
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ
И ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 551.4.06

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ ОСВОЕНИЯ
ОЗЕРНОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

© 2017 г. Р.Ц. Будаев*, В.Л. Коломиец***, А.М. Плюснин***

*Геологический институт СО РАН,

ул. Сахьяновой, д. 6а, г. Улан-Удэ, 670047 Россия. E-mail: kolom@gin.bscnet.ru

**Бурятский государственный университет, ул. Смолина, д. 24а, г. Улан-Удэ, 670000 Россия

Поступила в редакцию 13.04.2016 г.

В работе рассмотрены потенциальные опасности природного и антропогенного характера, которые могут возникнуть при разработке Озерного полиметаллического месторождения, расположенного в сложных геолого-геоморфологических условиях. Для выявления участков, где могут возникнуть опасные в геоэкологическом отношении ситуации, изучены аэро- и космифотоматериалы, проведено геолого-геоморфологическое обследование местности, геохимическое исследование поверхностных и подземных вод. В пределах месторождения и территории размещения объектов горно-обогатительного комбината выделено три типа рельефа. Наибольшую опасность представляет рельеф, сформировавшийся в северо-западной части рассматриваемой территории, – склоны с максимальной крутизной, неглубокое залегание многолетнемерзлых пород, развитие курумных и солифлюкционных процессов. На территории размещения Озерного горно-обогатительного комбината (ГОК) выявлена густая сеть тектонических нарушений нескольких направлений. Разломы северо-восточного простирания представлены сбросами, по которым произошла значительная подвижка блоков, они раскрыты для проникновения вод. По разломам северо-западного и меридионального направления заложены долины ручьев. В рассматриваемом районе имеется несколько разломных узлов, образованных пересечением тектонических нарушений трех направлений, они являются зонами повышенной трещиноватости. Особую опасность представляют разломные узлы в пределах размещения хвостохранилища и на путях движения сточных вод от складов вскрышных пород и окисленных руд. На участках размещения объектов ГОК возможна активизация неблагоприятных экзогенных процессов, связанных с деградацией многолетней мерзлоты и с загрязнением поверхностных и подземных вод.

Ключевые слова: *Озерное полиметаллическое месторождение, инженерно-геологические условия, природная опасность, рельеф, тектонические нарушения, склоновые процессы, мерзлота, хвостохранилище, вскрышные породы.*

ВВЕДЕНИЕ

Одно из крупнейших в мире свинцово-цинковых месторождений – Озерное (восьмое по запасам цинка), расположенное в Западном Забайкалье, вступает в стадию освоения. Здесь в Озерном рудном районе выявлен целый ряд месторождений железа, золота, бора, барита, меди, марганца и апатита [3, 5, 6]. Строительство ГОК даст импульс для разработки и других месторождений полезных ископаемых, имеет большую социальную значимость для населения региона, как в сфере занятости, так и для промышленного развития территории. При этом вопросы экологической безопасности при строительстве ГОК и его дальнейшей работе становятся особенно значимыми. Сложные геолого-геоморфологические условия района освоения месторождения,

расположенного в осевой части хребта Зусы, требуют учета этих особенностей при строительстве промышленной инфраструктуры ГОК. Успешная работа по освоению месторождения невозможна без учета потенциальных опасностей, связанных с активизацией экзогенных геологических процессов [4]. Под “опасностью”, вслед за [2], мы понимаем предостережение о возможных неблагоприятных последствиях действий, связанных со строительством ГОК.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРНОГО РУДНОГО УЗЛА

В геологическом строении территории принимают участие осадочно-метаморфические и магматические образования палеозойского



Схема типов рельефа, неотектонических разломов и расположения производственной инфраструктуры ГОКа в пределах Озерного рудного узла. Типы рельефа: 1 – первый; 2 – второй; 3 – третий; 4 – главный водораздел горного хребта Зусы; 5 – постоянные водотоки; 6 – активные курумы; 7 – закрепленные неактивные курумы; 8 – неотектонический разлом и его номер; 9 – разломный узел; 10 – направление стока ливневых, талых и грунтовых вод; 11 – карьер; 12 – отвалы пустой породы; 13 – плотина насыпная каменнaбросная; 14 – хвостохранилище (а – хвостохранилище; б – хранилище пирита); 15 – производственные строения; 16 – трубопроводы.

