

## ВЛИЯНИЕ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО РУДНИКА «ХОЛБИНСКИЙ» НА ЛАНДШАФТЫ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Иванова О.А.<sup>1</sup>, Рудский В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Бурятский государственный университет», 670000, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, д. 24 «а», e-mail: [oksaliv@yandex.ru](mailto:oksaliv@yandex.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Россия (111020, Москва, Крюковский тупик, 4), e-mail: [rudsky@mail.ru](mailto:rudsky@mail.ru)

В российской экономике особое значение имеет золотодобывающая промышленность, важность которой определяется не только ролью золота в решении экономических вопросов, но и способностью аккумулировать финансовые ресурсы и направлять их в инвестирование социальной сферы. При развитии данной отрасли возникают противоречия, связанные с разработкой золота на территории, где расположены рудники и комбинаты. Наиболее большими по площади и добыче рудного золота в горах юга Сибири, а также по прогнозируемым запасам в настоящее время являются верховья р. Китоя и Урика (Восточный Саян). В Восточном Саяне на высоте 2200-2300 м. над уровнем моря находится Зун-Холбинское золото – сульфидное месторождение, одно из крупных в Сибири. Зун-Холбинское месторождение находится вне бассейна озера Байкал, в практически не освоенном безлюдном районе высокогорной части Восточного Саяна, среди пока еще слабо измененной природной среды. Месторождение открыто в 1955 г., а с 1987 года разрабатывается Холбинским рудником, расположенным в западных отрогах Китоюского хребта. На руднике Холбинский формируется протяженный техногенный поток золота и тяжёлых металлов в донных осадках и растительности, который ведёт к трансформации лугового-болотных пастбищ. На антропогенных ландшафтах высокогорий в долинах рек усиливается техногенная механическая миграция золота и биологический круговорот рудных элементов. Все это может существенно менять биогеохимическую обстановку в направлении ухудшения экологического состояния природных ландшафтов.

Ключевые слова: антропогенные ландшафты, оценка состояния, компоненты природной среды, устойчивость ландшафтов.

## INFLUENCE GOLDMINE "HOLBINSKY" LANDSCAPES IN EAST SAYAN

Ivanova O.A.<sup>1</sup>, Rudsky V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Buryat State University, 670000, Ranzhurov ul., 6a, Ulan-Ude, Russia, e-mail: [oksaliv@yandex.ru](mailto:oksaliv@yandex.ru)

<sup>2</sup>Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia (111020, Moscow, Kryukovsky tupik, 4, e-mail: [rudsky@mail.ru](mailto:rudsky@mail.ru)

The Russian economy is of particular importance gold industry, the importance of which depends not only on the role of gold in economic matters, but also the ability to accumulate financial resources and direct them to social investing. With the development of this industry there are contradictions associated with the development of gold in the territory, where the mines and factories. Most large in area and production of gold ore in the mountains of southern Siberia, as well as the projected reserves are currently headwaters. Kitoi and Urika (Eastern Sayan). In East Sayan at an altitude of 2200-2300 meters above sea level is Zun-Holbinskoe gold - sulfide deposit, one of the largest in Siberia. Zun-Holbinskoe field is out of lake Baikal in virtually uninhabited region mastered highlands of East Sayan, of still little altered environment. The field was discovered in 1955, and in 1987 developed Holbinskim mine, located in the western spurs Kitoi ridge. Mine Holbinsky formed longest man-made stream of gold and heavy metals in sediments and vegetation, which leads to the transformation of meadow and marsh grasslands. On anthropogenic landscapes of high mountains in the valleys of enhanced migration manmade mechanical and biological cycle of gold ore elements. All of this can greatly alter biogeochemical conditions in the direction of environmental degradation of natural landscapes.

