

УДК 553.31

М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, Н.М. Стеценко

**НАРУШЕНИЕ ПРИ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ПУТИ
ЕЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

Проведено математическое моделирование процесса поднятия уровня подземных вод при открытой разработке полезных ископаемых.

Ключевые слова: геологическая среда, открытая разработка, хвостохранилища, горнодобывающие регионы, рекультивирование земель.

Семинар № 1

**M.S. Chetverik, E.A. Bubnova,
N.M. Stetsenko**

THE DISRUPTION OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT MINING AND THE WAYS OF ITS RESTORATION

A mathematic modeling of leveling up of ground waters during mining is carried out.

Key words: geological environment, open-pit mining, tailing dump, mining regions, land restoration.

Интенсивная добыча полезных ископаемых, а также связанные с этим технологические процессы приводят к различным негативным экологическим последствиям, природа проявления которых еще недостаточно изучена, что не позволяет принять эффективные меры защиты.

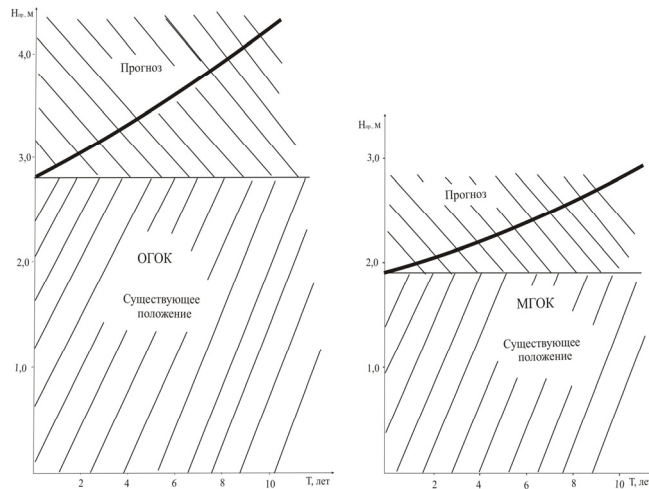
Под влиянием техногенных объектов происходит нарушение геологической среды, что влияет на функционирование природного комплекса: разрушается структура лессов и лессовидных пород, смешиваются водовмещающие породы и водоупоры, изменяются гидродинамический и гидрохимический режимы подземных вод, глубина их залегания и водный баланс, скорости и направление движения подземного водного потока.

Особо актуальной является проблема поднятия уровня подземных вод. Установлено, что одной из причин поднятия уровня подземных вод является разрушение естественной геологической среды при горных разработках [1].

При открытой разработке полезных ископаемых с мягкими покрывающими породами происходит разрушение геологической среды на большой площади и глубине, проявляющееся в разрушении естественной структуры пород, ликвидации водоносных горизонтов, в создании техногенной геологической среды в виде внутренних отвалов, состоящих из смешанных пород разных возрастов с низкими фильтрационными свойствами. При подземной разработке происходит обезвоживание водоносных горизонтов, уплотнение водовмещающих пород, нарушается их взаимосвязь с естественным разрезом в связи с оседанием подработанной толщи. Создание хвостохранилищ в верховьях балок привело к ликвидации естественных мест разгрузки подземных вод.

Высоту поднятия уровня подземных вод можно определить исходя из следующего.

Рис. 1. Прогноз поднятия уровня подземных вод по Орджоникидзевскому (а) и Марганецкому (б) ГОКа



Если ограничить регион местами питания и разгрузки подземных вод, то при неизменной скорости фильтрации и определенной скорости разрушения геологической среды равновесное состояние подземных вод достигается тем, что повышается их уровень. При нарушении геологической среды по площади и мощности с определенной скоростью соответственно с ней поднимается уровень подземных вод [2].

Уровень подъема подземных вод на данный момент времени определяется по следующему выражению

$$h = \frac{S_{нар} \cdot m_0}{S_0 - S_{нар}}, \text{ м,}$$

где h – величина поднятия уровня подземных вод; m – первоначальная мощность вмещающих пород, м; $S_{нар}$ – площадь, нарушенная горными работами, м²; S_0 – площадь рассматриваемого региона, м².

Геологическая среда региона состоит (по площади) из ненарушенной, нарушенной и с разрушаемой с определенной скоростью площадью в процессе ведения горных работ. Исходя из этого прогнозируемый уровень поднятия подземных вод по отношению к исходному составит

$$h_{пр} = \frac{(S_{нар} + v_n T) m_0}{S_0 - (S_{нар} + v_n T)},$$

где $h_{пр}$ – прогнозируемый уровень поднятия подземных вод; v_n – пло-

щадь ежегодно нарушаемых земель (геологической среды).

При скорости разрушения геологической среды по Орджоникидзевскому и Марганецкому горно-обогатительным комбинатам (ГОКа) соответственно 200 и 100 га в год уровень подземных вод через 10 лет в регионе поднимется соответственно на 1,2 и 0,9 м (рис. 1), что является катастрофичным.

