

*В.П. Зверева*

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОРНОРУДНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДАЛЬНЕГОРСКОГО  
РАЙОНА (ПРИМОРЬЕ)**

---

**Г**орная промышленность в Дальнегорском районе развивается около 100 лет. Добыча и переработка полиметаллических руд здесь началась в 1907 году. В районе открытым и закрытым способом обрабатывается 20 скарново-полиметаллических (Николаевское, Верхнее, Партизанское и др.) и жильных полиметаллических (Лидовское, Смирновское, Южное и др.) месторождений, а также работают горно-обогатительные фабрики. В 1930 г. введен в эксплуатацию свинцовый плавильный завод, который за столь длительный период времени ни разу не претерпел радикальной реконструкции. Руды месторождений — комплексные. Главные рудные минералы: сфалерит и галенит, а второстепенные арсенопирит, халькопирит, пирротин и пирит. Помимо цинка и свинца объединение производит олово, серебро, висмут, кадмий и индий. Ежегодно на центральной обогатительной фабрике в г. Дальнегорске перерабатываются миллионы тонн руды. Кроме того, в районе имеются месторождения бора и объединение ППО “Бор”. Объединение находится в г. Дальнегорске и занимается добычей и переработкой руды. Оно обеспечивает  $\frac{3}{4}$  потребности страны в боропродуктах, часть продукции идет на экспорт. Имеются цеха борной кислоты, борного кальция, пербората натрия, плавленной боропродукции, рудник и две обогатительные фабрики [3]. Руды месторождений бора представлены датолитом, кальцитом, кварцем, гранатом, пироксеном, волластонитом и гизингеритом.

Работа горно-обогатительных фабрик ПО “Дальполиметалл” привела к появлению хвостохранилищ: “старое” площадью 300000 м<sup>2</sup> и объемом уложенных хвостов 7,2 млн т и “новое” — 525000 м<sup>2</sup> объемом 40 млн.т, в котором заполнено 21 млн т. Естественной границей хвостохранилищ является сопочный склон. Что касается минерального состава хвостов, то он представлен рудными минералами — пирротинном, пиритом, халькопиритом, галенитом, сфа-

леритом, арсенопиритом и др. К числу нерудных минералов относятся: кварц, кальцит, флюорит, хлорит, гранат, сидерит и др. Химический состав хвостов (%): Zn — 0,27-0,29; Pb — 0,11-0,18; Cu — 0,01-0,03; Fe — 4,37-4,60; Ag — 5-6.

Вместе с пульпой в хвостохранилища попадают практически все, применяемые на фабрике реагенты (цианистые соединения, ксантогенаты, обуславливающие неприятный запах поступающих в хвостохранилища вод; фенолы, убивающие органическую жизнь в водоемах; известь, кислоты, жидкое стекло, керосин, сосновое масло и другие вещества, повышающие щелочность воды и изменяющие ее свойства). Вода шламовых озер хвостохранилищ содержит (мг/л): взвешенные вещества — 4,13, нефтепродукты — 0,05, цианиты — 0,04, Fe — 0,33, Zn — 0,07, Pb — 0,06, Cu — 0,101, родониты — 2,119, ксантогенаты — 0,678, Ca — 81,29, Mg — 3,49, As — 0,12-0,15, S — 8,76-11,97.

Последствием работы ППО “Бор” являются три хвостохранилища, где складировано более 30 млн т отходов. При переработке руды на бор используются реагенты: нафтенат и силикат натрия, сода кальцинированная, едкий натр и др. Химический состав хвостов представлен (в %):  $B_2O_3$  — 0,4; CaO — 27,5; MgO — 0,2;  $Fe_2O_3$  — 1,8; MnO — 0,25;  $SiO_2$  — 27,0;  $SO_4$  — 43.

Как следствие длительной и активной деятельности горно-рудной промышленности остались на территории района целые системы горных выработок: канавы, расчистки, карьеры, штольни и отвалы, а также хвостохранилища, что привело к созданию в районе крупномасштабной техногенной системы. В техногенной системе гипергенные процессы усиливаются и переходят на техногенную стадию, так как дождевые воды, попадающие в шламохранилища, превращаются из обычных в сульфатные после окисления первых порций сульфидного материала. Они будут сохранять свой сульфатный и кислотный характер до тех пор, пока в хвостохранилищах присутствуют сульфидные и сульфатные минералы. Разрушение сульфидов процесс длительный, например, пирит может окисляться в течение 800 лет [2]. В результате техногенных процессов на поверхности и в толще хвостов полиметаллических руд появляются налеты и тонкие корочки техногенных минералов англезита, церуссита, смитсонита, госларита, эпсомита и др. [6, 13].

