: мат-лы междунар. научно-практ. конф. – Воронеж: салон-типография «Фортуна», 2009. С. 21-24.
8. Пугачев, А.А. Восстановление горнопромышленных ландшафтов Крайнего Северо-Востока России / А.А. Пугачев, Е.А. Тихменев // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2007. № 2. С. 72-83.

## TECHNOGENIC AND POSTTECHNOGENIC PERMAFROST HYDRO-GEOLOGICAL CHANGES IN THE BASIN OF UPPER KOLYMA

© 2014 V.E. Glotov, L.P. Glotova

Northeast Complex Scientific Research Institute named after acad. N.A. Shilo  
DVO RAS, Magadan

In article the changes of permafrost hydrogeological situations happening at working off the loose gold deposits and after its termination are characterized. It is shown that post-technogenic transformations develop only under the influence of natural factors therefore features of developing the permafrost hydrogeological conditions are defined by compliance (or discrepancy) consequences of human activity orientation of natural processes.

Key words: *many years permafrost rocks, river valleys, shreds, posttechnogenic changes, loose fields, recultivation*

Vladimir Glotov, Doctor of Geology and Mineralogy, Main Research Fellow at the Laboratory of Regional Geology and Geophysics. E-mail: [geocol@neisri.ru](mailto:geocol@neisri.ru); Lyudmila Glotova, Senior Research Fellow at the Laboratory of Regional Geology and Geophysics. E-mail: [glotova@neisri.ru](mailto:glotova@neisri.ru)