

УДК 622.002.68:504.058

Бубнова Е.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ НАРУШЕННОЙ И ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ВОДНЫЙ БАЛАНС ТЕРРИТОРИЙ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ

Бубнова О.А., канд. техн. наук, ст. наук. співроб.
(ИГТМ НАН України)

ВПЛИВ ПОРУШЕНОЮ ТА ТЕХНОГЕННОЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВОДНИЙ БАЛАНС ТЕРИТОРІЙ ЇХ РОЗТАШУВАННЯ

Bubnova Ye.A., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

EFFECT OF DISTURBED AND TECHNOGENIC GEOLOGICAL ENVIRONMENT ON WATER BALANCE IN AREAS OF ITS LOCATION

Аннотация. Режим подземных вод формируется и изменяется в зависимости от ряда факторов, а также имеет различные параметры в природной, нарушенной и техногенной геологической среде.

В статье определены и систематизированы по группам основные факторы, непосредственно влияющие на режим подземных вод, водный баланс территорий в нагруженных горнодобывающей деятельностью регионах.

Разработана математическая модель определения водного баланса территорий размещения нарушенных горнодобывающей деятельностью и техногенных сред, которая учитывает природные гидрологические и гидрогеологические условия территории, параметры (по глубине и в плане) нарушенных и техногенных массивов, расположение нарушенного и направление дальнейшего нарушения геологической среды относительно линий водотоков.

Приведенные результаты целесообразно использовать при управлении состоянием окружающей природной среды в горнодобывающих регионах, дальнейших исследованиях проблемы наличия нарушенных и техногенных массивов.

Ключевые слова: водный баланс, уровень подземных вод, направление движения потока, прогноз.

Введение. Наиболее проблемным вопросом при добыче полезных ископаемых является разрушение природной геологической среды и образование техногенной.

Образование и наличие в пределах естественной среды нарушенной и техногенной оказывает отрицательное влияние на естественные гидрогеологические условия, что проявляется в изменении области питания, движения и разгрузки подземных вод, образовании и деформировании достаточно больших по площади депрессионных воронок. Нарушение гидрорежима территорий, в отличие от нарушения массива горных пород и земельного покрова, является более динамичным фактором, способным резко усиливать воздействие на окружающую среду других факторов.

В результате образуются косвенным образом нарушенные земли (подтопленные, заболоченные, происходит дополнительное оседание, изменяются свойства плодородных пород).

Постановка проблемы. Режим подземных вод формируется и изменяется в зависимости от ряда факторов [1-2] и имеет различные параметры в природной, нарушенной и техногенной геологической среде.

Все факторы, влияющие на режим подземных вод можно сгруппировать в три основные группы по типам процессов: технологические, геомеханические и геологические. В таблице 1 приведена группировка факторов по типам обуславливающих их процессов.

Таблица 1 – Технологические, геомеханические и геологические факторы, влияющие на режим подземных вод

Технологические факторы	Геомеханические факторы	Геологические факторы
Способ добычи полезного ископаемого и горных пород из недр (подземный, открытый, скважинный)	Параметры осушения участка разработки	Значения коэффициентов фильтрации и насыщения горных пород
	Тип управления водоприитоками	
Глубина ведения работ	Зоны расположения и размеры деформаций массива горных пород	Среднегодовой природный сток
Место укладки пустых пород и шламов по отношению к формам рельефа и участкам осуществления добычи полезных ископаемых (на поверхности, в карьере, пространственное расположение, на возвышенности, на пониженных участках)	Пространственное расположение места сброса откачиваемых вод по отношению к направлению движения подземных вод и расположению нарушенных и техногенных массивов (выше по течению, ниже по течению, в пределах или за пределами депрессионной воронки)	Размер и расположение контуров области питания подземных вод
		Пористость, водопроницаемость, осадочность, грансостав пород
		Тип и мощность водоносных горизонтов, вскрытых горными работами, условия их питания и разгрузки
Размеры и формы нарушенных и техногенных массивов, скорость их изменения	Величина пригрузки грунтов при складировании отходов	Наличие и параметры поверхностных водных объектов
Применяемые технологии рекультивации и скорость восстановления геологической среды	Величина осадки грунтов и горных пород за счет обезвоживания и пригрузки	Параметры депрессионной воронки
	Расположение нарушенных и техногенных массивов по отношению к направлению потоков подземных вод	Количество атмосферных осадков

Основной научной задачей является выделение из вышеперечисленных факторов тех, которые оказывают наибольшее влияние на формирование режима подземных вод.