и мезозойского возрастов, а также четвертичные осадочные отложения. Озерное полиметаллическое месторождение расположено в горных породах нижнего кембрия. Породы разбиты на блоки дизъюнктивами северо-восточного и субширотного направлений, прорваны дайками и субвулканическими интрузиями основного, среднего и кислого составов. Рудные тела пластообразной формы в несколько ярусов размещаются в известняках, туфах и туффитах олдындинской свиты нижнего кембрия, перекрытых диабазовыми порфиритами [3, 10].

Южнее месторождения расположена Еравнинская впадина, выполненная мезозойскими терригенными образованиями. В северной части исследованной территории в долине р. Зазы развиты аллювиальные отложения, объединенные авторами в два комплекса: низкая и высокая поймы, низкие надпойменные террасы высотой до

25 м позднеплейстоценового возраста и комплекс высоких надпойменных террас (до 60–70 м) ранне-среднеплейстоценового возраста.

Месторождение расположено в среднегорном деструкционно-тектоническом рельефе с высотой горных вершин от 1350 до 1520 м, глубина эрозионного вреза долин достигает 250 м. Горы пологосклонные, вершины гор куполообразные. Отмечается широкое развитие каменистых россыпей. Крутизна склонов составляет 5–7°, местами доходит до 40°. Наблюдается преимущественно плавное сочленение склонов падей с днищами, которые часто заболочены и кочковаты. В целом рельеф характеризуется небольшими абсолютными высотами, сглаженностью вершинной поверхности, широкими долинами с выпукло-вогнутыми склонами и многочисленными низкими седловинами на главном и боковых водоразделах. Широкие блюдцеобразные понижения в истоках

падей свидетельствуют о низких скоростях эрозионных процессов, что подтверждается отсутствием здесь ложбин линейного стока. Имеющиеся материалы позволяют выделить три типа рельефа, под которыми мы понимаем “...участки земной поверхности с однородным сочетанием элементарных форм, которые отличаются однородностью внешнего облика, происхождения и условий развития рельефа” [12].

Первый тип рельефа развит на северо-западном склоне горного хребта, второй и третий типы – на юго-восточном склоне (рисунок). Граница между первым и вторым типами проходит по главному водоразделу горного хребта. Отличия первых двух типов рельефа, развитых на противоположных склонах хребта Зусы, связаны с неотектоническими и климатическими факторами. Горный хребет имеет асимметричное поперечное строение: относительно крутой и короткий северо-западный склон и более пологий и длинный юго-восточный, смыкающийся с днищем Еравнинской межгорной впадины. Высота местных базисов эрозии противоположных склонов хребта различается на 50–60 м.

Первый тип рельефа. Северо-западный склон хребта относительно монолитный, расчлененный узкими субпараллельными распадками, ступенчатый, что связано с блоковыми подвижками по неотектоническим разломам северо-западного простирания, с амплитудой ступеней 80–100 м. Атмосферное увлажнение этого склона хребта значительно больше противоположного, что обусловлено преобладающим западным влагопереносом на территории района. Различия в увлажненности сказываются и на интенсивности экзогенных процессов. Для падей Зазинского бассейна характерны склоны курумово-солифлюкционного сноса, днища их перекрыты крупноглыбовыми отложениями и закатарены. Так, склоны долины руч. Ехэ-Горхон покрыты делювиальным чехлом, сложенным глыбово-щебнистым материалом с супесчаным заполнителем. Нижние части склонов перекрыты крупноглыбовым курумом. Установлено, что подобными отложениями сложено и днище долины, ширина которого варьирует от 200 до 400 м. Линейный сток ручья сосредоточен в полосе шириной первые метры, при этом ручей протекает под крупноглыбовым материалом и не имеет выраженного русла.

