

УДК 502/504, 553.3

ВЕСТНИК СПбГУ. СЕР. 7, 2011, ВЫП. 3, с 43-48 .

*А. М. Беляев*

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

### **Summary**

*A.M. Belyaev*

Ecological-geochemical estimate of danger from mineral deposits.

Ekologo-geochemical danger of pollution of surrounding environment a waste of mining manufactures should be expressed through risk of emissions of polluting substances.

Keywords:

Ecological geology, ekologo-geochemical danger, deposit, toxicity, classes of danger of a waste, limits on placing of a waste, risks, ecological insurance.

### **АННОТАЦИЯ**

Эколого-геохимическую опасность при разработке месторождений полезных ископаемых представляют собой отходы горного производства: шламо- и хвостохранилища, отвалы убогих руд и вскрышных пород. Опасность загрязнения окружающей природной среды отходами горнодобывающих производств должна быть выражена через риск выбросов загрязняющих веществ. При этом риск такого неблагоприятного события следует оценивать с учетом не только его вероятности, но и возможного нанесенного ущерба.

Горные породы и, как частный случай, месторождения полезных ископаемых являются источниками токсичных химических элементов и их соединений, которые, поступая в окружающую среду, могут оказывать вредное действие на биоту и в том числе на организм человека. Появление и развитие многих урбанизированных территорий в нашей стране связано с освоением месторождений полезных ископаемых, которые являются не только градообразующими, но и

вливают на экологические условия существования населения. Экологически опасные геологические объекты и сопряженные с ними предприятия по переработке минерального сырья часто находятся вблизи или в пределах урбанизированных территорий и могут наносить значительный ущерб экосистемам и населению. Так за последнее десятилетие только в Венгрии произошли две крупные экологические катастрофы, связанные с переработкой минерального сырья. В 2000 году по вине золотодобывающей компании Esmeralda Exploration произошла большая утечка цианида, используемого при добыче золота и серебра. В результате около двух миллионов человек лишились питьевой воды, серьезный ущерб нанесен окружающей среде. Погибло огромное количество птиц и диких животных, на поверхность Дуная всплыли десятки тонн рыбы. В 2010 году на крупном заводе по производству алюминия разрушился резервуар с токсичными отходами, и около миллиона кубометров красного шлама залили более сорока квадратных километров – три города, газопровод и железнодорожные пути. Ущерб от этих катастроф оценивается в десятки миллионов долларов.

Поэтому, для эффективной защиты здоровья людей, окружающей среды и рационального недропользования весьма актуальна разработка принципов оценки эколого-геохимической опасности месторождений полезных ископаемых и связанных с ними горно-обогатительных производств.

Существующие современные подходы к эколого-геохимической опасности месторождений полезных ископаемых в основном ограничиваются оценкой потенциальной токсичности неорганической составляющей вещества рудных месторождений и рудопроявлений, расчету количества токсичных элементов и их соединений, оцененных при разведке месторождений [1,2]. При этом, естественно, получается, что чем выше концентрации токсичных компонентов в рудах месторождения, и чем больше их запасы, тем значительнее эколого-геохимическая опасность для окружающей природной среды. Для оценки потенциальной «токсичности рудного месторождения» (показатель В.В. Иванова) некоторые авторы предлагают использовать эколого-токсикологические данные о значениях и

классах опасности химических элементов и их соединений в различных средах (атмосфера, гидросфера, почвы, геологическая среда) и расчет «экогеохимичности» и «экоминералогичности» руд месторождения с учетом «литотоксичности» и устойчивости минеральных фаз [1,2].

Для того чтобы яснее представить объект эколого-геохимической оценки потенциальной опасности месторождений рассмотрим схему параметров месторождения полезных ископаемых и возможностей его негативного воздействия на окружающую природную среду.

Месторождение полезного ископаемого называется участок земной коры, в котором, в результате геологических и/или антропогенных процессов, произошло образование (накопление) органического или минерального вещества, по количеству, качеству, условиям залегания и экологическим условиям безопасности пригодного для промышленного использования.

Полезные ископаемые используются для нужд народного хозяйства или непосредственно (например, строительные материалы) или для извлечения минералов, химических элементов или их соединений. При этом качество минерального вещества, идущего на переработку, определяется содержанием в нем ценных компонентов и вредных, которые мешают технологическому процессу извлечения, или переработки сырья. При оценке эколого-геохимической опасности месторождений минерального сырья основное внимание уделяется токсичным химическим элементам и их соединениям, которые представляют опасность для биосферы, как правило, при извлечении из недр Земли полезных ископаемых. Опасные для человека и биоты аномальные геохимические поля чаще всего связаны с изменением химизма горных пород, при извлечении из литосферы токсичных элементов, а также накоплением в процессе переработки и обогащения первичного минерального сырья токсичных подвижных соединений в отходах горнорудного производства [3-6].