Идентификация и выявление наиболее значимых факторов являются основой для разработки, внедрения и совершенствования природоохранных мероприятий.

Методика исследования. В настоящее время нет единой нормативной методики идентификации значимых факторов. В данной статье применен метод анализа Парето [3].

Применительно к экологическим аспектам закон Парето звучит следующим образом: *20 % экологических аспектов предприятия оказывает 80 % воздействий предприятия на окружающую среду.*

Анализ Парето ранжирует отдельные области по значимости или важности и призван выявить и устранить те причины, которые вызывают наибольшее количество проблем. Метод анализа Парето иллюстрируется диаграммой и кривой Парето. Процедура выявления значимых экологических аспектов с использованием анализа Парето состоит из следующих этапов:

Составляется перечень изучаемых факторов. Определяется критерий, по которому будет оцениваться важность каждого фактора. Как уже говорилось ранее, критерий должен быть относительной измеряемой величиной; рассчитываться на основе постоянно обновляемых статистических данных; позволять анализировать причину его изменения / не изменения. Рассчитывается величина критерия для каждого из выбранных факторов.

Строится диаграмма Парето в системе декартовых координат, где по оси абсцисс через равные интервалы по мере убывания величины критерия эффективности наносятся изучаемые факторы, а по оси ординат откладывается абсолютная величина критерия.

Строится кривая Парето. При построении кривой Парето общая сумма величин факторов принимается за 100 % и для каждого фактора рассчитывается его вклад в общую сумму (в %).

На основе выполненных действий устанавливаются важные факторы. Для этого на графике с диаграммой и кривой Парето отмечаются области, соответствующие 80, 90 и 100 %. Те факторы, которые попали в эти области и являются значимыми.

Изложение основного материала. Анализ изменения гидрогеологического режима выполнен на основе данных многолетних наблюдений в ОАО «Марганецкий ГОК». В ходе промышленной добычи марганцевых руд, которая на рассматриваемой территории ведется более 120 лет, а с 1964 интенсивно, режим подземных вод радикально изменился [4]. Для выявления значимых факторов использованы следующие данные: площадь нарушенных горными работами земель, площадь рекультивированных земель, объем водоотлива, объем воды, сбрасываемой обогатительными фабриками в шламонакопители, средняя глубина подземных вод. По результатам расчета величин оценки критериев влияния построены графики Парето для восьмилетнего периода (рис.1-2).

Как видно из рис.1 объемы воды используемые фабриками и сбрасываемые в шламонакопители уменьшаются в каждый последующий период по отношению к предыдущему, следовательно оказывать влияние на подъем уровня подземных вод не могут.