При разработке рудников открытым и закрытым способом нарушается рельеф, уничтожается растительный и почвенный по-

кров, изменяются условия формирования водного стока, а рудничные воды в больших объемах выходят за пределы горного отвода и загрязняют грунтовые, родниковые и питьевые воды. Происходит вторичное загрязнение атмосферы в результате рассеивания полиметаллической пыли твердых отходов, хранящихся на открытых площадках в хвостохранилищах, которые не обезвреживаются и не вывозятся. Об опасности воздушного активного переноса вредных веществ может свидетельствовать проявление признаков угнетения растительности вокруг хвостохранилищ и поселков. Газопылевые выделения хвостохранилищ приводят к разрушению растительных покровов и образованию техногенных пустошей. Губительное воздействие на окружающую среду оказывает высокая агрессивность техногенных (в том числе рудничных) вод, их насыщенность реагентами, поступающими вместе с пульпой, а также продуктами гипергенного разложения хвостов. Велика опасность сброса сточных технических вод хвостохранилищ в близлежащие водоемы, что происходит во время аварий на фабрике или прорыва дамбы.

Все предприятия создают в природных водотоках потоки рассеянных трансформированных природно-техногенных вод. Их наиболее общие свойства: сульфатный анионный состав, повышенные относительно природных уровней, содержания всех катионов основного солевого состава; трансформация характерных для региона ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых вод в сульфатно-кальциевые (натриевые) с повышенной минерализацией; многократные (на 1-3 порядка) превышения концентрации рудных элементов над природно-фоновыми уровнями. С горнорудными предприятиями связано формирование кислых сульфатных вод, несущих большие количества растворенных железа, алюминия и рудных элементов. К числу наиболее миграционно способных, которые формируют протяженные потоки рассеяния, относятся марганец, кадмий и цинк [3].

Кроме того, в данном районе длительное время функционируют объекты ППО «Бор», которые способствуют увеличению содержания микрокомпонентов — сульфидов, гидрокарбонатов, кальция в составе вод реки, а, следовательно, общей минерализации и ухудшению экологического состояния района. Состав вод ниже впадения стоков химического завода становится сульфатно-кальциевым. В составе стоков этого завода из микроэлементов

преобладает бор (до 100 мг/л). В составе ионного стока реки ниже г. Дальнегорск доля техногенных составляет уже 67%. Особенно значителен техногенный фактор для стоков сульфатов кальция, калия, а также фтора, бора и тяжелых металлов [3].

Все это в Дальнегорском районе привело к напряженной и даже кризисной экологической ситуации [3]. Такая ситуация была предопределена процессом освоения данного рудного узла без учета физико-географической специфики района, так как основные перерабатывающие объекты строились в чашеобразных долинах. Жилые поселки размещались в зонах преимущественного воздействия загрязнения. Конструктивные просчеты в высоте труб предприятий привели к тому, что максимальное загрязнение приземного воздуха от них попадает на поселки, а преобладающие скорости ветра способствуют интенсивному переносу загрязнителей. Кроме того, санитарно-защитная зона предприятия радиусом 1 км никогда не соблюдалась, в ее границах проживает 15 % населения. В результате технологических нарушений качество воздуха в рабочей зоне и в границах санитарно-защитной зоны Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) радиусом в 1 км не соответствует предельно допустимым концентрациям (ПДК). Регистрируются случаи высоких и экстремально высоких выбросов, так как оснащенность свинцового производства газоочистными установками крайне низка и большая часть технологических и вентиляционных газов не очищается от пыли и сажи [10].

