

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОРИСКОВ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ  
НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Едигенов М.Б.

ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос», г.Костанай, Казахстан

*В статье рассмотрены вопросы воздействия промышленной отработки рудных месторождений на подземную гидросферу и поверхностный сток. Во всех своих проявлениях георисков уровень такого воздействия должен быть контролируемым и управляемым.*

*This article looks at the impact of industrial mining of ore deposits on the underground hydrosphere and surface runoff. In all of its manifestations of the impact of geohazard must be controlled and managed*

При разработке рудных месторождений естественный режим подземных вод претерпевает существенные изменения. Происходит нарушение условий питания и разгрузки подземных вод, взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов. При вскрытии водоносных пластов горными выработками появляются искусственные области разгрузки подземных вод, усиливается их дренаж. При этом резко снижаются уровни, падают напоры, изменяются расходы подземного потока [1-6].

Наибольшие изменения режима подземных вод происходят при открытом способе разработки, когда карьерами вскрывается несколько водоносных горизонтов и выработки становятся дренажной сетью подземных вод. В результате этого меняются направление, скорость и градиенты потока, режим фильтрации и т.д. При подземной разработке полезных ископаемых происходят аналогичные изменения, но в меньшей степени.

При углублении горных выработок находящиеся на территории района горнопромышленного освоения поверхностные водотоки и водоемы при определенном

геологическом строении в условиях нарушенного режима могут становиться источниками питания водоносных горизонтов. Отмечаются также процессы перетекания водоносных горизонтов и смешение подземных и поверхностных вод.

Разработка месторождений полезных ископаемых также влечет за собой существенные изменения инфильтрационного питания грунтовых вод. При этом увеличивается интенсивность инфильтрации по всей площади или по локальным участкам, примыкающим к карьерным или шахтным полям. В районах горнопромышленного освоения, как правило, создаются водохранилища, пруды-испарители, отводные каналы, и т.д., которые становятся источниками локального инфильтрационного питания водоносных горизонтов. Это приводит к подъему уровня подземных вод и способствует подтоплению территории горнорудных районов.

При прогнозировании режима подземных вод на промышленно осваиваемых месторождениях учитываются технология и график ведения горных и дренажных работ. Прогноз уровней и водопритоков к горным выработкам и дренажным сооружениям

выполняется как для локальных участков, так и для отдельных шахтных и карьерных полей.

Прогноз режима подземных вод в региональном масштабе заключается в определении уровней и баланса расходов подземных вод в широком диапазоне времени с учетом перспективных планов разработки месторождения. При этом учитываются способы осушения шахтных или карьерных полей, водоснабжения горнорудных объектов и разрабатываются мероприятия по защите геологической среды от негативного влияния горных работ.

В процессе длительного и достаточно мощного водоотлива из карьеров и подземных рудников Северного Казахстана осушены крупные массивы горных пород. В центре водопонижений уровни подземных вод снижены до глубины 600-650 м. Естественный режим подземных вод нарушен в радиусе до 10 км. Водопонижительные системы Соколовского и Сарбайского карьеров работают в условиях взаимодействия. Со временем при развитии Ломоносовского месторождения они будут взаимодействовать и с дренажной системой Качарского карьера.

Прогнозируемая на 2010 г. (по данным математического моделирования) депрессионная воронка по эоцен-меловому водоносному комплексу в диаметре должна была достигнуть 25 км, а по зоне трещиноватости палеозойских пород - 30 км с общей амплитудой снижения уровня в центрах водоприемных систем соответственно 600 и 750 м. Этот прогноз современными наблюдениями не подтвержден в части площадного развития воздействия водоотлива по основным водоносным горизонтам. Фактическая область воздействия осушения от работы водопонижительных систем центральной площадки АО «ССГПО» достигла 8 км и за последние 30 лет не претерпела серьезных изменений. Это обстоятельство позволило по другому взглянуть на качество выполненных прогнозов и определить приоритеты балансовых методов и метод гидрогеологических аналогий в условиях установившегося режима фильтрации на объектах Северного Казахстана.

Следует отметить, что влияние осушения в олигоцен-четвертичном водоносном горизонте распространяется лишь на первые сотни метров. Это обусловлено относительно низкой уровнепроводностью и проявлением инфильтрационного питания грунтовых вод, в котором кроме атмосферных осадков принимают участие искусственные водоемы, полив зеленых насаждений и т.д.

Под влиянием горных разработок в зоне водопонижений снят или существенно снижен напор, изменены направления, уклоны и скорости движения подземных вод, интенсифицированы процессы питания, перетекания и смешения. Как показывают результаты моделирования, а также многолетний мониторинг длительное возмущение водонапорной системы практически не затронет

грунтовые и поверхностные воды и не изменит существенно их режим и ресурсы, что объясняется достаточно надежной их изоляцией мощными толщами чеганских тонколистватых глин и глинистых опок палеогена, а также мергелистых глин верхнего мела.