При разведке и эксплуатации месторождения полезных ископаемых могут образовываться следующие геохимические аномалии токсичных элементов:

1. Литогеохимические аномалии в горных породах и отходах горнорудного производства.

2. Атмогеохимические аномалии – радон, метан, сероводород и др.

3. Гидрогеохимические аномалии в результате загрязнения подземных и поверхностных вод.

4. Геохимические аномалии в донных отложениях

5. Биогеохимические аномалии в почвах и растительности.

Последние четыре типа геохимических аномалий токсичных элементов связанные с разработкой месторождения приводят к выбытию природных ресурсов из целевого использования или ухудшению их качества (например, засоление почв при разработке соляных месторождений [7]), вызванного деятельностью горнодобывающих предприятий, и регламентируются системой платежей, штрафами и другими экономическими санкциями за нарушение норм рационального природопользования.

Геохимические аномалии, образовавшиеся в горных породах можно подразделить на два типа:

1. Геохимические аномалии в горных породах на месте отработки месторождения.

2. Геохимические аномалии в отходах горного производства.

Эколого-геохимическая оценка геохимических аномалий токсичных элементов в горных породах на месте отработки месторождения практически невозможна, так как по механизму опробования и экономическим затратам это сравнимо с работой по подсчету запасов полезного ископаемого. После разработки месторождения на стадии рекультивации и реабилитации геологической среды ухудшение геодинамических, геофизических и гидрохимических параметров также регламентируются системой платежей, штрафами и другими экономическими санкциями за нарушение норм рационального природопользования.

Поэтому реальную эколого-геохимическую опасность связанную с разработкой месторождения представляют собой отходы горного производства: шламо- и хвостохранилища, отвалы убогих руд и вскрышных пород. Именно эти породы, часто представляющие собой мелко раздробленные высокодисперсные грунты, интенсивно

окисляющиеся в зоне аэрации и содержащие остатки химических реагентов флотационного обогащения руд, могут стать источниками токсичных химических элементов и их соединений, загрязняющих окружающую природную среду. Для оценки вредного воздействия токсичных отходов на среду обитания и здоровье человека разработаны и введены в действие ряд санитарно гигиенических правил и постановлений правительства, регламентирующих критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды [8]:

Согласно этим действующим в настоящий момент правилам по степени воздействия на человека и окружающую среду отходы распределяются на пять классов опасности, представленные в таблице.

Таблица.

Нормативы платы за размещение отходов добывающей промышленности [8]

| Вид отходов<br>(по классам опасности для<br>окружающей среды) | Норматив платы за размещение<br>1 тонны отходов<br>(в пределах установленных лимитов) руб. |                              |
|---|--|------------------------------|
|   | Базовый<br>норматив 2003 г   | Расчетный<br>норматив 2010 г |
|   | <b>I класс</b> опасности (чрезвычайно)   | 1739,2                       |
| <b>II класс</b> опасности (высоко опасные)                    | 745,4  | 1334,3                       |
| <b>III класс</b> опасности (умеренно)                         | 497  | 889,6                        |
| <b>IV класс</b> опасности (малоопасные)                       | 248,4  | 444,6                        |
| <b>V класс</b> (практически неопасные)                        | 0,4  | 0,72                         |

Примечание: нормативы платы установленные в 2003 г. Постановлением N 344, применяются в 2010 г. с коэффициентом 1,79 [8]

Класс опасности отхода может быть определен расчетным методом, если известен качественный и количественный состав отхода. Отнесение отхода к классу опасности расчетным методом осуществляется на основании величины суммарного индекса опасности  $K$ , рассчитанного по сумме показателей опасности веществ, составляющих отход ( $K_i$ ). Показатель опасности компонента отхода  $K_i$  рассчитывается как отношение концентрации компонента отхода  $C_i$  (мг/кг) и коэффициента степени опасности компонента  $W_i$ .

$$K_i = C_i/W_i$$

С базой данных компонентов отходов (включающей в себя информацию по 8155 опасным компонентам) можно ознакомиться в сети Интернет [9]

Суммарный индекс опасности  $K$  равен сумме  $K_i$  всех компонентов отхода:  $K = \sum K_i = K_1 + K_2 + K_3 + K_n$ .

