

К.Н. Трубецкой, Н.А. Милетенко*, Е.В. Федоров

ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
РАН, Москва, Россия

*e-mail: nmilet@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ЗЕМЛИ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГАРМОНИИ НЕДР

Аннотация. Обоснована актуальность охраны пресных водных ресурсов как глобальной общепланетарной проблемы. Приведены примеры катастрофических последствий прорывов воды в процессе добычи полезных ископаемых. Представлены пути решения задачи охраны водных объектов при освоении недр Земли, направленные на предотвращение прорывов воды из поверхностных и подземных источников и обеспечивающие экологический баланс земной поверхности в районе ведения горных работ.

Ключевые слова: гармония недр, сбалансированное освоение ресурсов, гидрогеомеханика, водоупорный слой, предохранительный целик.

Одной из важнейших областей деятельности человека является горное дело, направленное на освоение ресурсов земных недр. Нарастающая технологическая нагрузка на природные экосистемы приводит к их быстрому и часто необратимому разрушению, которое по своим масштабам постепенно принимает глобальный характер.

При этом, в какой бы степени недр не были исчерпаны, общество не может существовать, когда их использование невозможно. Поэтому получение полезных ископаемых является сегодня и в обозримом будущем безальтернативной необходимостью для самого факта существования человека. От того, как в наше время будет организовано это производство, какие ограничения и допуски будут наложены на его развитие, в широком смысле зависит сохранение или необратимое разрушение подвижного равновесия в природной среде, сложившегося за геологические периоды развития планеты.[1].

На протяжении развития человеческой цивилизации философы и ученые обращаются к вопросу гармонии в природе. Соразмерность естественных структурных блоков пород, слагающих геологическую структуру, в геомеханике называют гармонией недр. Понятие 8 принадлежит В.И.Вернадскому и П.К.Соболевскому, которые всегда утверждали, что в недрах строгий порядок и полная гармония.

Идею «Гармония недр» в дальнейшем развил профессор А.Ж.Машанов [2]. Закон гармонии – это всеобщий закон строения земной коры. Гармония недр означает соответствие между телом (горным массивом) и слагающими его частями, структурными блоками пород, которые возникли в соответствии с характером деформации массива, сложенного этими блоками. Данное представление вытекает из наблюдения многочисленных фактов, характеризующих условия залегания массивов горных пород. И систему трещин можно характеризовать как соразмерное, имеющее строгую закономерность, явление.

Массив горных пород с точки зрения строительной механики представляет собой весьма сложную конструкцию, состоящую из многочисленных элементов, различным образом соединенных и взаимодействующих между собой. Помимо того, в массиве постоянно происходят геологические, физические, химические и др. процессы, в нем перемещаются подземные воды, мигрируют газы и растворы. Образно говоря, массив горных пород, включающий в себя наносы, земную поверхность и расположенные на ней природные объекты, напоминает в какой-то степени организм, в котором постоянно (быстро или очень медленно) происходят различные изменения: что-то зарождается, что-то развивается, что-то

разрушается и исчезает. Он реагирует (подчас весьма активно) на всякое вмешательство извне. Многие виды реакций нам еще не известны, но уже теперь можно привести тысячи примеров непредвиденных отрицательных последствий деятельности человека в недрах Земли.

Одними из важнейших составляющих массива горных пород, испытывающих влияние в процессе освоения земных недр, являются водные объекты как на поверхности (реки, озера, водохранилища и др.), так и подземные водоносные горизонты – источники естественного и искусственного скопления вод. Водные ресурсы на территории Земли распространены неравномерно, в частности, Республика Казахстан обладает дефицитом водных ресурсов и поэтому проблема защиты горных выработок и сохранения водных объектов при освоении недр в этой стране не стоит. Однако, учитывая значимость воды как важнейшего компонента жизнедеятельности людей, а также одного из самых ценных видов минерального сырья, вопросы гармонии недр необходимо рассматривать именно с позиции экологически сбалансированного освоения ресурсов Земли с учетом охраны при этом водных объектов. Этот вопрос стал настолько актуальным в планетарном масштабе, что его значимость закреплена решением Генеральной Ассамблеи ООН отмечать ежегодно Всемирный день водных ресурсов с целью обратить внимание на важность доступа к пресной воде всех людей на планете, а также пропаганды рационального использования водных ресурсов.

