



УДК 622

© А. Н. Махинов, М. Н. Шевцов, А. Ф. Махинова, Н. И. Корнеева, 2010

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

*Махинов А. Н.* – д-р геогр. наук, проф. кафедры «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение»; *Шевцов М. Н.* – д-р техн. наук, доц. завкафедрой «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение»; *Махинова А. Ф.* – канд. геогр. наук (Институт водных и экологических проблем ДВО РАН); *Корнеева Н. И.* – ст. преп. кафедры «Автоматика и системотехника» замдиректора института информационных технологий (ТОГУ)

Рассматривается влияние горнодобывающих предприятий, расположенных в экстремальных природных условиях, на состояние окружающей среды и особенности восстановления нарушенных при горных работах ландшафтов. Показано важное значение экологических системных функций почвенно-растительного покрова в процессе восстановления природных свойств на измененных антропогенной деятельностью участках. Сформулированы основные принципы адаптированного к горным условиям режима природопользования на территориях северных районов Дальнего Востока.

Influence of the mining enterprises located in an extreme environment on the environmental condition and features of restoration of the landscapes broken at mountain works are considered. The great value of ecological system functions of the soil-vegetative cover in restoration of natural properties on the sites changed by anthropogenic activity is shown. Basic principles of the mode of wildlife management adapted for mountain conditions at the territories of northern areas of the Far East are formulated.

*Ключевые слова:* охрана окружающей среды, горнодобывающее предприятие, антропогенное воздействие, экологический мониторинг.

Деятельность горнодобывающих предприятий в экстремальных природных условиях неизбежно оказывает негативное влияние на окружающую среду, минимизация которого в настоящее время является важным условием рационального природопользования. Завершение деятельности ряда горнообогатительных комплексов, расположенных в северных районах Хабаровского края, в связи с истощением запасов рудного сырья обуславливает необходимость решения задач по оценке и нейтрализации негативных последст-



вий для окружающей природной среды в результате локального воздействия, связанного с разработкой коренных месторождений полезных ископаемых. Эти задачи направлены на выявление закономерностей изменения и восстановления природных ландшафтов с учетом особенностей применяемых технологических приемов.

В настоящее время исследования долговременных последствий деятельности крупных горнодобывающих предприятий, влияющих на состояние окружающей природной среды после завершения эксплуатации месторождений, немногочисленны и охватывают обычно сравнительно узкий спектр вопросов. Однако необходимость таких исследований определяется Законом РФ «Об охране окружающей среды», Земельным кодексом РФ и другими законодательными актами государственного и регионального уровней.

Известно, что в процессе горнодобывающей деятельности происходит локальное воздействие производства на все компоненты окружающей природной среды и ландшафты в целом [1].

Необходимость исследования динамики природных процессов на нарушенных производственной деятельностью участках обусловлена потребностью на основе знаний о степени и характере ее изменения разрабатывать обоснованные и адаптированные к данным условиям рекомендации по рекультивации преобразованных ландшафтов с целью их более быстрого и разумно необходимого восстановления.

Исследования, проведенные в 1995–2008 гг. в северных районах Хабаровского края, позволили оценить степень горнопромышленного воздействия на природную среду территорий горных работ. Химические анализы проб воды, почв и донных отложений выполнены в лабораториях ГОКа «Рябиновый» и ИВЭП ДВО РАН.

Территория исследований обладает специфическими природными условиями [4], основными особенностями которой являются:

1. Относительно мягкие очертания форм рельефа с широкими пологими приводораздельными поверхностями и относительно неглубоко врезанными долинами рек для большей части территории в пределах восточной окраины Сибирской платформы, сложенной преимущественно осадочными породами.

2. Суровые климатические условия с продолжительной малоснежной зимой и очень низкими температурами воздуха. Лето короткое, в любой день которого возможны отрицательные температуры.

3. Широкое распространение многолетнемерзлых пород с глубиной сезонного оттаивания от 0,3–0,4 м на переувлажненных грунтах до 1,5 м на сухих каменистых склонах южной экспозиции.

4. Однообразие ландшафтов, среди которых на всех формах рельефа преобладают редкостойные лиственничные леса, различающиеся лишь по кустарничковому покрову.

5. Хорошо выраженная высотная поясность на горных хребтах и массивах.



вах, представленная тремя высотными поясами – лиственничными лесами, кедрово-стланиковыми зарослями и гольцами.

6. Слабая устойчивость природных ландшафтов к антропогенному воздействию.

