

# Проблемы недропользования

на урбанизированных территориях  
с развитой горноперерабатывающей  
инфраструктурой



**Ю. О. Славиковская**  
канд. экон. наук,  
старший научный  
сотрудник  
ГУ ИГД УрО РАН

*Обоснована необходимость введения показателя недроемкости геотехнологий как сводного индикатора качества развития урбанизированных территорий, отражающего в целом уровень и степень антропогенного воздействия на окружающую среду горнопромышленного комплекса.  
The imposition necessary of the measure of geotechnical subsoil capacity as an aggregate indicator of quality of urban territory's development which in toto reproduce the level and extent of man impact to environment by mine production is environment.*

**Ключевые слова:** горнопромышленный комплекс, урбанизация территорий, геотехнологии, техногенное воздействие и трансформация недр, экономической ущерб, недроемкость.

**Keywords:** mine production, urban of territory, geotechnology, technogeneus influence, transformation of subsoil, economies losses, subsoil capacity.

**Д**обыча и переработка минеральных ресурсов – безальтернативная основа развития цивилизации на современном уровне и одновременно источник ее экологических проблем, поскольку любая из традиционных геотехнологий (открытый, подземный, комбинированный способ разработки месторождений) связана с изменением в той или иной степени количественного и качественного состояния недр.

В результате деятельности горнодобывающего предприятия в процессе извлечения полезного компонента из недр совместно с рудой извлекаются огромные объемы горной массы и образуются в недрах техногенные пустоты. Так, в среднем на 1 т выплавленного железа приходится 1,9 т горной массы и руды, для получения 1 т меди – 95 т, а для получения 1 т серебра – 1300 т.

Разработка месторождений полезных ископаемых при любых традиционных геотехнологиях связана с нарушением сплошности структуры недр, что вызвано в первую очередь образованием техногенных пустот.

Объемы выработанного пространства на крупных железорудных карьерах России достигают на сегодня огромных размеров, нарушая при этом единство природы недр и ландшафт местности. Так, объемы выработанного пространства Стойленского ГОКа к 2009 г. составили 920 740 тыс. м<sup>3</sup>, а на Михайловском ГОКе их прирост только за 2009 г. составил 19 192 тыс. м<sup>3</sup>. При этом площади нарушенных земель на этих ГОКах составляют соответственно за этот период 2939 и 6388,3 га.

Недра не являются чисто пассивным объектом воздействия человека, их природа обладает реактивной способностью противостоять этим действиям, когда они нарушают механизм ее устойчивого развития.

Одной из актуальных проблем при ведении крупномасштабных работ в высоконапряженных массивах скальных пород является техногенная сейсмичность, влекущая за собой не только катастрофические технико-экономические последствия, но и приводящая в ряде случаев к человеческим жертвам.

Техногенные землетрясения происходили в Германии, США, ЮАР и ряде других стран. В России в 1989 и 1993 гг. на Кировском руднике ОАО «Аппатит» произошли два мощных техногенных землетрясения с магнитудой около 4. В 1995 г. техногенное землетрясение произошло в районе карьера Центрального рудника с магнитудой 3–4. Все это является прямым следствием изменения геодинамического режима геологической

среды под влиянием ведения крупномасштабных горных работ.

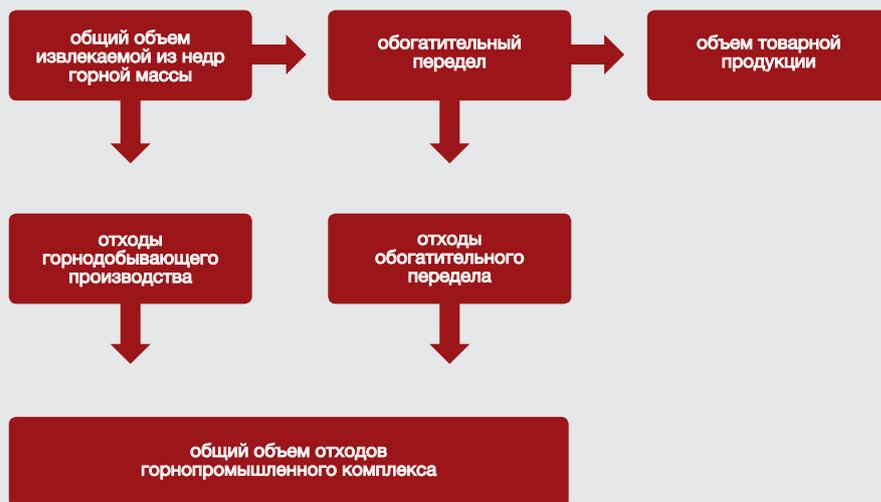
Усугубляют трансформацию недр и тектонические пульсирующие напряжения, вызванные расширением и сжатием земной коры, которые являются грозной силой для горных выработок и связаны с массовым обрушением горных пород. Спрогнозировать расчетами напряженно-деформированное состояние такой конструкции чрезвычайно сложно.