Компоненты отходов, состоящие из таких химических элементов, как кремний, титан, натрий, калий, кальций, углерод, фосфор, сера в концентрациях, не превышающих их кларковые содержание в основных типах горных пород, относятся к практически безопасным компонентам.

В настоящее время существует несколько коммерческих программ для расчета класса опасности отходов, разработанные НПП «Логус», фирмой «Интеграл» и др. Программы дают возможность расчета класса опасности отхода по СП 2.1.7.1386-03 и включают справочную базу данных от 500 до 11000 опасным компонентам отходов с информацией по опасным свойствам.

Экспериментальный метод позволяет определить класс опасности отхода как единого целого с учетом комбинированного, комплексного действия его компонентов и продуктов их трансформации на здоровье человека и среду его обитания. При этом, обязательными этапами оценки опасности отхода являются исследования по идентификации его химического состава и экотоксикологические исследования на водных организмах (биотестирование) характеризующие уровень токсикологической опасности отхода.

Таким образом, эколого-геохимическая оценка горной массы месторождения полезных ископаемых практически сводится к эколого-геохимической оценке опасности хранения отходов горного производства, определяемой санитарными правилами. Складирование таких отходов недропользователь оплачивает исходя из степени их токсичности (таблица).

Вместе с тем, отходы горнорудного производства в зависимости от степени их опасности должны храниться в специальных гидротехнических сооружениях шламохранилищах, хвостохранилищах, терриконах. При этом нормативы платы за размещение отходов производства и потребления в пределах

установленных лимитов применяются с использованием: коэффициента 0,3 при размещении отходов на специализированных полигонах и промышленных площадках, оборудованных в соответствии с установленными требованиями и расположенных в пределах промышленной зоны источника негативного воздействия.

В случае загрязнения отходами окружающей среды недропользователь производит соответствующие платежи за выбросы веществ загрязняющих природную среду в соответствии с существующей системой платежей за природопользование.

После окончания разработки месторождения отходы горнорудного производства в зависимости от степени их опасности должны быть либо обезврежены (переработаны) либо рекультивированы и возвращены в систему природопользования. Однако именно во время хранения отходы представляют наибольшую потенциальную эколого-геохимическую опасность загрязнения токсичными химическими элементами и их соединениями окружающей природной среды.

Естественно, чем большее количество токсичных отходов находится во временных хранилищах, тем большую эколого-геохимическую опасность для окружающей среды они собой представляют. Это особенно актуально, когда отходы складированы вблизи или в пределах урбанизированных территорий. Значительную роль в потенциальной опасности отходов для окружающей среды играют геоэкологические факторы изменения состояния различных сред такие как:

1. Эколого-геодинамические – сели, оползни, проседания земной поверхности, оврагообразование, землетрясения (в том числе и техногенные), цунами и пр., приводящие к физическому разрушению гидротехнических сооружений хранилищ отходов и загрязнения ими окружающей среды;

2. Эколого-метеорологические (климатические) – смерчи, проливные дожди, засухи, промерзание и пр. также приводящие либо к физическому разрушению гидротехнических сооружений хранилищ, либо к выбросам и загрязнению отходами окружающей природной среды;

3. Эколого-геоморфологические – ландшафтно-экологические условия размещения гидротехнических сооружений хранилищ (на склонах, в поймах рек);

4. Эколого-социальные – условия размещения гидротехнических сооружений хранилищ в пределах урбанизированных территорий или вблизи населенных пунктов, возможность их случайного или намеренного разрушения в результате халатности или террористической деятельности.

Таким образом, потенциальная эколого-геохимическая опасность загрязнения окружающей природной среды отходами горнодобывающих производств должна быть выражена через риск выбросов загрязняющих веществ. При этом риск такого неблагоприятного события следует оценивать с учетом не только его вероятности, но и возможного нанесенного ущерба.

Вероятность события или процесса здесь выступает одним из компонентов риска, а мера последствий (ущерба) – другим [9]. Так как факторов, влияющих на условия сохранности гидротехнических сооружений хранилищ отходов достаточно много необходимо оценить риск от каждого из них.