Второй тип рельефа выделяется на юго-восточном склоне хребта в интервале высот 1100–1500 м, расчлененным более широкими распадками, чем в бассейне р. Зазы. Склоны пологие, лучше прогреваются и раньше высыхают. Склоновые отложения здесь представлены глыбово-щебнистым материалом с дресвяно-супесчаным заполнителем

(неактивный, закрепленный курум). На днищах падей развит маломощный аллювиальный чехол – плохо окатанный галечник с песчано-суглинистым заполнителем, с мелкими валунами и глыбами.

Третий тип рельефа представлен низкогорьем юго-восточного склона горного хребта и отделен от второго типа неотектоническими разломами северо-восточного простирания, проходящими в 6–7 км к юго-востоку от главного водораздела.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Неотектонические разломы. Неотектоническое строение территории обусловлено развитием систем разломов северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простирания. Ступенчатость склонов горного хребта связана с активизацией северо-восточных разломов сбросового типа, амплитуда движений по которым составляла сотни метров. В современном рельефе зоны разломов выделяются цепочками седловин, “на низанных” на одну линию, лощинами, распадками и разломными “фасетами”, формирующимися на границе разновысотных блоков.

На схеме неотектонического строения территории, составленной по материалам дешифрирования аэро- и космофотоматериалов, отрисовывается сложная дизъюнктивная сеть, в которой преобладают разломы северо-восточного простирания. Для удобства описания авторы “присвоили” выделенным тектоническим нарушениям порядковые номера (см. рис.). Азимуты простирания разломов колеблются от 45 до 73° (поправки на магнитное склонение не введены). При этом наблюдается сочленение отдельных разломов друг с другом под острыми углами (разломы № 3 и 4; 11 и 7; 12 и 9).

Разлом № 1 является прибортовым долины р. Зазы, контролирует заложение долины и отдельных фрагментов ее русла (азимут простирания разлома – СВ 60°). Разломы № 2, 3, 4 – малоамплитудные сбросы, с падением плоскостей сместителей в северо-западных румбах. Разломы № 5–13 расчленяют юго-восточный склон горного хребта и также являются малоамплитудными сбросами с наклоном плоскостей сместителей в юго-восточном направлении. Разлом № 18 и примыкающий к нему разлом № 9 отделяют среднегорье горного хребта от низкогорья. Разлом № 13 – прибортовой, отделяет днище Еравнинской впадины от горного хребта.

По субмеридиональным разломам № 14, 15, 17 заложены долины ручьев Турхул, Гурбан-Нур

и Дулмата. Первый из них прослеживается по долине Турхула, переваливает через седловину на главном водоразделе в долину р. Зазы, далее идет на север по долинам мелких водотоков и по руслу руч. Мухор-Горхон. Второй разлом торцово сочленяется с разломами № 6 и 16 северо-западного простирания. Разлом № 17 протягивается по долине руч. Дулмата, верховье правого притока руч. Ехэ-Горхон и примыкает к разлому № 16 северо-западного простирания. Дизъюнктивы северо-западного простирания – разломы № 16, 20, 18. Первые два разлома простираются субпараллельно друг другу по азимуту СЗ 330°, а третий разлом сечет их под острым углом. Разломы северо-западного и субмеридионального простираний являются, по-видимому, трещинами отрыва в региональном поле тектонических напряжений, что свидетельствует о преобладавших векторах сжатия в период формирования морфоструктуры горного хребта субмеридионального и северо-западного направлений. Эти разломы безамплитудные. Однако по северо-западным разломам заложена современная гидрографическая сеть, по которой осуществляется поверхностный сток как в сторону р. Заза, так и в Еравнинскую впадину. В пределах Озерного месторождения к ним относятся руч. Ехэ-Горхон, а также сопряженные с ними водотоки противоположного склона хребта ручьи Левый и Правый Сурхебт.