Районы разработок месторождений являются основными источниками загрязнения поверхностных вод. Особенно значительную негативную роль в формировании качества воды играют крупные длительно действующие горно-обогатительные комбинаты. В Хабаровском крае это прежде всего ГОКи Многовершинный, Рябиновый, Тас-Юрях, Солнечный и другие. На ряде ГОКов были реализованы мероприятия, влияющие на окружающую природную среду. Среди них применение полусухого складирования обезвоженной пульпы, использование непроницаемого материала с целью снижения фильтрации из хвостохранилищ и емкостей аварийных сбросов, очистка хозяйственно - бытовых сточных вод жилых поселков и др.

Тем не менее, технологические приемы, используемые в настоящее время при добыче и переработке руды, связаны с поступлением в окружающую среду, особенно в поверхностные водные объекты, различных загрязняющих веществ антропогенного происхождения, которые имеют тенденцию к увеличению содержания в водной среде.

Так, например, в окрестностях одного из горнодобывающих предприятий в бассейне реки Тарынг-Лата в поверхностных водах наиболее высокие содержания взвешенных веществ, хлоридов, сульфатов, нитритов, аммония, тяжелых металлов отмечаются в хвостохранилищах золотоизвлекательных фабрик (табл. 1). В верхних отстойниках обнаружены также повышенные концентрации цианидов. Аналогичные характеристики, но с несколько меньшими показателями выявлены в дренажных водотоках и отводных канавах, стекающих от подножий верхних отстойников. Все это свидетельствует о дренаже хвостохранилищ и смыве загрязняющих веществ с водосборов, подверженных хозяйственной деятельности.

Наиболее высокие содержания веществ антропогенного происхождения установлены в отстойниках карьерных вод и хвостохранилищах [6]. В водоеме хвостохранилищ отмечаются также повышенные концентрации цианидов. Аналогичные характеристики, но с существенно меньшими показателями выявлены в водах ручья Тас-Юрях, протекающего вдоль подножья хвостохранилища. В реке Ариавкан ниже основных объектов ГОКа на протяжении нескольких километров обнаружены повышенные содержания сульфатов, фосфатов, аммония, некоторых металлов (цинк, медь, железо).

Антропогенное воздействие на химический состав воды при разработке месторождений проявляется локально в основном в зоне деятельности предприятия и практически не отражается на качестве воды достаточно больших поверхностных водотоков – рек Ариавкан, Лата, Мая и других при деятельности горно-обогатительных комплексов в течение 4–5 лет.



Таблица 1

Изменение химического состава воды р. Тарынг-Лата под влиянием ГОКа  
на севере Хабаровского края (август 2005 г.), мг/дм<sup>3</sup>

Местоположение	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	CL <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Pb	Cu	Ni	Zn
Река выше ГОКа	0,72	0,71	0,62	0,73	0,013	0,030	0,004	0,004
Река вблизи ГОКа	0,61	2,13	0,67	1,20	0,016	0,002	0,003	0,004
Река ниже ГОКа	1,54	20,56	10,82	4,24	0,006	0,011	0,001	0,004
Хвостохранилище	5,10	347,41	165,10	18,04	0,023	2,00	0,010	0,209
Оборуд. дренаж	12,60	171,93	54,58	30,98	0,008	0,012	0,003	0,005
Отводная канава	1,05	2,13	4,50	1,43	0,009	0,019	0,004	0,004
Карьерные воды	9,55	12,05	80,15	50,26	0,008	0,002	0,003	0,004

Однако предприятия оказывают негативное влияние на другие компоненты природной среды в своих окрестностях в течение длительного времени после их закрытия. На территории прямого и косвенного воздействия производства по добыче и переработке руды после завершения деятельности предприятия, демонтажа и вывоза наиболее ценного оборудования остаются природные ландшафты, в различной степени нарушенные хозяйственной деятельностью. Их диапазон очень велик – от полностью уничтоженных участков природных ландшафтов (карьеры, выемки грунта, отвалы и т. п.) до едва заметных воздействий, связанных с некоторым сокращением численности животных вследствие влияния шумового фактора, незначительным загрязнением почв и воды на удаленных от объекта участках.

Изучение последствий влияния на природную среду действовавших в течение 5–7 лет относительно небольших ГОКов в первые годы после их закрытия проводилось в бассейнах небольших водотоков – верхних течений рек Ариавкан и Тарынг-Лата.

В процессе деятельности этих предприятий в их окрестностях появились вновь созданные формы рельефа, служащие основой формирования новых элементов природной среды со специфическими проявлениями на них природных процессов. К ним относятся карьеры, отвалы вскрышных и отработанных горных пород, хвостохранилища, занимающие значительную площадь в долинах рек.

Относительно непродолжительная деятельность горнодобывающих предприятий обуславливает слабое загрязнение донных отложений водотоков в зоне влияния золотоизвлекательной фабрики тяжелыми металлами. Проведенный анализ проб аллювиальных отложений со дна реки Тарынг-Лата и верхних горизонтов осадка хвостохранилища (табл. 2), свидетельствует о том, что содержание тяжелых металлов в них незначительно превышает фоновые показатели.



Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в донных отложениях р. Тарынг-Лата  
и в хвостохранилище, мг/кг

Место взятия пробы	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr
Выше фабрики	0,0009	0,0028	0,0010	0,0015	0,0006	0,0462	0,0046
Ниже фабрики	0,0010	0,0045	0,0013	0,0017	0,0007	0,0584	0,0055
Хвостохранилище	0,0010	0,0039	0,0014	0,0017	0,0010	0,0726	0,0057

Проведенная оценка состояния почв на специально заложенных площадках в непосредственной близости от карьера позволила выявить уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Установлено незначительное превышение показателей для верхних горизонтов почв, распространенных вблизи карьера по сравнению с фоновыми характеристиками (табл. 3). Результаты химического анализа указывают на явно выраженное загрязнение почв тяжелыми металлами.

Таблица 3

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах долины р. Тарынг-Лата, мг/кг

Глубина, см	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr
Разрез (фон в 200 м от карьера)							
02-05	0,0014	0,0049	0,0016	0,0025	0,0011	0,0522	0,0080
07-10	0,0011	0,0045	0,0013	0,0021	0,0009	0,0559	0,0065
15-20	0,0010	0,0043	0,0013	0,0020	0,0009	0,0483	0,0063
25-30	0,0011	0,0042	0,0014	0,0021	0,0010	0,0943	0,0069
Разрез в 50 м от карьера							
03-08	0,0023	0,0057	0,0022	0,0032	0,0012	0,1088	0,0110
12-16	0,0014	0,0047	0,0015	0,0022	0,0010	0,1055	0,0072
25-35	0,0015	0,0050	0,0016	0,0023	0,0010	0,1009	0,0075

Интенсивность восстановления природной среды на участках, подверженных деятельности горнорудного предприятия, различна в зависимости от характера и продолжительности воздействия на нее, избирательности действия технологических процессов, устойчивости природных комплексов к внешнему воздействию и ряда других факторов.

На лишенных растительности участках в пределах промплощадок в понижениях поверхности происходит накопление легкого слабо опесчаненного суглинка толщиной до 4–5 см, образовавшегося в результате плоскостного смыва с вышерасположенных участков во время ливневых дождей. Такие участки зарастают намного быстрее и более разнообразными видами растений по сравнению с участками, на которых плоскостной сток отсутствует, и



перераспределение вещества не происходит. Тем не менее, на всех этих поверхностях уже через несколько лет создаются условия для формирования локальных фрагментов почвоподобных толщ, которые со временем превратятся в примитивные почвы. Такие фрагменты постепенно увеличиваются в размерах, объединяются и со временем распространяются на всю поверхность.

Самыми медленными темпами происходит восстановление растительного и почвенного покровов на хвостохранилищах, сложенных однородными по составу отложениями и не перекрытых плодородным слоем. После прохождения различных стадий обработки эти отложения долгое время остаются почти стерильными. Так, например, хвостохранилище гравитационной фабрики в долине ручья Дугуян перестало заполняться в 2001 г., однако за первые шесть лет на его поверхности и дамбах не появилось ни одного растения.

Проведенные в конце летнего сезона наблюдения за количеством и видовым составом растительности на нарушенных территориях, в том числе на участках, полностью лишенных почвенного покрова, а также на искусственно созданных грунтах в пределах отвалов, хвостохранилищ позволили выявить следующие основные закономерности процессов восстановления растительного покрова на нарушенных территориях.

1. Поверхности с однородными по гранулометрическому составу отложениями зарастают значительно медленнее и характеризуются меньшим количеством видов растений по сравнению с участками, на которых залегают несортированные отложения.

2. Поверхности, осложненные микрорельефом (борозды, неровности с амплитудами высот в десятки сантиметров), подвержены зарастанию в большей степени, чем плоские или ровные наклонные поверхности.

3. Существенно быстрее и более разнообразными видами растений зарастают участки аккумуляции делювиального смыва в понижениях рельефа и ложбины линейного размыва на пологих склонах.

4. Более быстрыми темпами зарастают отвалы вскрышных пород по сравнению с поверхностями отвалов других горных пород, участвовавших в технологическом процессе.

5. Быстрее и более интенсивно зарастают увлажненные участки по сравнению с более осушенными.

6. Растительность в пределах хвостохранилищ вначале появляется на поверхности дамбы, а затем на отложениях обезвреженных отходов.