Поступление отходов свинцового производства в окружающую среду происходит в форме газов (сернистый газ, возгоны свинца), в твердой фазе (пылевые частицы руды, металлического свинца, мышьяковистого ангидрида, шлаков), в жидкой фазе (технологические воды). Интенсивное загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха возникает и в результате пылеобразования при неправильном хранении отходов производства. Напряженная экологическая ситуация в районе обуславливается и нарушениями технологий, приводящими к изменению температуры, состава и объема выбросов. В отдельные годы выбросы Pb достигали 180 т, тогда как предельно-допустимые выбросы (ПДВ) не должны были превышать 7,2 т. Зона максимального загрязнения простирается от плавильного завода на расстояние 2 км, ее площадь составляет 5 км<sup>2</sup>. Так, например, содержание Pb, Zn, As, Sb, Sn и других вред-

ных элементов в атмосферном воздухе, почве, дождевых и снеговых водах превышало фоновые концентрации в 10-100 раз и более [9]. Кроме того, происходит техногенное накопление ряда металлов — Pb, Zn, Cu, Cd, Fe и Mn — в листьях, коре, древесине и корнях деревьев, а также в грибах и ягодах [4-7]. Растительность, окружающая поселок, часто имеет следы химического воздействия.

Потенциально токсичная металлическая нагрузка сточных вод зависит от вещественного состава руд и минерализации околорудного ореола. В первую очередь, имеет значение количество сульфидов, при окислении которых образуется серная кислота, поскольку кислые рудничные воды мобилизуют в раствор рудные элементы и алюминий. Другими важнейшими факторами, регулирующими кислотность и металлоносность рудничных вод, являются: состав вмещающих пород, степень развития зоны окисления, способ разработки месторождения, степень извлечения сульфидов при обогащении, увеличение времени существования поверхностных техногенных литоаккумуляций (отвалов, шламохранилищ), которое ведёт к нарастанию интенсивности выноса металлов из них.

По литературным данным [1, 4, 5] для техногеосистемы содержание Pb в водах местного стока в 2,5 раза выше, чем в фоновых условиях, Al — в 3 раза, а остальных металлов (Cu, Cd, Zn, Fe, V, Ti) — в 1,5-1,8 раза. Увеличение концентрации тяжелых металлов в водах местного стока зоны техногенеза указывает на выраженное техногенное воздействие. Трансформация химического состава вод проявляется в изменении их кислотных характеристик, основного солевого состава и, главное, в многократном возрастании металлической нагрузки водотоков, в первую очередь, рудными элементами — тяжелыми (Pb, Zn, Cd, Cu, Hg и др.), петрогенными (Al, Mn) металлами и металлоидами (As, Sb). Токсичность этих элементов для гидробионтов всех трофических уровней в настоящее время общепризнана. Поступление техногенных стоков ведет к разрушению водных экосистем и изменению качества природных вод в худшую сторону со всеми соответствующими последствиями [1]. Конкретными источниками техногенных стоков в природную гидросеть являются рудничный водоотлив, дренаж пород, шламовые поля обогатительных фабрик.

Автором были отобраны и проанализированы гидрохимические пробы вод (табл.) шламовых озер, рудничные и речные. В них методом атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе марки Plasmaquant-110 определены следующие элементы: Cu, Pb, Zn, Sn, Co, Ni, Cr, Fe, Mn, Sr, Li, Ag, Al, B, Ba, Na, Ca и Mg (табл.). Содержание Sb, Se, Hg, Bi, Cd, Ag, Co, Cr, Ni, Pb и Cu в большинстве проб ниже предела определения. При детальном рассмотрении полученных результатов можно заметить, что все исследуемые образцы гидрохимических проб относятся к числу близонейтральных, рН которых изменяется от 6,0 до 6,5, а, как известно из литературных источников [4], такие воды менее минерализованы, чем кислые. Содержание Zn в шламовых водах выше фоновых характеристик от 4 до 47 раз, Pb — 20-70, Cu — 10-160, Fe — 20-60, Mn и As — 30-100. В рудничных водах содержание элементов превышает фоновые характеристики для Zn в 8-68 раз, Pb — практически в 300, Cu — 10, Fe — 10-90, Mn — 44, а As — 9. Содержание практически всех определяемых элементов в гидрохимических пробах 2003 г. выше (отобраны в более засушливое время), чем — 2001 г. Сравнение вод р. Рудной [1, 4, 5] в ее верховье (строка 8, табл.) и авторских из устья (строка 4, табл.) показывает, что содержания элементов в последних возрастает в от 10 до 100 раз, что говорит о загрязнении речных вод горнорудным производством.

Как показано выше наличие в Дальнегорском районе техногенного воздействия (горные выработки, рудничные воды, шламохранилища, шламовые озера) приводит к нарушению существующего природного равновесия и накоплению токсичных элементов в воздухе, почвах, воде, растительности и в живых организмах, включая человека, о чем говорит высокая заболеваемость местного населения [11, 12].