Рассматриваемые неотектонические разломы, судя по их протяженности, – локальные [11]. Некоторые исследователи относят прибортовые разломы долины р. Зазы и Еравнинской впадины к региональным, имеющим длительную историю развития и значительную глубину проникновения в земную кору. На основании установленных связей длины разрывных нарушений, расстояний между ними и глубины проникновения, можно считать их коровыми. Наглядные представления о ширине зоны влияния разломов дают седловины, формирующиеся при пересечении ими горных отрогов и главного водораздела. При этом при прочих равных условиях широко зияющие разломы проникают в земную кору глубже узких [8].

На схеме (см. рис.) выделены разломные узлы в точках пересечений тектонических нарушений трех разных направлений, заслуживающие, по мнению авторов, особого внимания при размещении объектов ГОК. Разломные узлы – зоны повышенной трещиноватости, в этих местах существует опасность просачивания техногенных вод ГОК в недра земли, фильтрации их под плотинами и разгрузки в поверхностные водоемы.

Районы пересечения разломов № 16, 17 и 7; 16, 15 и 6; 15, 7 и 8, а также разломов 16, 17 и 8 наиболее опасны.

Исследованный нами район отнесен к области VII-балльного прогнозируемого землетрясения. Однако следует учесть, что в зонах разломов, особенно в разломных узлах возможно повышение балльности землетрясения на 1–1.5 единицы.

Современные экзогенные геологические процессы. Район исследований характеризуется резко континентальным суровым климатом, что стало причиной развития многолетнемерзлых горных пород. Установлено, что здесь проходит граница между областями островного и сплошного развития многолетней мерзлоты. Последняя является главным фактором, обуславливающим особенности состава и интенсивности экзогенных процессов, моделирующих рельеф.

На водоразделах преобладают процессы физического выветривания (температурное и морозное), обусловленные колебаниями влажности и температуры пород с сезонным промерзанием – протаиванием. Морозному выветриванию присуще как грубое, так и тонкое раздробление пород, проявляющееся соответственно в образовании либо глыб и щебня, либо песчаных и пылеватых фракций. Первое из них в районе протекает активнее второго.

На приводораздельных склонах происходит медленное перемещение элювиальных отложений путем диагенетического растрескивания, морозобойного растрескивания и сезонного площадного пучения – просадки.

Диагенетическое растрескивание уменьшающихся в объеме связанных пород приводит к образованию микрополигональных трещин. Установлено, что диагенетическое и морозобойное растрескивание могут действовать совместно: первое – в талом состоянии летом, второе – в мерзлом, зимой. Величина расширения трещин за зимний сезон составляет от 8 до 14 мм. Растрескивание пород смешанного состава – одно из условий сортировки материала и образования каменных колец и многоугольников с поперечником 0.5–1.5 м.

В зависимости от крутизны и экспозиции склонов, а также климатических факторов, на склонах преобладают различные экзогенные процессы. Склоны очень крутые и обрывистые (более 45°) распространены ограниченно. В их пределах развиты преимущественно процессы