Так, известны случаи, когда в результате ведения горных работ на огромной площади исчезала вода из колодцев, понижался уровень грунтовых вод или, наоборот, создавались озера и болота. В тех и других случаях нередко гибли леса и посевы. Это то, что происходит на поверхности и наблюдается визуально. Внутри массива горных пород нередко протекают более сложные процессы, обнаружить которые без специальных исследований не всегда удастся. Вопросы гармонии недр в определенной степени затрагиваются многими научными дисциплинами горного производства. Управление деформационными процессами относится к области механики горных пород, которая зародилась и сформировалась на стыке ряда наук, в том числе классической и строительной механики, сопротивления материалов, подземной гидрогазодинамики и смежных разделов горной науки. Поэтому в ней широко используются многие положения, методы и приемы, заимствованные из этих наук.

В последние 20-30 лет сформировалась новая дисциплина – гидрогеомеханика. При этом под гидрогеомеханическими процессами понимается изменение деформационных, прочностных и фильтрационных свойств массива горных пород под воздействием техногенной деятельности в районах влияния на водные объекты. В результате техногенного воздействия (т.е. в процессе добычи полезных ископаемых) происходит изменение гидрогеомеханического состояния массива горных пород, нарушающее гидрологическое и как следствие, биологическое равновесие в районе ведения горных работ, нарушается естественное положение подземных водных горизонтов и поверхностных водных объектов. В процессе рассмотрения данного вопроса нами было проанализировано около 300 случаев прорыва воды, которые представляют собой уникальный фактический натуральный материал, созданный совместным влиянием природных условий и техногенного воздействия в процессе добычи полезных ископаемых. В среднем за один год на горнодобывающих предприятиях нашей страны происходит около 6 аварийных ситуаций разной степени сложности, связанных с прорывами воды и плавунных пород в горные выработки. Результатом воздействия воды при освоении недр также стал гигантский провал на земной поверхности при отработке Верхнекамском месторождении калийных солей(рис.1).

Особую актуальность приобретает этот вопрос при ликвидации угольных шахт, вследствие чего появляется опасность затопления нижележащих выработок действующих шахт, а также загрязнение поверхностных и подземных водных объектов, имеющих важное значение для жизнедеятельности региона. Так, например, вследствие закрытия целого ряда угольных шахт в Ростовской обл. произошло скопление большого количества подземных вод, создавших огромное гидростатическое давление в районе шахты Западная-Капитальная, что

стало причиной аварии на этой шахте, приведшей к прорыву и затоплению части выработок и в итоге к катастрофическим последствиям.



Рисунок 1. Провал на земной поверхности при обработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей

В связи с загрязнением питьевых горизонтов низовье Дона (где ранее никогда не было проблем с чистой водой) - г. Шахты, Новошахтинск - оказались без чистой воды и питьевую воду получали из соседней Вологодской области по часам.

Перемещение воды в массиве происходит по системе образованных в результате техногенного воздействия трещин. Важным фактором, способствующим предотвращению или снижению вероятности прорыва воды в горные выработки шахт, является наличие водоупорного слоя, выполняющего роль экрана, его местоположение относительно разрабатываемого пласта и источника поступления воды, а также его мощность.

При этом есть существенная разница между геологической мощностью водоупорного слоя и мощностью ненарушаемой части этого слоя. Эта разница обнаруживается в результате анализа образования секущих трещин в массиве горных пород, представленной на рис 2.