С другой стороны, горнопромышленный комплекс является примером градообразующей отрасли, в связи с чем, его территория характеризуется высоким уровнем урбанизации. Примером может служить Уральский регион – старейший горнозаводской район России, который и в настоящее время остается важнейшим горнодобывающим районом страны, на базе полезных ископаемых которого создана местная металлургическая, химическая и машиностроительная промышленность. По запасам полезных ископаемых Урал занимает одно из ведущих мест в мире, а по отдельным видам минерального сырья является монополистом.

Уральский федеральный округ по запасам железных руд (6,7 млрд т) является вторым в России. Медные и медноцинковые, колчеданные руды Урала составляют значительную часть запасов РФ. В пределах Уральского региона на балансовом учете состоит 55 месторождений меди. В Пермском Предуралье расположено крупнейшее в России Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, запасы которого составляют 60,5% запасов их на территории бывшего Советского Союза, и целый ряд других месторождений рудного и нерудного сырья.

На базе этих месторождений выросли крупные градообразующие комплексы, месторождения калийных солей – города Березники, Соликамск, железных руд – г. Качканар, бокситов – г. Североуральск, асбеста – г. Асбест, Гайского, Учалинского и Сибайского меднорудных месторождений города Гай, Учалы, Сибай, и целый ряд городов и поселков на базе угольных месторождений – города Кизел, Губаха, Коркино и т.д.

В результате интенсивного недропользования на Урале сложилась острая экологическая ситуация, а в отдельных районах близкая к катастрофической. Так, по шкале МЧС в Челябинской области, где эксплуатация золота и меднорудных месторождений, которая длилась более двух веков с применением ртути, привела к возникновению в районе г. Карабаш глобальной экологической катастрофы.



**Рис. 1.** Схема движения общего объема извлекаемой горной массы из недр при отработке месторождения

В то же время металлургический комплекс Урала испытывает острый дефицит в сырьевых ресурсах, что предопределяет необходимость развития местной сырьевой базы, а отсюда и дальнейший рост интенсивности эксплуатации недр, которые в результате более чем двухвековой эксплуатации уже претерпели существенные изменения. Не зря академик В. И. Вернадский называл человечество движущей геологической силой, вызывающей существенную деформацию природного состояния недр.

В УГГУ коллективом ученых (проф. О. Н. Грязнов и др.) выполнен большой комплекс исследований по изучению и оценке состояния геологической среды урбанизированных территорий Урала, в результате которых установлено, что огромное негативное воздействие на компоненты геологической среды оказывает разработка месторождений полезных ископаемых.

Так, техногенная трещиноватость, изменение влажности и температурного режимов на шахтах СУБРа обусловили снижение прочности горных пород на сжатие, за 6 месяцев наблюдений оно достигло 40% от первоначальных значений.

Карьеры и шахты скарново-магнетитовых руд медноколчеданных месторождений городов Нижний Тагил, Кушва, Краснотурьинска, Березовского золоторудного месторождения и целого ряда других создали техногенные ландшафты на прилегающих территориях, обусловили активизацию процессов поверхностного и подземного выветривания, гидролитогенных

процессов в подземной гидросфере, изменили напряженно-деформированное состояние скальных массивов.

Долговременная разработка месторождений подземным способом на отдельных территориях в связи с их застройкой привела к тому, что целый ряд поселений выросли в районах ведения горных работ. Так, 2/3 площади, занимаемой г. Березовским, находится в районе старых подземных горных выработок, пройденных в целях отработки Березовского золоторудного месторождения.

Степень поражения недр Урала за счет образования техногенных пустот в процессе добычи полезного ископаемого неуклонно возрастает. Так, объемы карьерных выемок на Качканарском ГОКе с 2000 по 2008 гг. увеличились с 570 до 718 млн м<sup>3</sup>.