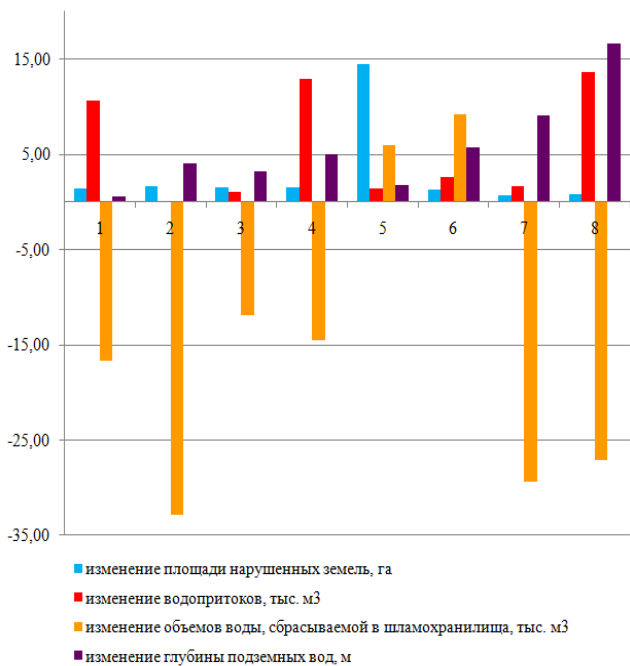


Рисунок 1 – Сравнение величин критериев оценки

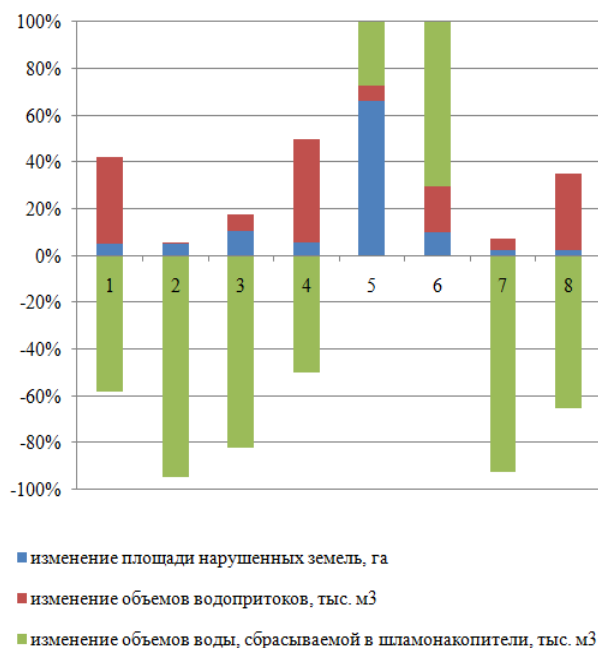


Рисунок 2 - Диаграмма Парето по установлению наиболее значимого фактора при изменении глубины залегания подземных вод

Из рис.2 очевидно, что влияние площади нарушенных земель и объемов водопритоков практически равнозначно, так как во второй, третий и седьмой периоды отмечается значительное влияние площади нарушенных земель, а в остальные периоды – объемы водопритоков. При этом стоит отметить, что водопритоки во все периоды уменьшались, а уровень воды повышался (см. рис.1), а также повышалась и общая площадь нарушенных земель, что в целом позволяет определить оба критерия, как важные.

На основании этого разработана математическая модель водного баланса в условиях наличия нарушенных и техногенных сред в природной геологической среде.

Рассмотрим формирование водного баланса отдельной территории площадью S и объемом V , ограниченной сверху поверхностью раздела земли и атмосферы, по бокам – вертикальной цилиндрической поверхностью, проходящей через внешний контур площади S , снизу – кровлей водоупора, подстилающего водовмещающие породы (водоносный горизонт) в пределах рассматриваемого стратиграфического разреза.

Для рассматриваемого случая уравнение водного баланса может быть записано формулой М.А. Великанова [5]

$$P + C + Q_n + Q_{n.подз} - (E_{cob} + Q_0 + Q_{o.подз}) = B_2 - B_1, \quad (1)$$

где P – среднее значение слоя осадков для всей площади S ; C – среднее значение слоя конденсации для всей площади S ; Q_n – среднее для площади S значение слоя воды поступающей в ее пределы за период времени T поверхностными водотоками; $Q_{n.подз}$ – среднее для площади S значение слоя воды поступающей в

ее пределы за период времени T подземным притоком; $E_{\text{собо}}$ – среднее значение слоя испарения для всей площади S ; Q_0 – среднее значение слоя воды, поступающей за пределы площади S за период времени T , уносимый поверхностными водотоками; $Q_{\text{подз}}$ – среднее значение слоя воды, поступающей за пределы площади S за период времени T , уносимый подземным стоком; B_1 – среднее для площади S значение слоя убыли влаги в объеме V за период времени T ; B_2 – среднее для площади S значение слоя прибыли влаги в объеме V за период времени T .

Рассмотрим отдельные элементы в формуле (1) с учетом формирования их во времени T на площади S .

Поскольку условно рассматриваемая территория неизменной площадью S находится постоянно в одном и том же регионе с определенными климатическими условиями, то принимаем, что среднегодовое количество осадков, испарение и конденсация являются величинами постоянными, то есть принимаем $P = \text{const}$, $C = \text{const}$, $E_{\text{собо}} = \text{const}$.

Если предположить, что на рассматриваемую территорию поступает n водотоков, каждый из которых в единицу времени τ приносит объем воды q_{ni} , то слой воды, поступающий поверхностными водотоками в пределы площади S за период времени T будет равен

$$Q_n = \frac{1}{S} \int_T d\tau \sum_1^n q_{ni}, \quad (2)$$

Аналогично определяем слой воды, поступающий в пределы площади S подземными путем

$$Q_{n.\text{подз}} = \frac{1}{S} \int_T d\tau \int_L q_{n.\text{подз}} dl, \quad (3)$$

где $q_{n.\text{подз}}$ – объем воды, поступивший на рассматриваемую территорию подземным путем в единицу времени τ на единицу длины дуги L , по которой происходит поступление воды; l - единица длины дуги.