Дренажная система Соколовского карьера оказывает влияние на сток р. Тобол. Карьер расположен в зоне транзита и частичной разгрузки подземных вод, которые отчасти перехватываются водоотливом. Кроме того, вследствие образования обратного уклона со стороны реки к южному дренажному контуру карьера начали поступать пресные подземные воды аллювиальных отложений, вовлекаемые в водоотлив вместе с подземными водами эоцен-мелового водоносного комплекса. Поток подземных вод, формируемый под влиянием водоупора и подпора со стороны Сергеевского водохранилища, сложный, струйчатый, что обусловлено разной водопроницаемостью дренируемой зоны. Это предопределяет неодинаковую скорость движения подземных вод и подтверждается различной минерализацией воды, поступающей в дренажный штрек (по данным определений 1986 года и до настоящего времени, М колеблется от 2,7 до 1 г/л).

Анализ распределения концентраций природных изотопов в дренажных водах показывает, что к южному контуру карьера поступают относительно «молодые» воды, вероятно, сформированные в аллювиальных отложениях реки. Доля их в общем водопитоке составляет 3500 м<sup>3</sup>/сут (40 дм<sup>3</sup>/с), т.е. около 10 % [1, 3, 4]. За последние 10 лет водоупора водоприток к шахте Южная II Соколовского карьера стабилизировался на уровне 2400 м<sup>3</sup>/сут. Движение подземных вод на дренируемом со стороны реки контуре можно считать установившимся. Следовательно, ожидаемый ущерб речному стоку в будущем не превысит 4 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Примерно такое же значение расхода потока ( $Q = 5256 \text{ м}^3/\text{сут}$ ) на этом участке депрессионной воронки дает расчет по формуле  $Q = B \times J \times k \times t$ , где В - ширина потока в створе дренирования со стороны реки, В = 1000 м; J - уклон подземного потока, J = 0,012; k - средняя водопроницаемость зоны, k = 438 м<sup>2</sup>/сут.

По отношению к среднемуголетнему расходу реки в этом створе (пост Сергеевский), равному 3 м<sup>3</sup>/с, потери стока реки не превысят 2%. Поскольку это происходит в зоне многолетнего регулирования стока реки, такие потери практически не отразятся на ее водности и режиме.

Изучение режима подземных вод в городах и районах горнопромышленного освоения является одним из наиболее актуальных и распространенных видов гидрогеологических исследований. При

помощи режимных наблюдений изучают процессы подтопления территории, оседания земной поверхности, оценивают влияние эксплуатации рудных месторождений на подземные воды и окружающую среду. Задачи изучения режима подземных вод в районах городов со временем усложняются и становятся более многообразными [1,5,6].

Среди режимообразующих факторов следует отметить водоотлив из шахт, карьеров и дренажных сооружений, интенсивный водоотбор для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, зарегулирование ливневого стока и т. д., приводящие к резкому увеличению расходных составляющих баланса подземных вод. Кроме того, в результате эксплуатации изменяются условия взаимодействия поверхностных и подземных вод, а реки и озера из областей разгрузки превращаются в области питания. Этот процесс активно влияет на режим поверхностных вод, а, следовательно, и на режим, количество и качество подземных вод. Застройка территории, утечки из канализационной и водопроводной сетей, полив улиц и зеленых насаждений, утечка промышленных стоков, создание барражей подземному потоку увеличивают приходные статьи баланса подземных вод. К такому же результату приводят планировка рельефа; перестройка естественной дренажной системы подземных вод; создание искусственных озер, водохранилищ и прудов, создающих подпор и вызывающих подъем уровня грунтовых вод; регулирование речного стока и т.д. Все это во взаимодействии резко изменяет гидродинамический и гидрохимический режимы подземных вод.

Разработка месторождений полезных ископаемых, строительство промышленных и гражданских объектов, прокладка коммуникаций и дорог на территории ССГПО. проведение водохозяйственных мероприятий способствовали развитию процессов подтопления и заболачивания территории. Первые проявления подтопления грунтовыми водами г. Рудного отмечались еще в 1963 г. На территории обогагательной фабрики с 1956 по 1966 г. уровень грунтовых вод повысился на 1,5-2 м. В 1972 г. этот процесс распространился практически на всю территорию промплощадки и многие здания и сооружения подверглись подтоплению.

На территории селитебной зоны г. Рудного процесс подтопления грунтовыми водами проявился значительно позже, в 1982 г.

Его масштабы вначале были весьма незначительны, и подтопление носило лишь локальный характер. В 1984- 1985 гг. он охватил уже более значительные площади и проявился в затоплении подвальных помещений, погребов и смотровых ям. Поэтому встал вопрос о необходимости выявления факторов, способствующих развитию процессов подтопления, для борьбы с ними и их прогноза.

Для выяснения масштабов подтопления, выявления причин его возникновения и развития, а также районирования территории города по степени потенциальной подтопленности Рудненским индустриальным институтом были проведены специальные исследования [1]. Искусственные (техногенные) факторы подтопления приведены в табл. 1.

Следует отметить, что промышленное и хозяйственное освоение исследуемой территории привело к нарушению ее водного баланса, вследствие чего происходит подтопление грунтовыми водами как отдельных жилых и промышленных зданий, так и целых участков и микрорайонов.