На отдельных действующих горнодобывающих предприятиях участились аварии. Примером может служить комбинат «Уралкалий», разрабатывающий уникальное Прикамское калийное месторождение подземным способом, где в 2006 г. произошла крупномасштабная авария с обрушением поверхности на большой площади ведения горных работ в результате нарушения водозащитной толщи. Начальные размеры воронки обрушения составили 55х60 м, глубина 15 м. Процесс обрушения стремительно развивался, и в краткий срок максимальный размер воронки в плане уже достигал 200 м. Обошлось без человеческих жертв, однако возникла необходимость строительства обходной

железнодорожной ветки МПС. В целом расходы связанные с ликвидацией аварии, составили 7,8 млрд руб.

В конце 2010 г. образовался провал в районе станции Березники. Станция закрыта, ведется строительство обходной железной дороги.

На Высокогорском ГОКе выработанное пространство Главного карьера и ближайшее расположение зон обрушения шахт Магнитовая и Эксплуатационная привели не только к появлению провалов в черте города, но и к нарушению геодинамического равновесия на площади, превышающей 20 км<sup>2</sup>. В результате подвижек были нарушены железнодорожные пути на станции ВГОКа Гора Высокая. В том же году имел место прорыв воды из Главного карьера, который в настоящее время используется в качестве шламохранилища, на действующие горизонты шахты Магнитовая. В результате прорыва вод – горизонт 610 м был полностью затоплен.

На рудника СУБРа горнотектонические удары являются нередким событием, и с углублением горных работ их интенсивность увеличивается.

Динамические явления на ЮБРе (шахта Кургазакская) стали одной из основных причин ее закрытия. Там площадь вовлечения в деформацию пород составила 500 тыс. м<sup>2</sup> с выделением энергии до 10 Дж.

С окончанием разработки месторождения и ликвидации предприятия и в постотрабочный период антропогенное воздействие в условиях урбанизированных территорий продолжает наносить существенный ущерб. В первую очередь это связано с гидродинамическим нарушением природной среды.

Предотвращение возникновения провалов поверхности на территории Березовского – города-спутника Екатеринбурга от старых горных выработок предопределяет необходимость производить откачку воды в размере 6356 тыс. м<sup>3</sup>, расходы на это мероприятие составляют порядка 33 млн. руб. в год.

Затраты на нейтрализацию шахтных вод закрытых медных рудников только Левихинской группы составляют порядка 25 млн. руб. в год.

Важнейшим из развивающихся процессов является восстановление естественного уровня подземных вод при осушении полей, что зачастую приводит к подтоплению и заболачиванию территорий, восстановление которых связано с большими затратами. Так, общая сумма ущерба после закрытия Крылатовского рудника в результате

подтопления поселка составляет порядка 35-40 млн. руб. К сожалению, этот перечень можно продолжать.

Естественно, растут и затраты на природоохранную деятельность предприятия. Так, величина этих затрат в УГМК-Холдинг за 5 лет с 2000 по 2005 гг. выросла в 8 раз.

Интенсивная урбанизация территорий с развитым горнопромышленным комплексом, рост кадастровой стоимости земли (так на территории г. Сатака она составляет 380 руб/м<sup>2</sup>) приводят к дефициту земельных ресурсов, в результате отдельные горнодобывающие предприятия вынуждены прекратить отработку месторождений. Так, ВГОК прекратил отработку Меднорудянского месторождения, поскольку горные работы подошли к территории г. Нижний-Тагил.

Не затрагивая вопросов истощения ресурсов недр в связи с извлечением полезных ископаемых, ущерб, наносимый непосредственно природе недр, можно трансформировать в двух основных направлениях:

– ущерб, наносимый геологической среде в связи с изменением ее сплошности в результате образования техногенных пустот, которые влекут за собой в первую очередь геодинамические и гидрогеологические изменения природной среды;

– ущерб, наносимый в целом окружающей природной среде при недропользовании, как «сопряженный ущерб», вызванный необходимостью изъятия земельных ресурсов для размещения отходов горноперерабатывающего производства, и совокупность последствий их размещения для окружающей среды в целом.

В настоящее время основное внимание при оценке антропогенного воздействия при освоении недр связано с оценкой последствий в целом для окружающей среды, включая инфраструктуру и человека.