гравитационного сноса (осыпи, обвалы). Склоны крутые (30–45°) распространены также локально, преимущественно в пределах главного водораздела. Они имеют, как правило, прямой продольный профиль, иногда осложненный выходами коренных пород. Поверхность их сложена крупнообломочным материалом с дресвяно-супесчаным заполнителем. На участках распространения крутых склонов развиты гравитационные и делювиальные процессы. Склоны средней крутизны (15–30°) развиты значительно шире, чем рассмотренные выше. Они характерны для среднегорного рельефа, имеют преимущественно слабоогнутый продольный профиль и сложены с поверхности крупнообломочным материалом с дресвяно-супесчаным заполнителем. В первом типе рельефа эти склоны перекрыты курумом. Преобладающие экзогенные геологические процессы на таких склонах – физическое выветривание, гравитация, склоновый смыв. Склоны пологие (5–15°) широко распространены в среднегорье. Они характерны как для боковых горных отрогов, так и для осевой части хребта. Склоны имеют вогнутый продольный профиль, с поверхности сложены крупнообломочным материалом с дресвяно-супесчаным заполнителем. В первом типе рельефа эти склоны, как правило, перекрыты курумом. Преобладающие экзогенные геологические процессы на пологих склонах – гравитационные и солифлюкционные.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Опасные и неблагоприятные геологические процессы. Вопросам классифицирования природных процессов с учетом экологических последствий их проявления посвящено достаточно много публикаций [1, 9]. В зависимости от характера воздействия на человека и экосистемы, экзогенные геологические процессы делятся на три группы: 1) катастрофические; 2) опасные; 3) неблагоприятные. При этом следует иметь в виду, что отнесение какого-либо геологического процесса к одной из этих групп достаточно субъективно. Для разных территорий, отличающихся уровнем хозяйственного освоения, численностью населения и типами инженерных сооружений, один и тот же геологический процесс равной мощности может классифицироваться и как катастрофический, и как неблагоприятный. Каждый процесс с экологических позиций в практическом отношении должен оцениваться с учетом функционирования природно-техногенной системы, в нашем случае, объектов ГОК.

На исследованной территории опасными экзогенными процессами могут быть гравитационные процессы, развитые на склонах с углами падения 15–30° и более. Склоны такой крутизны характерны для главного водораздела горного хребта, особенно в районе вершины с абсолютной отметкой 1413.6 м. Как следует из проектных материалов Озерного ГОК, вблизи этой высоты должны пройти линейные промышленные сооружения (трубопроводы). Гравитационные обвалы на крутых склонах и склонах средней крутизны могут быть инициированы подвижками по неотектоническим разломам, а также сползанием скальных масс по трещинам отседания при подрезке оснований склонов.

Неотектонические разломы относятся к эндогенным факторам рельефообразования, но в связи с их опосредствованным воздействием на развитие в районе экзогенные геологические процессы, следует рассмотреть их влияние на рассматриваемую площадь. Из вышеизложенных материалов и схемы дизъюнктивов видно, что территория Озерного ГОК пересечена неотектоническими разломами нескольких направлений. У авторов нет данных о характере тектонических движений по ним, так как подобные исследования в этом районе не проводились, а имеющиеся сведения носят весьма обобщенный характер.

Для промышленного строительства, по представлениям авторов, весьма опасны разломные узлы. На территории Озерного ГОК выделены 4 такие точки. Вообще-то разломных узлов значительно больше, но в указанных местах сходятся по три разлома, что должно быть учтено при строительстве объектов. Особую опасность представляет пересечение разломов № 6, 15 и 16, так как оно располагается в пределах планируемого хвостохранилища.

К неблагоприятным экзогенным геологическим процессам, развитым на исследованной площади, относится криогенез. Склоны и днища падей, дренирующих северо-западный склон горного хребта, характеризуются неглубоким залеганием кровли многолетнемерзлых пород. На это указывают такие данные, как широкое развитие марей на днищах падей, заросших кустарниковой растительностью и покрытых невысокими кочками. Кроме того, широкое площадное развитие курумов на склонах различной крутизны и перекрытие днищ падей долинным курумом свидетельствуют об интенсивном морозном выветривании горных пород, сочетающимся с процессами солифлюкции и гравитационного сноса.