Keywords: anthropogenic landscapes, assessment, components of the environment, sustainable landscapes

**Введение.** Интенсификация природопользования в индустриальном обществе повлекло существенное обострение взаимоотношений человека с природой. Это, в свою очередь, привело к активизации исследований в области экономики и экологии и появлению

различных концепций, среди которых особое место занимает ландшафтная концепция. Она позволяет существенно объективизировать исследования в этой сфере, а также подойти к решению экологических проблем [3, 4, 5, 6].

Среди всех отраслей российской экономики особое значение имеет золотодобывающая промышленность, важность которой определяется не только ролью золота в решении экономических вопросов, но и способностью аккумулировать финансовые ресурсы в инвестирование социальной сферы, в том числе и в решение проблем природопользования [1]. При развитии данной отрасли возникают противоречия, связанные с разработкой золота на территории, где расположены рудники и комбинаты. Наиболее большими по площади и добыче рудного золота, а также по прогнозируемым запасам в настоящее время являются верховья рек Китой и Урика (Восточный Саян). В Восточном Саяне на высоте 2200-2300 м. над уровнем моря находится Зун-Холбинское золото – сульфидное месторождение, одно из крупных в Восточной Сибири. Зун-Холбинское месторождение находится вне бассейна озера Байкал, в практически не освоенном безлюдном районе высокогорной части Восточного Саяна, среди пока еще слабо измененной природной среды.

Месторождение открыто в 1955 г., а с 1987 года разрабатывается Холбинским рудником, расположенным в западных отрогах Китойского хребта в ледниковой долине верховья р. Китой – левого притока р. Ангары. Мощность рудника достигла 240 тысяч тонн руды в год. С 1998 г. здесь введена технология цианирования. В технологическом процессе используются щелочь, известь, активированный уголь и др. Общая площадь горного отвода рудника «Холбинский» составляет 1033, 7 га земель, используемых ранее как отгонные пастбища для коров и лошадей.

Высокогорные мерзлотные ландшафты характеризуются суровыми климатическими условиями, продолжительной зимой и коротким летом. Сезонное оттаивание мерзлоты возможно до глубины 0,6-2,0 м. Характерно заболачивание не только долины, но и склонов и водоразделов. Рельеф ледниковый. Абсолютные отметки 2000-3017 м. Район сейсмичный, сила землетрясений достигает 9 баллов (по шкале Рихтера). Почвы преобладают горно-тундровые, мерзлотно-таежно-глеевые (полугидроморфные). В верхнем плейстоцене горные ледники глубоко (300-500 м) вскрыли золоторудные месторождения и сформировали протяженные ледниково-речные потоки рассеяния золота.

При разработке золотосульфидного месторождения характерно поступление в ландшафты золота и сульфидов тяжелых металлов – свинца, меди, цинка. Хвостохранилища, отвалы вскрышных пород, шахтные воды являются источниками формирования техногенных аномалий. С механическими водными потоками рассеяния связано формирование техногенных ореолов рассеяния тяжелых металлов. При разработке

месторождения и переработке руд на фабрике происходит трансформация геосистем: разрушается почвенный покров, нарушается речной сток, изменяется долинный ландшафт. При подземной разработке месторождения, строительстве фабрики, дорог, вахтового поселка, хвостохранилища, склада ГСМ изменяется биологический круговорот рудных элементов.

Технологические процессы рассматриваемого производства являются источниками негативного воздействия на окружающую среду. К источникам геомеханических нарушений относятся: устройство промышленных площадок под буровые работы; строительство дорог, коммуникаций промышленного и коммунального назначения, зданий и сооружений ГОКа; проходка вскрывающих и подготовительных горных выработок; добыча полезных ископаемых подземным способом; складирование на землях пород и отходов производства. К источникам гидродинамических нарушений относятся: устройство шахтного водоотлива; устройство водозабора; устройство технологических емкостей; устройство нагорных канав. К источникам аэродинамических нарушений относятся: технологические процессы по строительству сооружений, объектов и установок, изменяющих скорость, направление и характер движения воздушных потоков над данной территорией; создание отвалов вскрывных пород; вентиляция промышленных объектов; создание хвостохранилища; устройство технологических емкостей; испарение с поверхности технологических емкостей, а также с поверхности хвостохранилища. К источникам биоморфологических нарушений относятся: очистка промплощадок и подъездных путей от древесных и кустарниковых насаждений; прокладка транспортных и коммунальных коммуникаций; снятие и складирование плодородного слоя почв; формирование устойчивого фактора беспокойства для диких животных и птиц.