Другим негативным воздействием добычных работ является водопонижение в процессе ведения дренажных работ для подготовки месторождения к эксплуатации, а обезвоживание массива горных пород.

При действии сплошной нагрузки, распространяющейся на значительные расстояния, и при снижении порового давления происходит структурное изменение пород водоносных горизонтов, уменьшается их пористость и соответственно коэффициент фильтрации и градиент напора. Так как коэффициентом пористости является отношение объема пор к общему объему породы, то при сокращении пор происходит оседание земной поверхности на значительной площади [3].

Рис. 2. Радиусы депрессионной воронки для условий ш. «Степная»

Таким образом, при подземной выемке полезных ископаемых образуется мульда сдвижения не только за счет их выемки, а и за счет обезвоживания массива горных пород. Мульда сдвижения, которая образуется за счет обезвоживания подработанного массива, ограничена радиусом депрессионной воронки. Он изменяется в соответствии с радиусом подработки и высотой нарушения геологической среды

$$R = r \cdot e^{\frac{\pi k(H_0 - H_c)}{Q}}$$

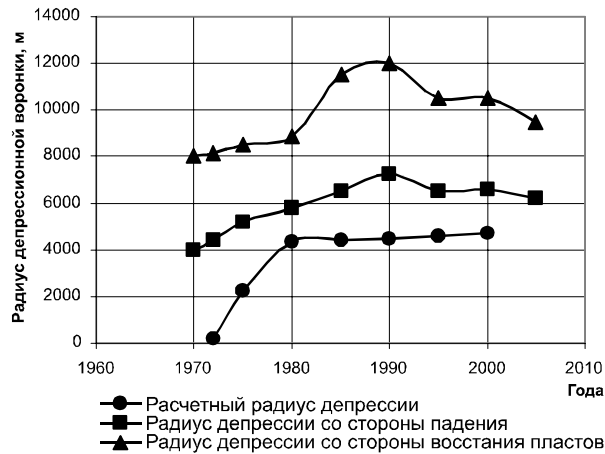
где R – радиус депрессионной воронки, м; Q – суточный водоотлив по шахте, м³/сут; H_0 – высота уровня воды в начале депрессионной воронки (от нижнего разрабатываемого пласта до поверхности), м; H_c – высота уровня воды в конце депрессионной воронки (на границе участков шахтного поля, где происходит сдвижение подработанного массива), м; k – средний коэффициент фильтрации в породах четвертичных отложений и карбона, м/сут; изменяется в период развития депрессионной воронки в соответствии с зонами деформаций сжатия и растяжения; r – радиус нарушенных земель, т.е. для шахты радиус мульды сдвижения, м.

Условно принимаем площадь нарушенных земель за окружность, тогда

$$r = \sqrt{\frac{S_{нар}}{\pi}}$$

$S_{нар}$ – нарушенная поверхность на момент ведения расчетов, м².

Так как нарушение земель ведется непрерывно, то радиус r величина переменная. Тогда



$$r = \sqrt{\frac{S_{нар} + S_c}{\pi}}$$

где $S_{нар}$ – площадь нарушения земли в год, м².

Проведено сравнение радиуса депрессионной воронки, определенного аналитически, с измеренным инструментально применительно к условиям шахты «Степная» ОАО «Павлоградуголь» (рис. 2). Расчетный радиус депрессионной воронки меньше; максимальной величины расчетный и фактический радиусы депрессии достигают в разные периоды, происходит «последствие» нарушенного подработкой массива, т.е. обезвоживание массива происходит в течение 5-8 лет после его подработки.

Разница в расчетном и фактическом значении радиуса депрессионной воронки достигается за счет следующих факторов: невозможности проведения режимных наблюдений за обезвоживанием массива от одной шахты при одновременной работе группы предприятий; не учитывании в расчетах направления развития горных работ относительно простирания пласта и продолжительности оседания массива.

Так как в геологическом строении горнодобывающих регионов Украины широкое распространение имеют лессовидные породы, то при горных разработках эти породы попадают под негативное воздействие. Их разрушение приводит к низкому качеству рекультивированных земель. Поэтому одним из проблемных вопросов в горнодобывающих регионах является разрушение лессов и лессовидных пород [4].

Одной из особенностей высокоплодородных лессовидных пород является их способность накапливать осенне-зимнюю влагу и обеспечивать ее подъем до 15 м по капиллярам, что невозможно восстановить на рекультивированных землях.

При экскавации лессовидных пород, укладке в отвал, планировке и уплотнении происходит разрушение естественной структуры лессов: ликвидируются вертикальные поры, уменьшается пористость, лессовидные породы превращаются в водопоры.