На юго-восточном склоне горного хребта наблюдается более глубокое залегание кровли многолетнемерзлых пород. Это связано, вероятно, с интенсивным прогреванием долин, ориентированных в южном направлении, и их большей сухостью, так как атмосферные осадки выпадают преимущественно на северо-западном наветренном склоне хребта. Активность морозного выветривания здесь снижена и, как следствие этого, курумы являются закрепленными, слабо подвижными. Мелкообломочные фракции продуктов физического выветривания выносятся к подножию склонов и подвергаются перемыву водными потоками, формируя слабо окатанный аллювий падей.

Таким образом, активные курумы распространены преимущественно в первом типе рельефа, во втором типе (на юго-восточном склоне горного хребта) активность курумов значительно снижена. Эти особенности развития экзогенных процессов должны быть приняты во внимание при строительстве объектов Озерного ГОК.

Обобщая имеющийся материал по развитию экзогенных геологических процессов на территории проектируемого Озерного ГОК и прилегающих к нему районов, можно отметить, что основную опасность для линейных инженерных сооружений при переброске отработанных вод в бассейн руч. Ехэ-Горхон представляют склоны средней крутизны, при подрезке которых могут активизироваться курумовые покровы. Увеличение их скорости смещения возможно и при усилении сейсмической активности района.

Для строительства промышленных объектов крайне опасны зоны разломов, и тем более разломные узлы. Это связано с тем, что в таких зонах повышена раздробленность горных пород, а также возможна их сейсмическая активизация. На территории Озерного ГОК выделяются 4 крупных разломных узла. По имеющимся данным, плотина хвостохранилища будет сооружена в зоне прохождения неотектонического разлома № 4 северо-восточного простирания, а плотина пиритохранилища – разлома № 5 (см. рис.). Активное развитие процессов физического выветривания (курумообразование), наложенное на повышенную трещиноватость пород в зонах разломов, может создать благоприятные условия для фильтрации воды под плотинами и загрязнению подземных вод, а также ослабить несущие свойства грунтов.

Неблагоприятные экзогенные геологические процессы связаны с развитием в районе многолетней мерзлоты, что необходимо учитывать при строительстве промышленных объектов, в частности, иметь в виду, деградацию многолетнемерзлых пород под искусственными водоемами. Установлено также, что природно-климатические условия района благоприятны для интенсивной миграции токсичных химических элементов. Под воздействием выветривающихся отвалов разведочной штольни, пройденной в 1970–1980 гг., вблизи нее сформировался очаг загрязнения почвенных и поверхностных вод, отмечается современное минералообразование сульфатов цинка, кобальта, кальция, магния и др. [7]. Отвалы окисленных руд, несомненно, представляют опасность как источники загрязнения поверхностных и подземных вод.

Изложенные данные дают общую картину развития экзогенных геологических процессов в районе. Усиление или ослабление их темпов зависит от многих факторов, в том числе и антропогенных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В районе размещения объектов Озерного горно-обогатительного комбината существует потенциальная опасность развития негативных природно-техногенных процессов, связанных с перемещением пород на склонах, тектоническими особенностями строения и криогенными условиями. Проведенное инженерно-геологическое районирование позволило выделить наиболее опасные участки, неблагоприятные для размещения объектов инфраструктуры ГОК.