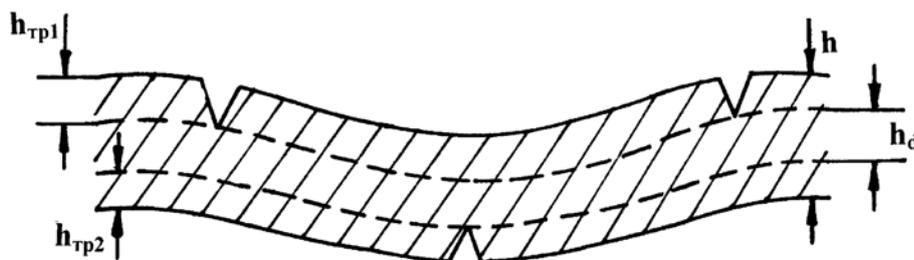


Рисунок 2. Схема к определению мощности водоупорного слоя $h-h_{тр} \geq 0,2y$, где h – геологическая мощность водоупорного слоя, м; $h_{тр}$ - глубина развития трещин в слое водоупора, м; y – остаточный напор, отсчитываемый от кровли разделяющего слоя водоупорных пород, м; h_d – мощность не нарушаемого слоя.

Т.е. эффективную мощность водозащитного слоя следует определять как разность между геологической мощностью водоупорного слоя и глубиной развития трещин в слое водоупора.

Практика ведения горных работ под водными объектами показала, что отработка запасов угля осуществляется в весьма широком диапазоне условий: от абсолютно безопасных до весьма опасных. Для своевременного выбора мер защиты выработок от затопления нами разработана классификация условий ведения горных работ под водными объектами. В качестве основного классификационного признака принята способность подработанного массива пропускать воду, выраженная отношением

$$M/\eta_{\max},$$

где M - расстояние от почвы водного объекта до кровли разрабатываемого пласта, м; .
 η_{\max} - максимальное оседание (прогиб) слоя, м.

Еще одной важной задачей при освоении недр в районе влияния на водные объекты является вопрос подработки протяженных водных объектов.

Предложенный нашим Институтом способ позволяет существенно повысить эффективность отработки запасов и предотвратить негативные для окружающей среды последствия в виде осушения самого водного объекта, заболачивания окружающей местности и затопления горных выработок. Суть метода состоит в том, в предохранительном целике непосредственно под водным объектом отрабатывается лава, параметры которой рассчитываются по формуле таким образом, чтобы водный объект попадал в зону сжатия и в толще пород не образовывалось сквозных водопроводящих трещин, соединяющих водоем с горными выработками [3]. Другим направлением развития исследований в институте является разработка подхода, основанного на изучении условий развития магистральных трещин в подработываемом массиве пород при учете гидростатического давления воды в трещинах и природных горизонтальных боковых напряжений [4,5].

Сбалансированное состояние водных ресурсов как неотъемлемая часть гармонии недр ставит перед нами необходимость поиска новых решений, обеспечивающих безопасное освоение массива горных пород с учетом минимального влияния на водные объекты. Вопрос сохранения баланса между внедрением человека в недра и состоянием этих недр является весьма важным, поскольку ставит человечество перед выбором дальнейшего пути развития: быть ли ему по-прежнему ориентированным на безграничный рост производства или этот рост должен быть согласован с реальными возможностями природной среды и 11 человеческого организма, соразмерен не только с ближайшими, но и с отдаленными целями социального развития.

Один из учителей Акжана Жаксынбековича Машанова - Петр Константинович Соболевский сказал о задачах горнорудного производства следующее: «Перед горнорудным производством ставится факт найденной в недрах Земли ц е н н о с т и и связанная с этим фактом задача извлечь эту ценность из недр, извлечь наиболее экономично, планомерно, быстро, с наименьшей затратой энергии, с наименьшими потерями вещества этой ценности, при соблюдении полной безопасности горных работ».

И только посредством применения экологически сбалансированных подходов при их освоении возможно решение общей задачи гармонии недр.

В заключение хотим пожелать всем горнякам в своих дальнейших трудах на благо и процветание родной земли посредством освоения подземного пространства опровергнуть слова известной песни Людмилы Сенчиной «В жизни как обычно нет гармонии...» - доказать, что имеющаяся в недрах гармония должна всегда оставаться и поддерживаться усилиями горняков, как гарант благополучной и безопасной жизни человека на Земле.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трубецкой К.Н. Состояние и основные направления освоения ресурсов земных недр. Вестник высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020; 63(3):С. 8—15.
- [2] Машанов А.Ж. Изучение структуры Акбастау-Космурынского рудного поля. – Алма-Ата: 1965. – С.18-21.
- [3] Способ рекультивации деформированием земной поверхности береговой зоны водных объектов. Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Поставнин Б.Н., Грицков В.В., Митишова Н.А., Навитня А.А. Патент РФ RUS 2206749 10.04.2001.
- [4] Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Милетенко И.В., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Проблемы комплексного гидрогеологического и геомеханического техногенного воздействия на геосреду. В сб. Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН,2012. – С. 23-28.
- [5] Милетенко И.В., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Новый геомеханический подход к прогнозу опасных гидрогеологических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // ГИАБ. – 2011. - №7 . – С.103-108.