Для расходной части водного баланса выражаем
- отток поверхностных вод формулой

$$Q_0 = \frac{1}{S} \int_T d\tau \sum_1^m q_{0i}, \quad (4)$$

где m – количество оттекающих водотоков; q_{0i} - объем воды, уносимой в единицу времени τ отдельным i -тым водотоком;

- подземный сток с площади S выражением

$$Q_{0 \text{ подз}} = \frac{1}{S} \int_T d\tau \int_{L'} q_{0 \text{ подз}} dl', \quad (5)$$

где $q_{0 \text{ подз}}$ – объем воды, оттекающий с рассматриваемой территории подземным путем в единицу времени τ с единицы длины дуги l' ; L' – длина дуги, по которой происходит отток воды.

Для естественных условий приходная и расходная части водного баланса, как правило, равны

$$P + C + Q_n + Q_{n \text{ подз}} = (E_{\text{собр}} + Q_0 + Q_{0 \text{ подз}}).$$

При нарушении части геологической и гидрогеологической среды на условной территории площадью S за тот же период времени T изменяются приток и отток поверхностных и подземных вод. За нижнюю границу рассматриваемой территории в этом случае принимается максимальная достигнутая на расчетный период времени глубина ведения горных работ.

При открытой и подземной разработке месторождений формируется так называемый «большой колодец», куда поступает большая часть поверхностного и подземного стока. Если принять, что за пределами рассматриваемой площади S находится естественная геологическая среда, а границы нарушенного массива не совпадают с границами зоны питания территории, то приходная часть водного баланса останется без изменений.

Отток поверхностных вод для условий нарушения геологической среды открытыми горными работами изменится за счет сокращения объема воды в некоторых водотоках при условии поступления некоторой части ливневых и талых вод, питающих водотоки в дренажную сеть карьера. Тогда отток поверхностных вод можно выразить следующей формулой

$$Q_0^{\text{нар}} = \frac{1}{S} \int_T d\tau \sum_1^m q'_{0i}, \quad (6)$$

где m – количество оттекающих водотоков; q'_{0i} – объем воды, уносимой в единицу времени τ отдельным i -тым водотоком.

Разница между суммарными среднегодовыми объемами воды, уносимыми всеми водотоками с поверхности естественной и нарушенной площади, определится как

$$\Delta q_0 = \sum_1^m q_{0i} - \sum_1^m q'_{0i}$$

По своему смыслу Δq_0 – это объем поверхностных сточных вод, образующихся на селитебных территориях и площадках предприятий в период выпадения

ния дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, который можно определить по формуле [6]

$$W_r = W_d + W_m + W_m, \quad (7)$$

где W_d , W_m и W_m - среднегодовой объем дождевых, талых и поливомоечных вод.

Поверхностный сток при нарушении части территории подземными горными работами также изменится на величину сокращения объема воды в некоторых водотоках $\Delta q_{0 \text{ инф}}$ за счет инфильтрации их в подземные водоносные горизонты и почвы по трещинам и разрывам (зоны растяжения) и определится по выражениям (5) с учетом принятых здесь обозначений.

Подземный сток с площади S частично нарушенной открытыми или подземными горными работами изменится на величину водопритоков в карьер или шахту $Q_{об}$ за принятую единицу времени, то есть

$$Q_{0 \text{ подз}}^{\text{нар}} = Q_{0 \text{ подз}} - Q_{об} \quad (8)$$

Несколько иная ситуация с водным балансом территорий размещения техногенных объектов (отвалы пустых пород, гидротехнические сооружения) добывающих и обогатительных предприятий.

Для таких территорий приток поверхностных вод останется без изменений, а приток подземных вод изменится за счет сокращения области их питания при размещении техногенных объектов в местах питания подземных вод, то есть изменится длина дуги, по которой происходит поступление воды, на величину периметра основания размещенного объекта

$$Q_{n.\text{подз}}^{\text{нар}} = \frac{1}{S} \int_T d\tau \int_{L^{\text{нар}}} q_{n.\text{подз}} dl^{\text{нар}}, \quad (9)$$

где $Q_{n.\text{подз}}^{\text{нар}}$ - слой воды, поступающий подземными путем в пределы площади S , содержащей техногенные объекты; $L^{\text{нар}}$ - длина дуги, по которой происходит поступление воды с учетом периметра основания техногенного объекта; $l^{\text{нар}}$ - единица длины дуги с учетом периметра основания техногенного объекта.