Северо-западные склоны хребта Зусы подвержены процессам курумообразования, солифлюкции, морозного пучения грунтов. Они характеризуются широким распространением разрывных нарушений сбросового типа со значительным смещением блоков. Эти сбросы сформировались в условиях растяжения, поэтому они проницаемы для поверхностных и подземных вод. Размещение в их пределах пирито- и хвостохранилищ приведет к значительным потерям воды, которая будет загрязнять подземные и поверхностные воды бассейна р. Заза. Наибольшая проницаемость пород характерна для районов сочленения разноориентированных разрывных нарушений. При складировании вскрышных пород и окисленных руд, необходимо предусмотреть технические мероприятия по сбору стекающих с них вод для предупреждения их фильтрации в зоны разломов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск: Изд-во Смоленского ун-та, 1998. 448 с.
2. Дзекцер Е. С. Геологическая опасность и риск (методологические исследования) // Инженерная геология. 1992. № 6. С. 3–9.
3. Дистанов Э.Г., Ковалев К.Р., Тарасова Р. С. Геологическое строение и генезис Озерного свинцово-цинкового месторождения (Западное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. 1972. № 2. С. 3–22.
4. Кислов Е.В., Плюснин А. М. Экологические проблемы освоения свинцово-цинкового месторождения Озерное (Западное Забайкалье) // География и природные ресурсы. 2009. № 2. С. 37–43.
5. Нefeldьев М. А. Строение и оценка перспектив рудных полей и месторождений Бурятии по геофизическим данным (на примере Еравнинского и Северо-Байкальского рудных районов). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. 206 с.
6. Нefeldьев М. А., Конников Э.Г., Дубовенко Г. И. Комплексирование методов детальной геофизики для прогнозирования оруденения (Забайкалье) // Геолого-генетические модели и локальное прогнозирование эндогенного оруденения в Забайкалье. Новосибирск; [Улан-Удэ]: БГИ, 1991. С. 39–48.
7. Плюснин А.М., Перязева Е. Г. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Еравнинской котловины // География и природные ресурсы. 2012. № 2. С. 67–73.
8. Саньков В. А. Глубины проникновения разломов. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1989. 136 с.
9. Трофимов В.Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 2002. 415 с.
10. Царев Д. И. Генезис Озерного колчеданно-цинкового месторождения в Забайкалье // Известия АН СССР. 1983. № 11. С. 97–107.
11. Шерман С.И., Лобацкая Р.М. О корреляционной зависимости между глубинами залегания гипоцентров и длиной разрывов в Байкальской рифтовой зоне // Доклады АН СССР. 1972. Т. 206. № 3. С. 578–581.
12. Эпштейн С. В. Геоморфология, палеогеография, палеогеоморфология // Проблемы палеогеоморфологии. М.: Наука, 1970. С. 121–127.

