

УДК 622:502

Г.В. Сабянин

АНАЛИЗ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОГРАНИЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ НЕДР

В статье рассмотрены специфические особенности образования техногенных факторов при подземной разработке жильных месторождений и даны представления о влиянии типа биологического сообщества на характер и глубину техногенных изменений биоты при воздействии этих факторов.

Ключевые слова: месторождение, окружающая среда, полезные ископаемые, литосфера, горная порода.

В процессе освоения минеральных ресурсов недр наиболее масштабным качественным и количественным изменениям подвергается литосфера, часть которой, имеющая хозяйственную ценность на современном этапе развития цивилизации, извлекается на поверхность и включается в оборот вещества и энергии антропогенных систем жизнеобеспечения человека.

Исходя из определения понятия ущерба, как «...результата негативного изменения, в результате каких-либо действий или событий, состояния объектов, выражающегося в нарушении их целостности или ухудшения других свойств, фактические или возможные социальные и экономические потери, и ухудшение природной или окружающей человека среды...», экологические последствия ущерба, наносимого недрам при освоении их минеральных ресурсов, можно представить в виде двух составляющих:

- негативное изменение состояния литосферы, вплоть до полного разрушения отдельных её участков;
- ухудшение природной или окружающей человека среды, вследствие изменения состояния литосферы.

Применительно к первому случаю все многообразие технических и технологических решений, используемых при освоении месторождений твёрдого минерального сырья, можно объединить в несколько групп, каждая из которых по-своему влияет на изменение свойств природных объектов литосферы, характеризуется определенными геомеханическими параметрами, динамикой и масштабами последствий техногенного вторжения в литосферу.

Для каждой из групп характерны свои, только ей присущие способы техногенного изменения свойств участков литосферы и специфические последствия, проявляющиеся при восстановлении равновесия в техногенно измененных участках недр после завершения процессов добычи полезных ископаемых.

К первой группе относятся технические и технологические решения, связанные с образованием полостей различной конфигурации в недрах литосферы, которые обладают природной способностью противостоять возмущению исходного поля напряжений, вызванному появлением полостей. Возникающие на контуре выработок напряжения и деформации

со временем релаксируют без сколько-нибудь заметного влияния на окружающий массив. Время существования таких выработок может исчисляться столетиями, и они не вызывают существенных изменений в окружающих их природных объектах (образованиях) литосферы. Сюда относятся выработки различного назначения при подземном строительстве, очистные выработки при добыче штучного камня, каменной соли, руд черных и цветных металлов, особенно при разработке месторождений под дном морей и водоемов, когда несущие целики рассчитываются на длительную прочность с большим запасом. Этот способ выемки характеризуется низким (около 30—40 %) извлечением полезного ископаемого; основная масса запасов месторождения при этом сосредоточена в целиках.

Развитие возмущений в литосфере при таком способе техногенного воздействия ограничивается поверхностными изменениями на контуре выработок и оставленных несущих опор, а вся картина перераспределения напряжений исходного поля охватывает незначительную часть массива, непосредственно прилегающую к выработанному пространству. Поведение таких выработок хорошо описывается классическими задачами теории упругости.

Ко второй группе относятся наиболее распространенные в угольной промышленности, черной и цветной металлургии, на предприятиях химической промышленности технологии добычи минерального сырья с обрушением налегающей толщи пород. Различные модификации данного способа разработки применяются при выемке пологих, наклонных и крутых залежей любой формы, начиная с поверхности и до глубин, исчисляемых

тысячей и более метров. Основная отличительная черта этих технологий — обязательное обрушение налегающей толщи пород вслед за выемкой полезного ископаемого. Отработка месторождения осуществляется планомерно сверху вниз при выемке крутопадающих либо наклонно-падающих рудных тел (пластов) от центра к флангам или от одного фланга к другому при выемке пологих залежей (пластов).

В результате, по мере отработки месторождения происходят заполнение выработанного пространства обрушенными вмещающими породами, развитие зон неупругих перемещений за зоной непосредственного разрыхления пород и образование мульды сдвижения пород на поверхности. Эти процессы развиваются параллельно с отработкой месторождения, после чего происходят постепенное затухание необратимых деформаций во вмещающих породах и уплотнение обрушенных пород внутри мульды сдвижения.