Источники и факторы формирования этого процесса можно условно подразделить на естественные и искусственные (техногенные). К первым относятся климат, геологическое строение, гидрогеологические условия, рельеф, а также многолетний естественный подъем уровня подземных вод, активизация которого отмечается с конца 1970-х гг. Этот подъем усилил воздействие техногенных факторов.

Проведенные рекогносцировочные исследования и режимные наблюдения позволили определить масштабы развития этого процесса в пределах селитебной зоны г. Рудного, а также предварительно выявить его источники и факторы на тех участках, где он уже проявился в подтоплении погребов, подвалов, смотровых ям, замачивании грунтов оснований зданий и их деформациях, заболачивании и засолении грунтов.

Расчет баланса грунтовых вод показал, что ежегодное повышение их уровня составляет порядка 20 см. На значительной части территории, подверженной влиянию Сарбайского накопителя, эта величина возрастает до 32 см в год. Результаты индикаторных исследований подтвердили гидрогеологические расчеты и доказали наличие фильтрации под «подвешенным» дренажом, проложенным вокруг Сарбайского накопителя.

Таблица 1 - Источники и факторы подтопления территории г. Рудного (по данным Индустриального института)

Источники подтопления	Факторы		
	постоянные	периодические	эпизодические
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Водонесущие коммуникации	Допустимые утечки вследствие несовершенства трубопроводных систем	Утечки из ливневой канализации	Аварийные утечки из водонесущих коммуникаций

Недостаточное развитие ливневой канализации	-	Инфильтрация дождевых и талых вод	-
Сарбайский накопитель рудничных вод	Инфильтрация из накопителя	-	-
Подземные сооружения, свайные фундаменты, грунты обратной засыпки и т.д.	Подпор подземного стока вследствие барражного эффекта	-	-
Предприятия, цехи и сооружения (градирни, фонтаны, мойки, водозаборные колонки и т.д.)	Инфильтрация из сооружений с «мокрым» технологическим циклом	Инфильтрация из фонтанов	Инфильтрация при неисправности водозаборных колонок
Организованный и неорганизованный полив	-	Инфильтрация избытка поливных вод	-
Нарушение поверхностного стока вследствие ошибок в вертикальной планировке, формирования насыпей дорог и т.д.	-	Инфильтрация дождевых и талых вод	-
Здания и сооружения, привязанные на местности без учета розы ветров	-	Снегозадержание	-
Застройка и асфальтирование территории	-	Конденсация влаги под зданиями и покрытиями	-

Повышение уровня подземных вод вследствие инфильтрации техногенных вод во многих случаях сопровождается изменением химического состава и качества подземных вод. Особенно остро эта проблема стоит при подтоплении вследствие инфильтрации в грунт производственных сточных вод, содержащих различные химические загрязнители. В отдельных случаях, например при инфильтрации кислых вод могут измениться водно-механические свойства грунтов в результате растворения отдельных включений, сорбции частицами грунта определенных компонентов из просачивающихся вод и т.д. Подобная картина особенно характерна для инфильтрации сточных вод таких отраслей промышленности, как химическая, горно-обогатительная, горнодобывающая и др. Наиболее сильно изменяются химический состав и качество воды первого от поверхности водоносного горизонта. Следствием этого, является повышение их агрессивности по отношению к бетону. Нарушение естественного режима грунтовых вод приводит к изменению не только гидродинамики (скорость фильтрации, градиенты напора), но и физико-механических (в том числе деформационных) свойств. В результате этого слабые грунты оснований дают осадку, просадочные - просадку, а набухающие деформации набухания.

Подтопление заглубленных частей зданий ведет к нарушению условий их эксплуатации. При этом повышается коррозионная активность грунтов по отношению к металлу заглубленных сооружений и коммуникаций, а засоление грунтов приводит к гибели зеленых насаждений.

Подъем уровня грунтовых вод оказывает также взвешивающее действие на грунты оснований существующих зданий и сооружений, что способствует увеличению мощности сжимаемой толщи, уменьшению напряжений, вызванных действием собственного веса грунта, и приводит к снижению устойчивости и осадке зданий и сооружений.

Для обоснованного инженерного решения проблемы борьбы с подтоплением, а также для получения более точных аналитических прогнозов развития этого процесса для всей промплощадки и города необходимо расширить сеть режимных скважин и привлечь современные методы исследований: георадарное прозвучивание, ядерно-изотопные методы и обработку материалов на ЭВМ.

#### Литература:

1. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Едигенов М.Б. и др. «Гидрогеология и охрана окружающей среды

горнорудных районов Северного Казахстана». М., Недра, 1992., 270 с.

2. Дейнека В.К. Гидрогеология Торгайского прогиба. Костанай, 2005, 218 с.

3. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождений Северного Казахстана, Костанай, 2013, 308 с.

4. Едигенов М.Б. Горнорудничная гидрогеология и геориски на месторождениях Северного Казахстана. Бишкек, 2014, 367 с.

5. Норватов Ю.А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод. Л., Недра, 1988, 260 с.

6. Плотников Н.И., Рогинец И.И. «Гидрогеология рудных месторождений». М., Недра, 1987.