REFERENCES

1. Gorshkov, S.P. *Kontseptual'nye osnovy geoekologii* [Conceptual Fundamentals of Environmental Geosciences]. Smolensk, Izd-vo Smolenskogo univ., 1998, 448 p. (in Russian).
2. Dzekts'er, E.S. *Geologicheskaya opasnost' i risk (metodologicheskie issledovaniya)* [Geological hazard and risk (studies in methods)]. *Inzhenernaya geologiya*, 1992, no. 6, pp. 3–9 (in Russian).
3. Distanov, E.G., Kovalev, K.R., Tarasova, R.S. *Geologicheskoye stroenie i genesis Ozernogo svintsovo-tsinkovogo mestorozhdeniya (Zapadnoye Zabaikal'e)* [Geology and genesis of the Ozernoye lead and zinc ore deposit (Western Transbaikalia)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdenii*, 1972, no. 2, pp. 3–22 (in Russian).
4. Kislov, E.V., Plyusnin, A.M. *Ekologicheskie problemy osvoeniya svintsovo-tsinkovogo mestorozhdeniya Ozernoye (Zapadnoye Zabaikal'e)* [Environmental problems in the development of the Ozernoe lead and zinc deposit (Western Transbaikalia)]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2009, no. 2, pp. 37–43 (in Russian).
5. Nefediev, M.A. *Stroenie i otsenka perspektiv rudnykh poлей i mestorozhdenii Buryatii po geofizicheskim dannym (na primere Eravninskogo i Severo-Baikal'skogo rudnykh raionov)* [Structure and assessment of prospects of ore fields and deposits of Buryatia by the geophysical data (the cases of Eravninskoe and Severobaikal'skoe ore districts)]. Ulan-Ude, Izd. BNTs SO RAN, 2003, 206 p. (in Russian).
6. Nefediev, M.A., Konnikov, E.G., Dubovenko, G.I. [Integration of detailed geophysics methods for predicting mineralization (Transbaikalia)]. *Geologo-geneticheskie modeli i lokal'noe prognozirovaniye endogennoy orudeneniya v Zabaikal'e* [Geological-genetic models and the local prediction of endogenous mineralization in TransBaikal region]. Novosibirsk, 1991, pp. 39–48 (in Russian).
7. Plyusnin, A.M., Peryazeva, E.G. *Gidrologicheskie i gidrokhimicheskie osobennosti ozer Eravninskoi kotloviny* [Hydrological and hydrochemical features of the Eravninsky lake basin]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2012, no. 2, pp. 67–73 (in Russian).
8. San'kov, V.A. *Glubiny proniknoveniya razlomov* [The depth of faults]. Novosibirsk, Nauka Publ., Sib. Otd., 1989, 136 p. (in Russian).
9. Trofimov, V.T., Ziling, D.G. *Ekologicheskaya geologiya* [Ecological Geology]. Moscow, ZAO “Geoinformmark”, 2002, 415 p. (in Russian).
10. Tsarev, D.I. *Genesis Ozernogo kolchedanno-tsinkovogo mestorozhdeniya v Zabaikal'e* [The Genesis of the Ozernoye lead and zinc deposit in TransBaikal region]. *Izvestiya AN USSR*, 1983, no. 11, pp. 97–107 (in Russian).
11. Sherman, S.I., Lobatskaya, R.M. *O korelyatsionnoi zavisimosti mezhdublubinami zaleganiya gipotsentrov i dlinoyu razryvov v Baikal'skoi riftovoi zone* [About the correlation between the depths of hypocenters and length of gaps in the Baikal rift zone]. *Doklady AN USSR*, 1972, v. 206, no. 3, pp. 578–581 (in Russian).
12. Epshtein, S.V. [Geomorphology, paleogeography, paleogeomorphology]. *Problemy paleogeomorfologii* [Problems in paleogeomorphology]. Moscow, Nauka Publ., 1970, pp. 121–127 (in Russian).

POTENTIAL NATURAL HAZARDS UPON THE DEVELOPMENT OF OZERNOE POLYMETALLIC DEPOSIT (THE WESTERN TRANSBAIKAL REGION)

R. Ts. Budaev*, V.L. Kolomiets***, A.M. Plyusnin***

**Geological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
ul. Sakh'yanovoi 6a, Ulan-Ude, 670047 Russia. E-mail: kolom@gin.bsnet.ru*

***Buryat state university, ul. Smolina 24a, Ulan-Ude, 670000 Russia.*

The Ozernoe polymetallic deposit is a complex geological and geomorphological formation. The paper discusses probable natural and anthropogenic hazards, which may occur during its mining. To identify areas that can become dangerous with respect of geoecological situation, aerial and cosmic photographs have been analyzed, geological and geomorphological survey of the area and the geochemical composition of the surface and groundwater have been studied. There are three types of terrains within the deposit and its surrounding area, where the mining and processing facilities are to be located. The relief formed in the northwestern part of the territory poses the greatest hazard. Very steep slopes, permafrost occurring near to the surface, as well as block-slope and solifluction processes are distinguished in this area. A dense network of tectonic faults and fractures stretching in various directions has been revealed in the studied area. A considerable displacement of blocks was registered along the normal faults of the northeastern stretch, with these zones being water-permeable. Brook valleys are developing along the faults in the northwestern and longitudinal directions. The high-fractured zones in the fault nodes formed by the intersection of three tectonic faults are distinguished in this area. The fault nodes located within the tailings area as well as those on the routes of drainage water movement from overburden and oxidized ore storages pose the greatest hazard. The adverse exogenous processes related to the permafrost degradation as well as the surface- and groundwater pollution may develop around the facilities of mining and processing enterprise.

Key words: *Ozernoe polymetallic deposit, engineering geological conditions, natural hazard, relief, tectonic fault, slope processes, permafrost, tailing, overburden.*