В целом модель техногенного вторжения такого рода может рассматриваться как объём определенных размеров, изменение которого сопровождается необратимыми процессами в ближней зоне и последующим её уплотнением за счет распространения неупругого расширения (разрушения) пород вглубь массива. Границы зоны техногенного изменения пород литосферы определяются условием достижения равновесия между величиной реакции бокового распора нетронутого массива и отпором, создаваемым обрушенными и уплотненными породами зоны обрушения.

Третья группа технологий разработки месторождений минерального сырья связана с заполнением вырабо-

танного пространства искусственно получаемым материалом с определенными прочностными и деформационными свойствами. Иногда для уменьшения величины деформаций налегающей толщи пород и сокращения затрат на создание искусственного материала в выработанном пространстве оставляют регулярные вертикальные целики, работающие за пределом прочности. Размещенные в массиве закладки, они выполняют роль арматуры, изменяя деформационные свойства материала, заполняющего выработанное пространство.

Аналогичным образом происходит деформирование вмещающих пород при разработке нефтяных и газовых месторождений, когда по мере выработки нефти и газа снижается противодействие давлению налегающих пород, и они плавно оседают над продуктивной толщей на величину, соизмеримую с изъятым объемом. Таким образом, третья модель техногенного вторжения в литосферу характеризуется тем, что материал литосферы замещается техногенным материалом с известными (заданными) прочностными и деформационными свойствами, которые определяют масштабы переходной зоны, формирующей техногенно измененные недра как новый литосферный объект. По характеру релаксационных процессов эта модель занимает промежуточное положение между двумя представленными выше [1].

Вторая составляющая экологических последствий от ущерба, наносимого литосфере в процессе освоения её минеральных ресурсов, включает в себя изменения окружающей среды (геологической, биологической, антропогенной...), вызванные разрушением части литосферы в хозяйственных целях. Систематизация экологически значимых техногенных

факторов при различном состоянии выработанного пространства приведена в табл. 1, из которой видно, что ущерб, наносимый окружающей среде, определяется: изменением состояния выработанного пространства; конструктивным оформлением систем разработки; порядком развития горных работ; применяемой технологией добычи полезного ископаемого.

Наибольшие экологические последствия имеют геотехнологии с обрушением подрабатываемых толщ. Если отношение глубины ведения горных работ к мощности отработываемой залежи меньше 20, то на поверхность выходят зоны обрушения и разломов и возможность ограничения их развития практически исключена. Сохранение поверхности и водупорных оснований в этом случае возможно только отказом от обрушения. В случае выхода на поверхность или под водупорное основание зоны активных трещин, развитие обрушения можно ограничить периодическим оставлением естественных или искусственных барьерных толщ. Для исключения образования опасных в отношении разрыва пластов при крутых их изгибах в краевых частях мульды сдвижения необходимо создавать переходные зоны постепенно нарастающего сопротивления барьерных толщ [2].

При попадании поверхности в зону плавного оседания необходимость ограничения его величины может возникнуть в районе близкого расположения грунтовых вод.

Для ограничения объемов хранения отходов необходимо сокращение разубоживания, что достигается применением избирательной выемки, улучшением качественных показателей отбойки, выдерживанием плановых выпусков, а при значительном

Таблица 1

Структура экологического ущерба при различных состояниях выработанного пространства в литосфере

Состояние выработанного пространства	Техногенное изменение жизнеобеспечивающих факторов для элементов биоты			Загрязнение биотопа агентами ранее в нем не присутствовавшими			Прямое уничтожение элементов биоты	
	степень поражения						сильное	полное
	фоновое	слабое	умеренное	слабое	умеренное	сильное		
Поддержание покидаемыми целикам	Привнесение нейтральных поллютантов с шахтными водами и продуктами водной и ветровой эрозии хранилищ отходов и поверхностей лишенных растительного покрова.			Привнесение фито- и зоотоксичных поллютантов с шахтными водами и продуктами водной и ветровой эрозии хранилищ отходов, вентиляционными выбросами и протечками из хвостохранилищ и отстойников.			Создание коммуникаций, строительные работы, складирование отходов.	
Заполнение закладочным материалом	Изменение режима почвенно-грунтовых вод. Привнесение нейтральных поллютантов с шахтными водами и продуктами эрозии поверхности лишенной растительного покрова.			Привнесение фито- и зоотоксичных поллютантов с шахтными водами, вентиляционными выбросами и протечками из отстойников.			Заболачивание поверхности. Создание коммуникаций, строительные работы. Добыча закладочных материалов карьерами.	
Обрушение а) оседание поверхности б) обрушение поверхности	а, б) Изменение режима почвенно-грунтовых вод. Привнесение нейтральных поллютантов с шахтными водами и продуктами водной и ветровой эрозии хранилищ отходов и поверхностей лишенных растительного покрова.			а, б) Привнесение фито- и зоотоксичных поллютантов с шахтными водами и продуктами водной и ветровой эрозии хранилищ отходов вентиляционными выбросами и протечками из хвостохранилищ и отстойников.			а) Заболачивание поверхности б) Обрушение поверхности. Нарушение гидрологической сети и поверхностных водоемов. Создание коммуникаций, строительные работы. Складирование отходов.	