Проведенный анализ техногенного воздействия горнопромышленного комплекса, имеющиеся у автора статистические

(данные по 24 видам заболеваемости населения Дальнегогорского района) и литературные данные позволяют сделать следующие выводы.

В Дальнегогорском районе сформировался техногенный комплекс с ярко выраженной спецификой негативного воздействия на окружающую природную среду и состояние здоровья населения. Техногенное воздействие на атмо-, био-, гео- и гидросферу спо-

способствует накоплению в трофических цепочках рудных и токсичных элементов. Последнее приводит к экологическим проблемам и даже катастрофам, одной из которых является высокая заболеваемость в районе исследования, что подтверждается результатами экологического и медико-экологического исследования.

Заболеваемость в районе за исследуемый тринадцатилетний период (1988-2001 гг.) имеет общую тенденцию непрерывного роста, хотя отмечаются некоторые пики и спады в отдельные годы.

Наиболее характерными заболеваниями в исследуемом районе являются болезни: периферической нервной системы, психических расстройств, органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки, сердечно-сосудистой системы (инфаркт миокарда) и почечнокаменные, нервной системы и органов чувств, при этом показатели некоторых заболеваний превышают краевые в 1,5-2 раза. Уровень детской заболеваемости постоянно и значительно выше взрослой заболеваемости.

Сложившаяся экологическая ситуация характеризуется как неблагоприятная. Загрязнение наносит экономический ущерб. Ставится вопрос о необходимом проведении ряда рекультивационных, природоохранных, оздоровительных и других мероприятий. Очевидно, что только в том случае, если эти мероприятия будут воплощены и реализованы, то экологическая обстановка, а значит и здоровье населения в Дальнегорском районе, могут улучшиться.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова В.Н., Елпатьевский П.В. Возможность решения некоторых экологических вопросов при геологоразведочных работах // Тихоокеанская геология, № 3, 1992. С. 134-139.
2. Бортникова С.Б. Геохимия тяжелых металлов в техногенных системах (вопросы формирования, развития и взаимодействия с компонентами экосферы) / Автореф. дис. ... докт. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2001. 48 с.
3. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 года. Экологическая программа. Часть 2. Владивосток: ДВО РАН, 1993. 301 с.
4. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. – М.: Наука, 1993. 252 с.
5. Елпатьевский П.В. Металлоносность техногенных вод рудных месторождений Приморья // Геология и горное дело в Приморье в прошлом, настоящем и будущем. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 26-29.



6. *Зверева В.П.* Техногенная минерализация зоны гипергенеза оловорудных месторождений // Новые данные по магматизму и металлогении Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, 1998. С. 145-153.

7. *Зверева В.П.* Экологические последствия гипергенеза и техногенеза на оловорудных месторождениях // Геология и горное дело в Приморье в прошлом, настоящем и будущем. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 29-31.

8. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов. – М.: Экология, 1994. Т. 1. 304 с.

9. *Качур А.Н.* Некоторые особенности методов составления ландшафтно-геохимических карт на районы с интенсивным техногенезом // Сихотэ-Алинский биосферный район: принципы и методы экологического мониторинга. Владивосток, 1981. С. 136-143.

10. *Косолапов А.Б., Лозовская С.А., Шахова Н.Е., Юдина Т.П.* Техногенные микроэлементозы. Владивосток: ДВГАЭУ, 2001. 108 с.

11. *Кику П.Ф., Дегтярева Н.Е., Журавская Н.С.* Экологические факторы и состояние здоровья жителей промышленных центров Приморского края // Здоровье населения Приморского края Владивосток, 1997. Гл. 3. С 126-137.

12. *Кику П.Ф., Журавская Н.С., Белик Л.А.* Состояние здоровья рабочих горно-химической промышленности // Здоровоохранение РФ, 1996, № 2. С 27-30.

13. *Тарасенко И.А., Зиньков А.В.* Экологические последствия минералогическо-геохимических преобразований хвостов обогащения Sn-Ag-Pb-Zn руд. Владивосток: Дальнаука, 2001. 185 с.

14. *Markert B., Fresenius J.* Inorganic chemical fingerprinting of the environment-reference fresh-water-a useful tool for comparison and harmonization of analytical data in fresh-water chemistry markert b // Anal. Chem., 1994. V. 349. № 697. P. 697-702.

### **Коротко об авторах**

*Зверева В.П.* – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток.