Пористость лессов и лессовидных пород можно создать искусственным путем: за счет последовательной укладки различных пород и переслаивания почвенно-плодородных пород с высадкой растений, достигается создание капиллярной системы, которая обеспечит накопление осенне-зимней влаги, создание зоны аэрации, повышение эффективности плодородия пород рекультивированных земель. Сущность данного способа состоит в том, что учитывая характеристики растений, возможно создать капиллярную систему необходимой высоты и с различными характеристиками. Корневая система растений очень велика, например, у одного растения (озимая рожь) при благоприятных условиях может образо-

ваться 143 корня первого порядка, 35 000 – второго порядка, 2 миллиона 300 тысяч – третьего порядка и 11,5 миллионов – четвертого порядка. Общая длина корня такого растения составляет 600 км, общая поверхность – 225 м², на этих корнях размещаются 15 миллиардов корневых волосков, общая длина которых составляет около 10 тысяч километров, а площадь – 400 м² [5].

Воссоздание капиллярной системы выполняется следующим образом: укладывается слой почвенно-плодородных (лессы, лессовидные породы) пород и высаживаются растения. После формирования корневой системы растений снова укладывается слой почвенно-плодородных пород так, чтобы корневые системы двух слоев перекрывались, после чего укладывается слой чернозема. Таким образом, достигается создание искусственной пористости.

Мощность слоя, при которой обеспечивается заданная пористость определяется по выражению

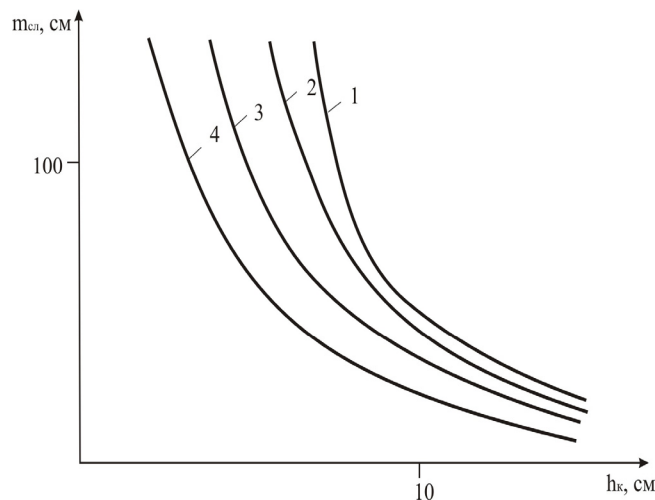
$$m_{сл.} = (n_e - n_c) \cdot k^2 \cdot \gamma \cdot h_k$$

где n_e – естественная пористость в массиве; n_c – пористость, полученная в результате укладки слоев; k^2 – площадь, занимаемая корневой системой; γ – плотность сухого корня растения; h_k – высота корня.

Мощность слоя пород с заданной пористостью существенно зависит от размеров корней растений (рис. 3).

Таким образом, нарушение геологической среды, которое заключается в выемке полезного ископаемого, оседании и уплотнении подработанной толщи обезвоживании водоносных горизонтов, уплотнении водовмещающих пород, нарушении их взаимосвязи с естественным разрезом,

Рис. 3. Зависимость высоты слоя от размеров корней растений при различной их плотности



1 – при $\gamma = 0,15 \text{ г/см}^3$; 2 – при $\gamma = 0,20 \text{ г/см}^3$;
3 – при $\gamma = 0,30 \text{ г/см}^3$; 4 – при $\gamma = 0,40 \text{ г/см}^3$

является одним из главных факторов ухудшения экологического состояния горнодобывающих регионов.

Однако знание природы возникновения и проявления разрушительного воздействия техногенных объектов позволяет принять эффективные меры ее защиты и восстановления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик М.С., Бубнова Е.А. О причинах подтопления городов Марганец и Орджоникидзе // Геотехническая механика: Межведомственный сб. науч. трудов – Днепропетровск; вып. 48, 2004, с. 171-177.

2. Четверик М.С., Уварова Л.И., Бубнова Е.А. Влияние нарушения геологической среды при горных работах на подтопление территорий // Metallургическая и горнорудная промышленность, Днепропетровск, №3 – 2005.

3. Четверик М.С., Бубнова Е.А., Андрущук Е.В., Гаврюк Г.Ф. Определение оседаний земной поверхности при водопони-

жении, обезвоживании водоносных горизонтов // Metallургическая и горнорудная промышленность, Днепропетровск, №6 – 2003. – с. 74-76.

4. Четверик М.С., Медведева О.А., Демченко О.А. Разрушение при горных разработках структуры лессов и его влияние на состояние природной среды // Геотехническая механика: Межведомственный сб. науч. трудов – Днепропетровск; вып. 29, 2002, с. 199-203.

5. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: Підручник. – К.: Либідь, 2005. – 808 с. ПЛБ

Коротко об авторах

Четверик М.С. – доктор технических наук, профессор,
Бубнова Е.А. – мл. научный сотрудник,
Стеценко Н.М. – инженер,
ИГТМ НАН Украины, г. Днепропетровск, Украина