Оценка риска загрязнения ОПС отходами горнодобывающих производств нужна как собственнику отходов, которому придется возмещать причиненный ущерб, так и населению урбанизированных территорий. Если предприятие – загрязнитель ОПС не в состоянии возместить ущерб, нанесенный окружающей природной среде, например, когда предприятие обанкротилось, то для разрешения подобных ситуаций должен быть разработан специальный механизм по экологическому страхованию. Согласно статье 18 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ под экологическим страхованием понимается страхование, которое осуществляется в целях защиты имущественных интересов юридических и физических лиц на случай экологических рисков. Помимо добровольного экологического страхования в Российской Федерации может осуществляться и обязательное государственное экологическое страхование.



Обязательное экологическое страхование (страхование ответственности за нанесение вреда окружающей среде) является страхованием гражданской ответственности владельцев потенциально экологически опасных объектов в связи с необходимостью возмещения третьим лицам ущерба в случае технологической аварии или катастрофы. В рамках такого страхования страховая компания предоставляет страховую защиту гражданской (имущественной) ответственности страхователя за ущерб, причиненный третьим лицам в результате внезапного, непреднамеренного и неожиданного загрязнения окружающей природной среды.

Представляется весьма актуальным введение на законодательном уровне системы обязательного государственного экологического страхования горно-геологической деятельности (типа «обязательного страхования автогражданской ответственности») для юридических лиц. Эта актуальность определяется огромным количеством горной массы, ежегодно извлекаемым на поверхность. По некоторым данным на каждого человека Земли ежегодно извлекается от 20 до 40 т горной массы [10]. При этом размеры страховых платежей обязательного экологического страхования должны определяться:

1. степенью токсичности отходов горнорудного производства;
2. количеством токсичных отходов
3. интегральным риском опасного изменения эколого-геологического состояния различных сред, могущих привести к загрязнению отходами ОПС.

Если первые два параметра вполне можно численно определить, то принципы определения интегрального риска опасного изменения состояния различных сред – геологической, гидрогеологической и метеорологической еще необходимо разработать.

Эколого-геохимическая оценка потенциальной опасности месторождений необходима недропользователю как до начала разработки месторождения, так и при его последующей эксплуатации и реабилитации.

## Литература

1. Голева Р. В., Иванов В. В., Куприянова И. И., Маринов Б. Н., Новикова М. И., Шпанов Ё. П., Шурига Т. Н. Экологическая оценка потенциальной токсичности рудных месторождений (методические рекомендации). ВИМС, М., 2001, 53с.

2. Пухаева З.Э. К вопросу определения суммарного коэффициента экологической опасности рудных скоплений (на примере колчеданно-полиметаллических месторождений) //Материалы V Межвузовской студенческой конференции “Школа экологической геологии и рационального недропользования” СПб, СПбГУ, 2004, с.185-186.

3. Беляев А.М. Принципы отображения эколого-геохимического состояния литосферы на мелкомасштабных электронных эколого-геологических картах //Материалы международной конференции «Науки о Земле и образование»СПб., СПбГУ, 2002, с. 24 – 26.

4. Беляев А.М. Оценка потенциальной эколого-геохимической опасности горных пород для целей крупномасштабного эколого-геохимического картирования //Научные чтения имени академика Ф.Ю. Левинсона-Лессинга, СПб., 2006, с. 41-42.

5. Беляев А.М. Методологические подходы к оценке эколого-геохимической опасности промышленных месторождений полезных ископаемых //Материалы международной конференции «Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов», г. Пермь, 2005, с. 18-22.

6. Беляев А.М. Эколого-геохимическая опасность месторождений полезных ископаемых //Материалы научной конференции «Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей» СПб., СПбГУ, 2005., с. 309-315.

7. Куриленко В.В. Современные бассейны эвапоритовой седиментации. Геология. Гидрогеология. Генезис. Рациональное недропользование и охрана окружающей среды. СПб.: Изд. С.-Петербургского университета, 1999, 256 с.

8. *Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 г. N 344 "О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления"*.

9. [http://www.integral.ru/download/other/dang\\_ki.zip](http://www.integral.ru/download/other/dang_ki.zip)

10. Ваганов П.А. Человек. Риск. Безопасность. СПб, Изд-во С-Петербургского. ун-та, 2001,160 с.

11. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А., Богословский В.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А., Хачинская Н.Д., Цуканова Л.А., Касьянова Н.А., Красилова Н.С. Экологические функции литосферы (Под ред. В.Т. Трофимова). Изд-во Моск. ун-та, М., 2000. 432 с.

Статья поступила в редакцию 30 декабря 2010 г.