В ходе реализации намечаемой хозяйственной деятельности отрицательному воздействию будут подвергаться следующие компоненты окружающей среды: недра, земная поверхность, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

Основные виды антропогенного влияния на окружающую природную среду следующие: 1) нарушение на отчуждаемых площадях и прилегающих территориях исходного состояния естественных биоценозов; 2) нарушение естественного ландшафта; 3) изменение миграционных путей диких животных, обусловленное линейными сооружениями (канавами, отвалами, рудовозной дорогой); 4) шумовое давление при ведении буровзрывных работ и работе горнодобывающей, автотранспортной техники и вспомогательного оборудования как фактор беспокойства фауны, приводящий к откочевке популяций диких животных; 5) загрязнение атмосферы выбросами вредных веществ, выделяющихся при эксплуатации оборудования в отделениях обогатительной фабрики, работе

горнодобывающей, автотранспортной техники и вспомогательного оборудования, а также пылении породных отвалов, складов руды и рудовозной дороги; б) возможное загрязнение природных водотоков и подземных источников шахтными водами и сточными водами обогатительной фабрики; 7) загрязнение почв отходами производства [2, 3].

Нами была проведена оценка влияния техногенеза на лугово-болотные отгонные пастбища. Анализы проводились в лабораториях ОАО «Бурятзолото», Геологического института СО РАН Республики Бурятия. Применялись методы атомной абсорбции, пламенно-фотометрический, ион-селективной потенциометрии.

Для оценки потоков рассеяния было проведено опробование донных отложений рек Самарта, Улзыта и Китой, а также почво-грунтов в пределах промплощадки Самарта.

Выявленные результаты свидетельствуют о наличии комплексного техногенного гидро-, лито- и биогеохимического потока золота, серебра, никеля, цинка, меди по р. Самарта ниже промплощадки Холбинского рудника. Концентрация золота в донных отложениях по руслу техногенного потока достигает 3100 г/т., что превышает фоновый в 442,8 раз. Концентрации серебра превышают в 2,2 раза, цинка – в 2 раза, меди – в 2,6 раз, никеля – в 20 раз фоновые значения. Из техногенного водного потока золото, серебро и тяжелые металлы аккумулируются на биогеохимическом (ива, кедровый стланик, лиственница, водные мхи), глеево-сорбционном (лугово-болотные почвы) и кислородно-сорбционном (железистые осадки) и сорбционном (илистые осадки водотоков) барьерах.

При биогеохимической индикации состояния окружающей среды степень ее загрязнения определяют путем измерения содержания поллютантов в компонентах биоты. Т.Т. Тайсаевым [7] выделены биогеохимические аномалии золота на путях водной миграции золота в твердой и жидкой фазах. Коэффициент биологического поглощения золота в иве в природном потоке варьирует от 16 до 23, а в техногенном потоке от 46 до 55. В водных мхах коэффициент биологического поглощения достигает 1160 при природном – 15-70. Формирование таких аномалий связано с несколькими факторами. Золото, присутствующее в зоне криогенеза рудных тел и их вторичных механических ореолов в самородном виде, в составе сульфидов, глинистых минералов, гидроокислов железа при многократном промерзании – оттаивании воды, в результате сернокислого выщелачивания и электрохимических реакций в рудах постоянно переходит в раствор. Особенно эффективно это проявляется при криогенном преобразовании золото содержащих промышленных продуктов золотоизвлекающей фабрики. В воде и во взвеси отстойников фабрики повышены концентрации золота и тяжелых металлов. Повышенные содержания свинца и цинка в донных отложениях (150-200 мг/кг) прослежены на протяжении 300 м от фабрики.