Изменение рельефа поверхности при размещении техногенных объектов влияет на направление движения и режим поверхностных водотоков, таким образом, возможно изменение количества оттекающих водотоков и объема воды в них. Тогда отток поверхностных вод выразится формулой

$$Q_0 = \frac{1}{S} \int_T d\tau \sum_1^{m^{\text{нар}}} q_{0i}^{\text{нар}}, \quad (10)$$

где $m^{\text{нар}}$ - количество оттекающих водотоков с территории, вмещающей техногенные объекты; $q_{0i}^{\text{нар}}$ - объем воды, уносимой в единицу времени τ отдельным i -тым водотоком.

Следует отметить, что количество оттекающих поверхностных водотоков может увеличиться, при разделении первичных (естественных) водотоков на части (при обтекании техногенных объектов), или сократиться (при пересыхании русел водотоков, отсутствии области питания).

Подземный сток с территорий, вмещающих техногенные объекты, зависит от типа формирования техногенного объекта (насыпное, наливное, с экранированием основания или без экранирования) и условий их размещения на территории (в области питания или в области разгрузки подземных вод).

При размещении наливных гидротехнических сооружений без экранирования основания в области разгрузки подземных вод сократится длина дуги, по которой происходит отток воды и увеличится объем воды, оттекающий с рассматриваемой территории. Таким образом, длина дуги, по которой происходит отток воды, сократится на величину периметра D основания техногенного объекта, то есть

$$L'^{нар} = L' - D. \quad (11)$$

А объем воды, оттекающий с рассматриваемой территории подземным путем в единицу времени τ с единицы длины дуги увеличится за счет утечек $q_{ут}$ из емкости техногенного объекта и за счет перекрытия мест выхода подземных вод на поверхность, что сократит объем разгружаемых $q_{разг}$ в поверхностные водотоки подземных вод

$$q_{0\ подз}^{нар} = q_{0\ подз} + q_{ут} + q_{разг}. \quad (12)$$

При подстановке выражений (11) и (12) в уравнение (4) получаем подземный сток с площади S , включающей техногенные объекты.

В связи с тем, что объем подземных вод в потоке зависит от пористости пород, то при изменении внешней нагрузки на водосодержащие породы, изменится их пористость, а соответственно и коэффициенты фильтрации и водопроницаемости, что отразится на значении $q_{подз}$. В связи с этим, при установлении водного баланса нарушенных и техногенных массивов необходимо в первую очередь определить их водно-физические свойства.

Таким образом, водный баланс территории частично нарушенной открытыми или подземными горными работами или включающей техногенные объекты описывается выражением

$$P + C + Q_n + Q_{n.подз} \neq (E_{соб} + Q_0^{нар} + Q_{0\ подз}^{нар}).$$

При превышении приходной части водного баланса над расходной – наблюдается подъем уровня подземных вод, подтопление и заболачивание отдельных участков территории. В случае, когда расходная часть водного баланса больше приходной, отмечается осушение площади.

Выводы. В статье определены и систематизированы по группам основные факторы, непосредственно влияющие на режим подземных вод, водный баланс территорий в напряженных горнодобывающей деятельностью регионах. Показано, что при изменении площадей нарушенных, техногенных и природных сред в пределах водного бассейна, водный баланс изменяется. Разработана математическая модель определения водного баланса территорий размещения нарушенных горнодобывающей деятельностью и техногенных сред, которая учитывает природные гидрологические и гидрогеологические условия территории, параметры (по глубине и в плане) нарушенных и техногенных массивов, расположение нарушенного и направление дальнейшего нарушения геологической среды относительно линий водотоков. Отсутствие аналогов данной модели определяет ее научную новизну.

Приведенные результаты целесообразно использовать при управлении состоянием окружающей природной среды в горнодобывающих регионах, дальнейших исследованиях проблемы наличия нарушенных и техногенных массивов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик, М.С. Формирование техногенной геологической среды и ее взаимосвязь с природной / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова. - Вісник Криворізького технічного університету: Збірник наукових праць. - Кривий Ріг, 2010. - Вип. 25. - С. 83-87.
2. Исследование формирования техногенных массивов и распространение в них осадочных горных пород при добыче и обогащении полезных ископаемых: отчет о НИР (промежуточ.): Ш-58-11 / ИГТМ НАН Украины; рук. Четверик М.С.; исполн.: Бубнова Е.А. [и др.]. - Днепропетровск, 2013. - 60 с. - 0111U005128. - Инв. № 7412.
3. Ульянова, Е.А. Идентификация и оценка значимости экологических аспектов на промышленных предприятиях / Е.А. Ульянова, И.Л. Манжуров, И.Я. Габова // Известия Самарского научного центра РАН, 2011. - Т. 13, № 1(8). - С. 2089-2093.
4. Установить влияние темпов развития объектов горного производства на режим подземных вод в Марганецком регионе: отчет о НИР : (заключ.) / ИГТМ НАН Украины ; рук. Четверик М.С.; исполн.: Бубнова Е.А. [и др.]. - Днепропетровск., 2005. - 137 с. - Библиогр.: с. 51. - Инв. № 05634334953.
5. Великанов, М.А. Водный баланс суши / М.А. Великанов. - М.: Гидрометеиздат, 1940. - 180 с.
6. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с сельских территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты // ГНЦ РФ ФГУП «НИИ ВОДГЕО». - М. ВОДГЕО, 2001.- 134 с.