76 Таблица 2

Источники ущерба окружающей среде и возможности управления ими

Источники воздействия	Форма воздействия	Поражаемые элементы биоты	Характер поражения	Характер эффективного управления	Формы расширения зоны воздействия	Факторы, вызывающие расширение зоны воздействия	Характер эффективного управления
Выработанное пространство	Обрушение подрабатываемых пород	Поверхность Земли	Провалы	Исключение	Эрозия земной поверхности и почв	Поверхностный сток атмосферных осадков в зону обрушения	Локализация
					Засорение пылью почв и поверхностных вод	Воздушные потоки	Ограничение
		Водные объекты на поверхности и водоносные толщи	Дренаж	Исключение, локализация	Расширение депрессионной воронки	Уменьшение питания водных объектов	Локализация, ограничение
	Оседание пород с образованием трещин в водоупорных основаниях	Водные объекты с нарушенным водоупорным основанием	Дренаж	Исключение, локализация	Расширение депрессионной воронки	Уменьшение питания водных объектов	Локализация, ограничение
Хранилища отходов	Создание ландшафтных новообразований	Поверхность Земли	Загромождение	Исключение, локализация	Засорение почв, грунтовых, поверхностных и подземных вод пылью и зоо- и фитотоксичными компонентами	Воздушные потоки. Протечки жидких фракций. Стоки атмосферных осадков	Исключение, локализация
					Подтопление почв	Протечки жидких фракций	Исключение

Окончание табл. 2

Источники воздействия	Форма воздействия	Поражаемые элементы биоты	Характер поражения	Характер эффективного управления	Формы расширения зоны воздействия	Факторы, вызывающие расширение зоны воздействия	Характер эффективного управления
Шахтные воды	Образование источника поступления засоренных вод	Водные объекты на поверхности. Грунтовые воды. Почвы.	Засорение нейтральными биологическими, зоо- и фитотоксичными компонентами	Локализация, ограничение	Накопление зоо- и фито-токсичных компонентов в данной части и бентосе поверхностных водных объектов	Химическая стойкость токсичных компонентов. Малая скорость потока вод поверхностных водных объектов. Длительный срок поступления засоренных вод.	Локализация, ограничение
Вентиляционные выбросы	Образование источника поступления загрязненных воздушных потоков	Воздушный бассейн. Почвы. Водные объекты на поверхности	Засорение нейтральными газовыми и пылевыми добавками. зоо- и фитотоксичными компонентами	Ограничение	Накопление осаждающейся пыли в почвах	Длительный срок поступления загрязненных воздушных потоков	Ограничение

конструктивном разубоживании — исключением из зоны выпуска отбитых пород.

Отработка с закладкой может сопровождаться осадкой подрабатываемых толщ, прогибом поверхности и изменением режима почвенно-грунтовых вод. В связи с этим, основным принципом управления экологическим воздействием горных работ при поддержании выработанного пространства закладкой является ограничение сдвигания подрабатываемых толщ. Сдвигание подрабатываемых толщ можно ограничить, увеличивая плотность закладки и полноту заполнения выработанного пространства. Это достигается принятием восходящего порядка выемки выемочных единиц и уменьшением их размеров по площади, своевременным заполнением выработанного пространства закладкой и порядком развития очистных работ в шахтном поле, исключая деформацию закладочных массивов, а также применением твердеющих закладочных смесей, обладающих соответствующими прочностными и деформационными характеристиками.