Наблюдения, проведенные в августе на полусухих отвалах золотоизвлекательных фабрик, перекрытых в марте слоем грунта мощностью 0,5–1,5 м, представленного вскрышными породами преимущественно щебнистого состава, свидетельствуют о достаточно интенсивном восстановлении растительности. На поверхности перекрытого отвала в течение одного летнего сезона поселились первые растения. В порядке уменьшения численности они представлены следующими видами – астрагал, иван-чай, марь, осока. Астрагал и иван-чай отцвели и дали плоды. По морфологическим показателям об-



щее состояние растений хорошее. Стебли растений высокие, листья крепкие и хорошо выраженные. Средняя густота растительности составляет одно растение на 100 м<sup>2</sup>.

Как показали исследования, природные комплексы районов добычи рудного золота в северной части Хабаровского края характеризуются сложным сочетанием в пространстве, высокой динамичностью и потенциальной уязвимостью. Учитывая горный характер рельефа, значительную жесткость климатических условий и медленную восстановительную способность биологической составляющей экосистем, экосистемные функции почвенно-растительного покрова приобретают крайне важное значение для сохранения природных свойств ландшафтов. Особенно длительному восстановлению подлежат нарушенные антропогенной деятельностью формации подгольцового пояса, среди которых следует отметить, прежде всего, стелящиеся леса из кедрового стланика и редколесий лиственницы (Махинов и др., 1997).

В экстремальных условиях при прямом и косвенном воздействии горного производства проявляется ряд процессов, имеющих негативные экологические последствия для ландшафтов, существенное значение среди которых имеют следующие:

- активизация склоновых процессов, выражающаяся в увеличении скоростей движения рыхлого материала вниз по склону и распространение этого явления на большие площади, ранее не затронутые данными процессами, а также создание условий для проявления селевых потоков и снежных лавин;
- изменение условий формирования поверхностного и грунтового стоков, ведущее к изменению водного режима рек и ручьев, а также усилению эрозионных процессов и заиления донных отложений;
- нарушение температурного режима многолетнемерзлых грунтов на склонах и в днищах речных долин, усиление мерзлотных деформаций грунтов, солифлюкции, формирование наледей;
- преобразование долинных, наиболее устойчивых к внешнему воздействию природных комплексов, в том числе водных экосистем, вследствие рубок леса, проходки канав и движения транспорта;
- пылевое, химическое загрязнение воды, почв, воздушной среды территорий, прилегающих к основным производственным объектам;
- снижение видового разнообразия и численности животных, нарушение коммуникационных путей их сезонных перемещений, усиление фактора беспокойства.

Сохранение природной среды в зоне влияния горнодобывающих предприятий обеспечивается адаптированным к горным условиям, с характерным для него динамичным развитием природных комплексов, режимом природопользования, основными принципами которого для рассматриваемых природных условий в северных районах Хабаровского края являются следующие:

- размещение объектов производства с учетом естественных особенностей ландшафта, прежде всего, рельефа и экзогенных процессов, определяю-



- щих направление и интенсивность геохимических потоков веществ и др.;
- предотвращение поступления промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в естественную речную сеть на всех этапах технологических процессов деятельности предприятия;
  - минимальное механическое нарушение поверхностного слоя почв на сопредельных с промплощадками территориях;
  - максимальное сохранение естественной растительности, в том числе в виде отдельных фрагментов в зоне активной хозяйственной деятельности предприятий;
  - исключение браконьерства, сбора редких и лекарственных видов растений;
  - постоянный контроль (мониторинг) динамики экосистем и их отдельных компонентов в связи с прямым и косвенным влиянием производственной деятельности на всех ее этапах, включая период после завершения деятельности предприятия.

### Библиографические ссылки

1. *Махинов А. Н., Карсаков Л. П.* Геоэкологические проблемы при освоении месторождений золота на Дальнем Востоке и некоторые пути их решения // Вестник Приам. рег. отд. РАЕН. 2000. № 1.
2. Влияние горнодобывающих предприятий на преобразование ландшафтов хребта Кет-Кап / А. Н. Махинов, А. Ф. Махинова, В. М. Сапаев, М. Н. Шевцов // Вопросы географии Дальнего Востока. 1997. Вып. 20.
3. *Неудачин А. П., Кремлев С. М., Левшина С. И.* Миграция тяжелых металлов в районе золотоизвлекающих комплексов Хабаровского края // Биохимические и гидроэкологические оценки наземных и пресноводных экосистем. 2003. Вып. 13.
4. *Физико-географическое районирование СССР* / под ред. Н. А. Гвоздецкого. М., 1968.
5. Водные ресурсы горнорудных районов и их преобразование (юг Дальнего Востока) / М. Н. Шевцов, К. П. Караванов, А. Н. Махинов, В. В. Кулаков, А. М. Мордовин, В. В. Шапов, В. П. Шестеркин. Хабаровск, 1998.
6. *Шевцов М. Н.* Пути снижения негативного воздействия хвостохранилищ на окружающую среду // Тезисы докладов международной конференции «Экологически чистые технологические процессы в решении проблем охраны окружающей среды». Иркутск, 1996.