REFERENCES

- [1] Trubetskoi K.N. Sostoyanie i osnovnye napravleniya osvoeniya resursov zemnykh nedr. Vestnik vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka. 2020; 63(3):S. 8—15.
- [2] Mashanov A.Zh. Izuchenie struktury Akbastau-Kosmurynskogo rudnogo polya. – Alma-Ata: 1965. – S.18-21.
- [3] Sposob rekul'tivatsii deformirovaniem zemnoi poverkhnosti beregovoï zony vodnykh ob'ektov. Trubetskoi K.N., Iofis M.A., Postavnin B.N., Gritskov V.V., Mitishova N.A., Navitnyaya A.A. Patent RF RUS 2206749 10.04.2001.
- [4] Trubetskoi K.N., Iofis M.A., Miletenko I.V., Miletenko N.A., Odintsev V.N. Problemy kompleksnogo gidrogeologicheskogo i geomekhanicheskogo tekhnogenno go vozdeistviya na geosredu. V sb. Fundamental'nye problemy formirovaniya tekhnogennoi geosredy. – Ekaterinburg: IGD UrO RAN,2012. – S. 23-28.
- [5] Miletenko I.V., Miletenko N.A., Odintsev V.N. Novyi geomekhanicheskii podkhod k prognozu opasnykh gidrogeologicheskikh protsessov pri podzemnoi razrabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh // GIAB. – 2011. - №7 . – S.103-108.

К.Н. Трубецкой, Н.А. Милетенко *, Е.В. Федоров

Академик Н.В. Мельников атындағы Жер қойнауын кешенді игеру мәселелері институты,
Мәскеу, Ресей

*e-mail: nmilet@mail.ru

**ЖЕР ҚОЙНАУЫ ҮЙЛЕСІМІНІҢ МІНДЕТТІ КОМПОНЕНТІ РЕТІНДЕ ЖЕР
РЕСУРСТАРЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРҒЫДАН ИГЕРУДІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ**

Андатпа. Ғаламдық маңызды мәселе тұрғысынан тұщы су ресурстарын қорғаудың өзектілігі дәлденген. Пайдалы қазбаларды игеру кезінде судың жерасты қазбаларына кіріп кету апаты салдарынан мысалдар келтірілген. Жер қойнауын игеру кезінде жерасты суынан нысандарды қорғау мәселелерін шешудің жолдары ұсынылған, олар жер үсті және жерасты кен игеру кездерінде судың ашылуын болдырмауға және кен өндіру аймағында жер бетінің экологиялық тепе-теңдігін қамтамасыз етуге бағытталған.

Негізгі сөздер: жер қойнауының нйлесімі, ресурстарды игеру, гидрогеомеханика, су ұткізбейтін қабат, сақтандыру кентірегі.

K.N. Trubetskoy, N.A. Miletenko*, E.V. Fedorov

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

*e-mail: nmilet@mail.ru

**ENSURING ECOLOGICALLY BALANCED DEVELOPMENT OF RESOURCES OF EARTH AS
OBLIGATORY COMPONENT OF HARMONY OF SUBSOIL**

Abstract. The relevance of protection of fresh water resources as a global all-planetary problem is proved. Examples of catastrophic consequences of breaks of water in the course of mining are given. The solutions of a task of protection of water objects at development of mineral resources of Earth directed to prevention of breaks of water from superficial and underground sources and providing ecological balance of the earth's surface around conducting mining operations are presented.

Keywords: harmony of subsoil, balanced development of resources, hydrogeomechanics, waterproof layer, safety.