Вместе с тем, существует целая группа техногенных факторов, имеющих косвенную связь с ущербом, наносимым литосфере при добыче полезных ископаемых. Как правило, эти факторы почти невозможно устранить путем изменения состояния выработанного пространства. В первую очередь следует отметить создание коммуникаций и работы по строительству поверхностного комплекса и поселка. Эти источники присутствуют любому промышленному освоению района и не могут быть охарактеризованы как типичные только для горнодобывающего предприятия. Характерна здесь лишь привязка к ме-

сторождению, что ограничивает иногда возможность охраны участков биотопа, особо важных для сохранения экосистемы. По поражаемым площадям это наиболее значимые факторы и снижение их экологических последствий возможно лишь ограничением воздействия, рациональным конструированием коммуникаций и поверхностного комплекса и регулированием условий их эксплуатации.

При всех геотехнологиях невозможно исключить выдачу на поверхность шахтных вод и воздуха от проветривания горных выработок. Их воздействие на окружающую среду может быть лишь локализовано или ограничено. Добыча горно-металлургического сырья обычно сопровождается формированием в природных биотопах значительных по занимаемой площади хранилищ твёрдых отходов горного и обогатительного производств, в которых, на современном уровне развития технологий концентрируется 70—90 % и более общего объёма вещества, добытого из литосферы [3].

Характерной особенностью основных техногенных факторов горного производства является развитие и расширение во времени размеров зон экологического ущерба. Поэтому мероприятия по снижению этого ущерба должны быть направлены либо на полное устранение источников воздействия, либо на ограничение их интенсивности биологически обоснованными нормами. В табл. 2 представлены источники воздействия на окружающую среду, характерные для подземных горных работ, и факторы, вызывающие расширение зоны воздействия, если источники не исключены или хотя бы не локализованы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Замесов Н.Ф., Родионов В.Н., Куликов В.И. Структура техногенно измененных недр при их освоении // Вестник РАН. — Т. 72, № 11. — 2002. — С. 969—975.
2. Галченко Ю.П., Иофис М.А. Геомеханическая модель техногенного изменения недр и геоэкологических последствий их освоения // Экологические системы и приборы. — № 1. — 2002. — С. 19—22.
3. Сабянин Г.В. Обоснование геотехнологических методов повышения экологической безопасности освоения маломасштабных месторождений. Автореферат на соиск. уч. ст. канд.техн.наук. — М.: ИПКОН РАН, 2007. — 16 с. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Сабянин Г.В. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник учреждения Российской академии наук Института проблем комплексного освоения недр Российской академии наук (УРАН ИПКОН РАН); e-mail: schtrek@mail.ru.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОЕКТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Галиев Ж.К., профессор, доктор экономических наук,

Галиева Н.В., доцент, кандидат экономических наук,

Толмачев А.Г., соискатель,

Московский государственный горный университет

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2011. — № 6. — 47 с.— М.: издательство «Горная книга».

Разработан методический подход определения необходимых инвестиционных ресурсов расширения действующих предприятий россыпной золотодобычи за счет выявления наиболее перспективных проектов и выбора варианта отработки новых участков с учетом имеющихся горно-геологических и экономических условий; сформирована система финансирования отобранных инвестиционных проектов, учитывающая допустимое соотношение заемных и собственных средств и оптимальные условия кредитования, способствующие сохранению финансовой устойчивости предприятия.

Приведены примеры расчета по развитию предприятия Яно-Колымской провинции за счет формирования оптимальной системы проектного финансирования.

Galiev Z.K., Galieva N.V., Tolmachev A.G., Moscow state mining university, ud@msmu.ru
ECONOMIC RATIONALE FOR ENTERPRISE DEVELOPMENT OF PLACER GOLD MINING
BASED ON THE FORMATION OF PROJECT FINANCING SYSTEM

The methodical approach for determination of the the necessary investment of resources for an expansion of existing enterprises of placer gold mining by identifying the most promising projects and selecting the option out of new sites in the context of existing mining and geological conditions as well as economic ones is developed. The system of financing of selected investment projects is formed with the consideration of the allowable ratio of debt and equity and optimal credit conditions that maintain financial stability.

The examples of calculation for the development businesses in Yano-Kolymskaya province based on the formation of an optimal system of project financing are presented