В общем виде экономический ущерб ( $U_{эк}$ ) включает в себя две составляющие:

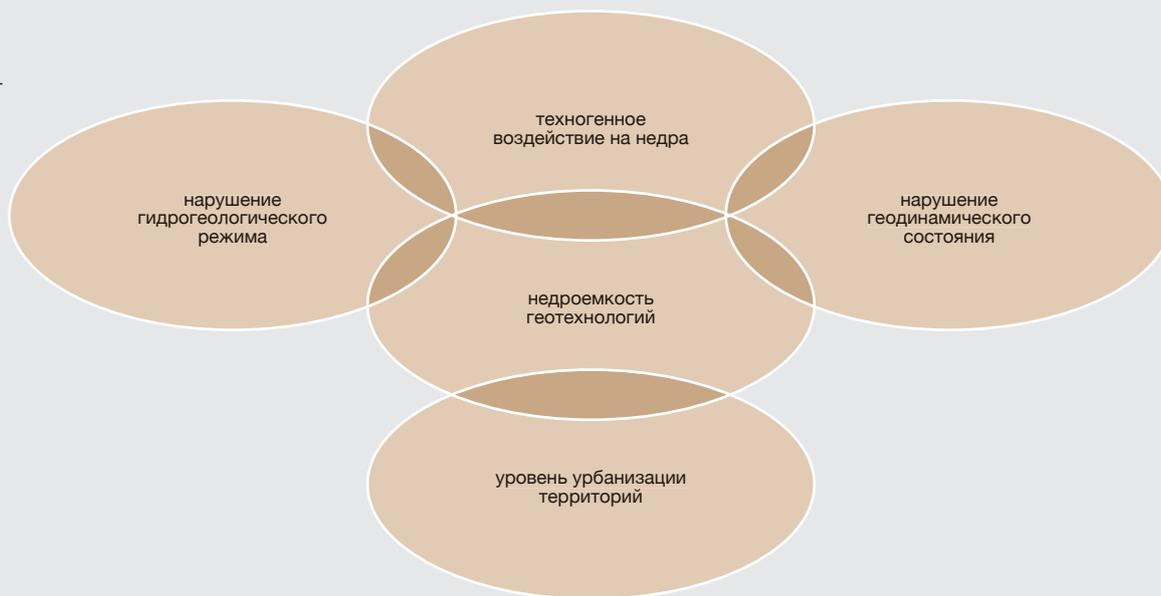
$$U_{эк} = U_{из} + U_{зг} \quad (1)$$

– ущерб от изъятия земельных ресурсов ( $U_{из}$ );  
– ущерб от загрязнения окружающей среды за пределами изымаемого земельного участка ( $U_{зг}$ ).

Величина  $U_{из}$  в этом случае складывается из убытков, упущенной выгоды и потерь владельцев сельскохозяйственных и других угодий.

Величина  $U_{зг}$  обусловлена загрязнением, нарушением окружающей среды за пределами изымаемого участка, складывается из убытков и ущербов, обусловленных экологическими и социальными последствиями [1].

**Рис. 2.**  
Взаимосвязь показателя недроемкости с индикаторами техногенного воздействия



Увеличение глубины горных работ и снижение качественных характеристик руды с глубиной, что характерно для большинства месторождений Урала, существенно увеличивают объем горной массы, который необходимо размещать на поверхности. При этом не только изымаются большие земельные площади, но и растет величина техногенных воздействий на окружающую среду в целом в связи с ростом объемов отходов, поскольку отвалы и хвостохранилища являются активными источниками загрязнения практически всех природных сред. Так, исследованиями проведенными в ИГДУрО РАН, установлено, что размер ущерба, наносимого природной среде от размещения отходов горного производства в отвалах и шламохранилищах, составляет 40-50 руб. на 1 т добычи сырой руды.

Объемы образования техногенных пустот в результате разработки месторождений (карьерные выемки, зоны обрушения шахт, подземные техногенные пустоты), при существующих традиционных геотехнологиях намного больше извлекаемых из недр полезных компонентов, в связи с чем параметры образования их являются определяющим фактором ущерба, наносимого окружающей среде (*рис. 1*).

Рассматривая экологические проблемы освоения недр, для количественной и сравнительной экономической оценки горных технологий в настоящее время широко

используется показатель землеемкости в различных его модификациях [3]. В горной промышленности этот показатель принято определять коэффициентом технологической землеемкости ( $K_z$ ,  $m^2/t$ ), представляющим собой определяемое различным образом отношение площади, изымаемой для осуществления добычи полезного ископаемого к объему этой добычи:

$$K_z = S_{от} / A_z, \tag{2}$$

где  $S_{от}$  – площадь горного отвала, га;  
 $A_z$  – годовая добыча руды, т.

Однако при этом не учитывается геологический ущерб, наносимый природе недр, со всеми вытекающими негативными последствиями.