В высокогорной зоне биогеохимические аномалии связаны с продолжительным формированием и воздействием в течение лета талых вод на растения. Последние активно выщелачивают золото из льдистых криогенных зон рудных тел и их первичных и вторичных ореолов (почв, элювия-делювия, донных осадков, торфов), а также льда отстойников хвостохранилищ. Золото в талые воды поступает из снежного покрова золоторудных полей. Растворимое золото по пути движения и скопления этих вод постоянно усваивается растениями, особенно усиленно в начальной стадии вегетации. Например, ягель – олений мох – активный поглотитель растворимых форм тяжелых металлов из почво-грунтов на путях латеральной и радиальной миграции. Содержание золота в ягеле достигает 1-3 г/т. Коэффициент биологического поглощения золота в ягеле, рассчитанный на кларк литосферы его ( $4,3 \times 10^{-7}\%$ ), колеблется от 20 до 500.

Зимой в долинах рек Восточного Саяна повсеместно образуются наледи, что приводит к осаждению привнесенных из глубины природных слабо-растворимых соединений, а также тяжелых металлов. На Холбинском руднике после заполнения хвостохранилища хвостами флотации происходит просачивание сульфатных вод из-под дамбы с высоким содержанием тяжелых металлов. Напорные сточные воды из верхнего хвостохранилища подземным стоком попадают в нижнее хвостохранилище хвостов сорбции. Зимой здесь также образуется наледь. Не следует исключать возможность разрыва трубопроводов и разлива техногенных загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов. Вследствие этих процессов после стаивания льда одни вещества удаляются в атмосферу (соединения аммонийного азота), другие остаются на наледных полянах в виде наледных солей. Таким образом, летом на этих местах произрастают растения, обогащенные тяжелыми металлами.

Животные, которые обитают на лугового-болотных пастбищах (биогеохимических барьерах), являются носителями аномалий золота и тяжелых металлов. До строительства рудника на отгонных пастбищах содержание золота в экскрементах коров достигало 0,008-0,012 г/т., лошадей – 0,014-0,028 г/т. Это свидетельствует о поступлении золота в организм домашних животных, по пищевой цепи на золоторудных полях. На этих же рудных ландшафтах в организме длиннохвостого суслика содержание золота в 70-80 раз больше, чем в фоновых – район с. Монды [7].

По данным экологического мониторинга (1993-1996 гг.), вокруг Самаргинской ЗИФ рудника выявлены локальные очаги загрязнения снежного покрова (С1, NH, NO, SO, K), а также тяжелыми металлами (Cu, Pb, Zn, Aq, As). В твердом осадке снеговой воды концентрации Pb и Zn, достигают 0,15-0,30% и Aq – 0,0005-0,0015%. В летнее время с площади ЗИФ и вахтового посёлка происходит смыв загрязняющих веществ в р. Самарту.

Следует отметить, что Pb, Zn, бензопирен по ГОСТу относятся к высоко опасным веществам, Cu, Mo, Co, Ni к умеренно опасным. Они токсичны, устойчивы в почве до 12 месяцев, устойчивы в растениях до 3 месяцев, хорошо мигрируют и сильно влияют на пищевую ценность с/х продукции.

Высокогорные отгонные пастбища в долине р. Самарты, находящиеся в зоне горного отвода, пока не используются. На Холбинском руднике постоянно осуществляется экологический мониторинг за состоянием окружающей среды.

#### **Выводы:**

1. При разработке месторождения рудного золота в верховье р. Китоя и Урика происходит не только изъятие части земель под горные отводы, но и различного рода загрязнения и нарушения значительных площадей на прилегающей территории. Кроме того, горное предприятие, включающее обогатительную фабрику и цех гидрометаллургии, хотя и потребляет на собственные нужды сравнительно небольшое количество воды, однако оказывает влияние на состояние поверхностных и подземных вод. Так, например, вода в рудниках используется для орошения при бурении скважин, а также расходуется на хозяйственно-бытовые и технологические нужды [2].