REFERENCES

1. Chetverik, M.S. and Bubnova, Ye.A. (2010), "Formation of technogenic geological environment and its relationship with the natural", *Visnyk Kryvorizkogo Tekhnichnogo universitetu*, no. 25, pp.83-87.
2. Chetverik, M.S., Bubnova, Ye.A. et al. (2013), *Issledovanie formirovaniya technogennykh massivov i rasprostranenie v nikh osadochnykh gornykh porod pri dobyche i obogashchenii poleznykh iskopaemykh: otchet o NIR* [Research of formation of man-made arrays and distribute them in sedimentary rocks in mining and mineral processing: Report of research], IGTM of the NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Ulyanova, Ye.A., Manzhulov, I.L. and Gabova, I.Ya. (2011), "Identification and evaluation of the significance of environmental aspects at industrial enterprises", *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, vol. 13, no. 1 (8), pp. 2089-2093.
4. Chetverik, M.S., Bubnova, Ye.A. et al. (2005), *Ustanovit vliyanie tempov razvitiya obektov gornogo proizvodstva na rezhim podzemnykh vod v Marganetskom regione: otchet o NIR* [Set the influence of the rate of development of mining facilities on the groundwater regime in the region Marganetsk: Report of research], IGTM of the NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

5. Velikanov, M.A. (1940), *Vodnyu balans sushy* [Water balance of the land], Gidrometeoizdat, Moscow, USSR.

6. Shvetsov, V.N., Belevtseva, A.N. et al. (2001), *Rekomendatsii po raschetu system sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy, ploshchadok predpriyatiy i opredeleniyu usloviy vypuska ego v vodnye obekty* [Guidelines for the calculation of systems for collecting, disposal and treatment of runoff from residential areas, areas of enterprises and the definition of conditions of release it into the water objects], GNTS RF FGUP "NII VODGEO", Moscow, Russia.

Об авторе

Бубнова Елена Анатольевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, bubnova@nas.gov.ua.

About the author

Bubnova Yelena Anatolevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, bubnova@nas.gov.ua.

Анотація. Режим підземних вод формується і змінюється в залежності від ряду факторів, а також має різні параметри в природному, порушеному та техногенному геологічному середовищі.

У статті визначено та систематизовано по групах основні чинники, що безпосередньо впливають на режим підземних вод, водний баланс територій в навантажених гірничодобувної діяльністю регіонах.

Розроблено математичну модель визначення водного балансу територій розміщення порушених гірничодобувною діяльністю та техногенних середовищ, яка враховує природні гідрологічні та гідрогеологічні умови території, параметри (по глибині і в плані) порушених і техногенних масивів, розташування порушеного і напрямком подальшого порушення геологічного середовища щодо ліній водотоків.

Наведені результати доцільно використовувати при управлінні станом навколишнього природного середовища в гірничодобувних регіонах, подальших дослідженнях проблеми наявності порушених і техногенних масивів.

Ключові слова: водний баланс, рівень підземних вод, напрямок руху потоку, прогноз.

Abstract. Groundwater mode is formed and varies depending on several factors, and its parameters differ in natural, technogeneus and impaired environment.

In this article, key factors, which directly affect the groundwater regime and water balance of territories in the regions disturbed by mining operations, are identified and systematized by groups.

A mathematical model was developed for determining water balance in territories disturbed by mining operations and in technogeneus environments. The model takes into account the natural hydrological and hydrogeological conditions of the territory, the parameters (depth and in plane) of impaired and technogeneus massifs, the location of disturbed environment and direction of geological environment further disturbance relatively to the watercourses lines.

The findings can be used for controlling state of natural environment in the mining regions, in further researches of the problem of availability of technogeneus massifs.

Keywords: water balance, groundwater level, stream course, forecast

Статья поступила в редакцию 09.09.2016

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.