В свою очередь образование техногенных пустот в недрах является неотъемлемой частью любой традиционной геотехнологии, что служит, как отмечалось выше, основной причиной нарушения природы недр.

Количественное определение результатов воздействий на недра горноперерабатывающего предприятия («геологический ущерб») представляет собой сложную и порой неразрешимую задачу, поскольку нет выработанного на сегодня единого подхода к оценке техногенных воздействий непосредственно на недра и восприятия ими этих воздействий.

Однако значимость нарушенности недр, особенно в условиях высокого уровня урбанизации территории, имеет большое значение при формировании технологии разработки месторождения и освоения недр в целом и зависит во многом от объема техногенных пустот – недроемкости традиционных геотехнологий.

С нашей точки зрения, предлагаемый показатель недроемкости будет являться сводным (обобщающим) индикатором качества социально-экономического развития урбанизированных территорий Урала с развитым горнопромышленным комплексом, отражающим в целом уровень и степень антропогенного воздействия на природу недр. Так же показатель недроемкости должен опосредованно отражать воздействие горнопромышленного комплекса на окружающую природную среду в зависимости от применяемых геотехнологий (рис. 2).

Показатель недроемкости является одним из показателей экологоемкости геотехнологий, а также индикатором уровня их экоинтенсивности, поскольку отражает степень и силу антропогенного воздействия, приходящегося на единицу добычи полезного ископаемого при отработке запасов месторождения.

Необходимость формирования донного показателя связана в первую очередь, как отмечалось выше, с нарастающим объемом антропогенного воздействия на геологическую среду, а также в связи с масштабностью ее изменения в результате данного воздействия (добыча полезного ископаемого, образование техногенных пустот, изменение геодинамического состояния недр и гидрогеологического режима). Особую актуальность показатель недроемкости приобретает для высокоурбанизированных территорий, примером которых могут служить территории горнопромышленного комплекса Уральского региона, поскольку данная отрасль является градообразующей.

Показатель недроемкости целесообразно определять на двух уровнях:

1-й уровень – горнодобывающее предприятие. В этом случае показатель недроемкости используется для оценки и выбора геотехнологии на уровне предприятия и отражает

отношение геометрических параметров нарушенности недр (объемы техногенных пустот, образующихся при отработке месторождений) к объему добычи полезного ископаемого и имеет вид:

$$K_{недр\ 1} = V_{техн} / Q_d, \quad (3)$$

где  $K_{недр1}$  – показатель недроемкости геотехнологий для условий горнодобывающего предприятия;

$V_{техн}$  – объем техногенных пустот, м<sup>3</sup>;

$Q_d$  – объем добычи полезного ископаемого, т.

2-й уровень – региональный, и в этом случае показатель недроемкости применяют при выборе стратегии освоения месторождения с учетом требований экологической безопасности и определяется как отношение объема техногенных пустот образующихся при отработке месторождения, к величине балансовых запасов месторождения:

$$K_{недр\ 2} = V_{техн} / Z_6, \quad (4)$$

где  $K_{недр2}$  – показатель недроемкости;

$V_{техн}$  – объем техногенных пустот, м<sup>3</sup>;

$Z_6$  – балансовые запасы месторождения, т.

Этот показатель существенно ограничивает область применения открытых работ, что подтверждается практикой горнодобывающих предприятий, характерной особенностью которых является переход на подземную геотехнологию.

Применительно к открытому и подземному способам разработки месторождений особенности территорий сформировавшихся горнопромышленных комплексов заставляют сделать в первую очередь переоценку эффективности применяемых систем разработки с точки зрения их техногенного воздействия на недра.

В условиях урбанизированных территорий освоение крупных месторождений необходимо рассматривать как горнотехническую систему в целом, при функционировании которой определяющее значение на выбор технологии ведения горных работ может так же оказать степень нарушенности недр. ■

#### Литература

- Игнатъева М.Н. Методический инструментарий экономической оценки последствий воздействий горнопромышленных комплексов на окружающую среду / М.Н. Игнатъева, А.А. Литвиненко, В.Г. Логинов. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН. – 2010. – 167с.
- Славиковский О.В. Освоение минеральных ресурсов и проблемы восстановления недр / О.В. Славиковский, Ю.О. Славиковская, Н.Г. Валиев. Екатеринбург: Изд-во УГГТУ. – 2010. – 207 с.
- Трубецкой К.Н. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко, Л.И. Бурцев. М.: Изд-во Научтехлитиздат. 2003. – 261 с.