2. На основании проведенных исследований выделены три основных показателя естественного режима поверхностных водотоков рек Самарты и Зун-Холбо, которые характеризуются: 1) повышенной водностью с довольно низкой изменчивостью стока в многолетнем цикле колебания водного режима; 2) гидрохимическими показателями с повышенным содержанием меди и цинка в 2-5 раз превышающих ПДК. Проведенная интегральная оценка техногенного воздействия на окружающую среду при добыче и разработке рудного золота дает возможность оценить в легко ранимой природной среде в условиях высокогорья и показать сложность биотического сосуществования в этой среде.

3. Горнотехническая и биотическая рекультивация техногенных участков, (производственные площадки рудника «Холбинский») должны быть проведены после завершения эксплуатации, чтобы в дальнейшем способствовать восстановлению естественных условий обитания и продуктивности гидробионтов.

4. Для контроля за экосистемой верховьев рек Китоя и Урика необходима организация постоянных мониторинговых наблюдений, чтобы предотвратить негативные последствия за изменением среды обитания гидробионтов и принять меры по их сохранению. Воздействие отходов горнопромышленной деятельности рудника «Холбинский» на природный комплекс водосборов рек Самарта и Зун-Холбо пока оценивается как локальное (точечное), ограниченное периодом отработки рудного золота. Следует вести систематические

наблюдения за фоновой концентрацией химических веществ в водных объектах, чтобы не допустить их ухудшения, даже кратковременного.

5. В высокогорных ландшафтах Восточных Саян на руднике Холбинский формируется протяженный техногенный поток золота и тяжёлых металлов в донных осадках и растительности, который, накладываясь на природные потоки, ведёт к трансформации лугового-болотных пастбищ. На техногенных ландшафтах высокогорий в долинах рек усиливается техногенная механическая миграция золота и биологический круговорот рудных элементов. При разработке Холбинского золоторудного месторождения, транспортировке и переработке руд и извлечении из них золота на Самартинской фабрике золото интенсивно вовлекается в техногенную миграцию от мест добычи до потребителя на значительные расстояния.

### Список литературы

1. Воробьев А.Е., А.Д. Гладуш, А.В. Аникин, Т.В. Чекушина Методология и практика горно-технического аудита золотодобывающих рудников России: монография. – М.: РУДН, 2014. – 212 с.
2. Иванова О.А., Иметхенов А.Б. Трансформация горных геосистем Восточного Саяна. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2011. – С. 67-68.
3. Лысенкова З.В., Рудский В.В. Количественные показатели оценки состояния антропогенных ландшафтов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. - № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13426> (дата обращения: 10.06.2014).
4. Рудский В.В. Применение ландшафтной концепции при оценке воздействия горных работ на природную среду (по материалам зарубежных исследований) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. - № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-11817> (дата обращения: 24.01.2014).
5. Рудский В.В. Сбалансированное развитие природы и общества в условиях горного производства // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества (III). Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Челябинск: «Край Ра», 2013. – С. 224-229.
6. Рудский В.В. Ресурсы меди и развитие медной промышленности в мире и России // География и экология в школе XXI века, № 3. – М.: ГеоЭко, 2014. – С. 25-33.
7. Тайсаев Т.Т. Биогенная концентрация золота в гольцовых ландшафтах золоторудных полей (на примере Восточного Саяна) // «Современные проблемы геохимии» Всероссийское

совещание (с участием иностранных ученых), посвященное 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. – Иркутск: Издательство ИГ СО РАН, 2012 . – С. 145-148.

**Рецензенты:**

Шкаликов В.А., д.г.н., профессор, Смоленский гуманитарный университет, г. Смоленск.

Гомбоев Б.О., д.г.н., профессор, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ.