

УДК.556.33.632

*Едигенов М.Б., кандидат геолого-минералогических наук, член-корреспондент МАМР,
ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос», г. Костанай, Республика Казахстан.*

ГЕОРИСКИ ГОРНОРУДНОГО ТЕХНОГЕНЕЗА СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В статье рассмотрены геориски воздействия промышленной отработки рудных месторождений на природную среду. Во всех своих проявлениях уровень такого воздействия должен быть контролируемым и управляемым.

In the article the questions of influence of the industrial working off ore deposits are considered on a natural environment. In all of its manifestations of the impact of geohazard must be controlled and managed.

Изменение гидрогеологических, инженерно-геологических условий при освоении группы крупнейших железорудных месторождений Северного Казахстана - Соколовского, Сарбайского, Южно-Сарбайского, Качарского и Куржункульского, оолитовых железных руд - Лисаковского, Аятско-Козыревской и Торгайской группы бокситовых месторождений, свинцово-цинкового месторождения Шаймерден, Варваринского, Комаровского и Васильковского месторождений золота, Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста, Приозерного бурогоугольного разреза, а также Косачинно-Грачевской группы урановых месторождений, сопряжены с формированием и проявлением георисков [2, 4-6].

Исследования гидрогеологических и инженерно-геологических условий от стадии разведки через стадию освоения вплоть до их ликвидации позволяют определить динамику изменения уровней и химизма подземных вод, вовлекаемых в водоотлив, выявить граничные условия основных водоносных горизонтов, обводняющих разрезы месторождений и, наконец, определить типы и масштабы техногенных изменений в районах ведения горных работ.

В особую группу георисков следует отнести обводненность месторождений и связанные с этим негативные техногенные процессы, прежде всего, с недостаточным осушением вскрываемых разрезов. Эта группа георисков характерна для площадей ведения открытых и подземных горных работ, где в результате неэффективной организации систем осушения могут иметь место оползни, оплывины и обрушения отдельных блоков горных пород и целых уступов, прорывы подземных вод на участки добычных работ и пр. Размещение на дневной поверхности извлеченных из горных выработок подземных вод определяет еще одну группу георисков, связанную с воздействием на подземную гидросферу зоны активного водообмена- это подтопление и засоление санитарно-защитных зон накопителей-испарителей рудничных стоков, разгрузка части профильтровавшихся стоков в речной сток и питьевые подземные водозаборы. Так, в течение многих десятилетий организованный Сарбайский накопитель рудничных вод, не имеющий эффективного придамбового дренажа, являлся постоянным загрязнителем речного стока, когда в результате подъема уровня подземных вод в речной сток через дочеганскую толщу песков верхнего олигоценна, а также по серии оврагов и балок поступало 4-5 млн. м³ минерализованных рудничных вод. В настоящее время этот накопитель ликвидируется и под ним планируется размещение отвалов Южно-Сарбайского месторождения. Значительный вклад в общее загрязнение речного стока вносит хвостохранилище АО «ССПО», «купол растекания» от которого поставляет в реку Тобол соли тяжелых металлов. Кроме того, в результате многолетней фильтрации под дно и дамбу хвостохранилища пришло в негодность Перцевское ме-

сторождение подземных вод, расположенное южнее в результате аномально высоких содержаний в подземных водах продуктивной толщи эоцена железа и марганца.

Для месторождений урана характерны ураногеориски - это отходы производства, законсервированные в радиоактивных хвостохранилищах, и не рекультивированные горные отвалы, Именно такие объекты были зафиксированы в результате эколого-гидрогеологических исследований начала 2000-х годов на Косачинно-Грачевском урановом поле, где в течении многих десятилетий велась промышленная добыча урана. В результате не выполнения рекультивационных мероприятий размещенных на дневной поверхности объектов, в подземных и поверхностных водах, а также в почвах зафиксированы концентрации не только урана, но и их радиоактивных изотопов, превышающие ПДК в десятки раз.

После остановки горнорудного предприятия развитие активных процессов не предполагается, поскольку прекращаются технические мероприятия и связанные с ними техногенные изменения [7].

Однако, как показано в исследованиях уральских ученых [7] опыт остановки горнорудных предприятий, также как и закрытия угольных шахт в различных регионах мира, России и Урала, показывает, что негативные процессы в гидрогеосистеме продолжают и на постэксплуатационной стадии, иногда даже в большем объеме.

Рядом исследователей постэксплуатационный период освоения месторождений полезных ископаемых (после остановки горнодобывающего предприятия) выделяется в особую стадию техногенеза (табл. 1) [7].

Таблица 1

**Стадии техногенеза при разработке месторождений полезных ископаемых
(по [7] изменениями)**

Стадии техногенеза	Стадии освоения месторождений
<p>1. Предтехногенная (стадия развития гидрогеосистемы)</p> <p>2. Прогрессивная стадия техногенеза гидрогеосистемы. Характеризуется возрастанием внутренней энергии гидрогеосистемы. Ведущую роль играют управляемые процессы механического разрушения, переноса и дифференциации минерального вещества, увеличение удельной поверхности метастабильных фаз, увеличение зоны аэрации, скорости водообмена, формирование и накопление тонкодисперсных продуктов механического разрушения, возрастание роли геодинамических процессов, активизация гидрогеохимической миграции и процессов минералообразования, повышение температуры массива за счет процессов окисления.</p> <p>3. Регрессивная стадия техногенеза гидрогеосистемы. После прекращения управления технической системой (после завершения эксплуатации) геодинамические процессы используют энергию, накопленную гидрогеосистемой в предыдущий прогрессивный период. Происходит активизация геодинамических процессов, формирование природно-техногенной гидрогеосистемы</p>	<p>1. Разведка месторождения и разработка проекта на его освоение</p> <p>2. Строительство и эксплуатация горнодобывающего предприятия</p> <p>3. Постэксплуатационная: консервация или ликвидация горнодобывающего предприятия, рекультивация.</p>

Таким образом, выделяются три основных стадии освоения месторождений.

Первая, предтехногенная стадия, на которой любые техногенные нарушения носят обратимый характер.

На *второй, прогрессивной* стадии при вскрытии и освоении месторождения подземным или открытым способом дренажные мероприятия создают техногенную зону аэрации. В ее границах и за ее пределами нарушается не только гидродинамическое, гео- и гидрохимическое равновесия, но в результате перемещения массы горных пород нарушается и геодинамическое состояние массива и геофизические поля (гравитационное, тепловое и пр.). Основным фактором формирования нестабильности является техногенный, и это квалифицируется как *активная стадия* техногенеза. На *третьей, регрессивной* постэксплуатационной стадии освоения месторождений происходит расходование накопленной

при отработке месторождения энергии. Накопленные напряжения разгружаются через геодинамические и гидрохимические процессы, гидрогеосистема стремится вернуться в исходное состояние, составляя *регрессивную* стадию техногенеза.

Как указывалось выше, автору очень близки геориски, связанные с обводненностью месторождений.

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. Водопонизительные 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 водоносной зоне 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 водопонизительных систем центральной площадки АО «ССГПО» достигла 8 км и за последние 30 лет не изменилась. Это обстоятельство позволило по другому взглянуть на качество выполненных прогнозов и определить приоритеты балансовых методов и методов гидрогеологических аналогий в условиях установившегося режима фильтрации на объектах Северного Казахстана.

Краткая характеристика действующих рудников Северного Казахстана, их дренажных систем, а также техногенных процессов приведена в таблице 2.

Таблица 2

Краткая характеристика действующих рудников Северного Казахстана, их дренажных систем, а также техногенных экзогенных процессов

№№ п/п	Наименование объектов	Год начала горных работ, способ отработки	Период строительства рудников, система осушения	Современное состояние	Объекты, испытывающие воздействие и их характер
1.	2.	3.	4.	5.	6.
1.	Сарбайский	1954 г, открытый	1954-1970 г.г., (ПДК ¹), (О.В ²). До 1994 года ПДК принимал 70 % притоков, О.В.- 30 %, что обеспечивало безопасность горных работ. Дренажные Воды частично используются в оборотном цикле обогащения, большая часть сбрасывается в накопитель.	ПДК затоплен, работает система открытого дренажа, которая принимает 70 % притоков, 30 % извлекается из ПДК. Борта карьера по песчано-глинистым разностям испытывают серьезные геолого-технические осложнения	Подземная гидрогеосистема в радиусе 8 км от карьера, что соответствует радиусу депрессионной воронки по меловому водоносному горизонту и водоносной зоне палеозойских пород. Олигоценый водоносный горизонт под Сарбайским накопителем в результате огромных фильтрационных потерь, разгружающийся в реку Тобыл. Участки гидрогеосистемы под отвалами горных пород

1.	2.	3.	4.	5.	6.
2.	Южно-Сарбайский	2006 г, открытый, Южно-Сарбайская подземная дренажная галерея с 1978 года	2006-2012 гг., пробурены и уже потеряны 20 водопонижительных скважин на меловой водоносный колмплекс на южном борту карьера	Работает подземная дренажная галерея и открытый водоотлив, из 4-х шахтных стволов в работе 1, ПДК на горизонте +10 м имеет 3,64 км штреков, из них работают только 1,7 км., из 55 восстающих скважин в работе 32, из двух водосборных скважин работает одна, из 20 ВП скважин ни одна не работает. В карьере работают 4 зумпфа в неоген-олигоценых песках.	В контур отработки попадает и подлежит сносу станция Железородная, ликвидирована Сарбайский накопитель, на его месте планируется размещение отвалов, развитие воронки осушения продолжается на юг, вовлекая все более активно в систему осушения поверхностный сток реки Тобыл.
3.	Соколовский	1955 г., открытый	1955-1963 гг., ПДК, ОВ, система водопонижительных скважин,	Работает ПДК со значительной потерей доли в общем водопитоке (до 40 %) и ОВ (до 60 %) общего водоотлива.	В общем водоотливе привлечен подземный сток со стороны реки Тобыл. Потери речного стока оцениваются в 13 % от его среднегодовой нормы. Гидрогеосистема под отвалами и хвостохранилищем испытывает техногенный прессинг в виде рассеивания рудной минерализации, выщелачивания, миграции в подземные воды солей тяжелых металлов, токсикантов 2 и 3 классов опасности.
4.	Соколовский	1974 г, подземный	ПДК	Работает ПДК, существует система мониторинга за эффективностью осушения	Существует опасность внезапных прорывов подземных вод, проседание кровли чеганского регионального водоупора, образование провальных воронок на дневной поверхности
5.	Качарский	1975 г., открытый	1975-1985 г.г., ПДК, ОВ, система водопонижительных скважин на альбсеноманский водоносный горизонт	Работает только система открытого водоотлива и часть ПДК	Оползни и оплывины в олигоценых песках, плоскости скольжения в глинах коры выветривания

1.	2.	3.	4.	5.	6.
6.	Куржункульский	1970 г., открытый	197-1976гг., несколько водопонизительных скважин, ОБ.	Работает только ОБ	Борта карьера Оплывины и оползни по олигоценовым пескам
7.	Варваринский	2006 г., открытый	2006-2010 гг., кольцевая батарея из 10 водопонизительных скважин на эоцен-меловой водоносный комплекс, ОБ	Работает только ОБ	Борта карьера по эоцен-меловым отложениям - оплывины в песках весной, плоскости скольжения в глинах.
8.	Лисаковский, ТОО «Оркен»	1969 г., открытый	1969-1975 гг., система водопонизительных скважин, ОБ	Работает только система ОБ	Оплывание бортов карьера

¹ Подземный дренажный комплекс

² Открытый водоотлив

Следует подчеркнуть, что техногенные процессы принимаются как прямое следствие технических мероприятий и по своему содержанию, негативному влиянию на геологическую и окружающую среду чаще всего являются комплексными как с позиции термодинамики, так и синергетики.

С позиции *термодинамики* техногенное воздействие на гидрогеосистему может носить эжекторный (изъятие) или инъекционный (закачка) характер, а в сложных техногенных условиях (в частности, при горнорудном производстве), присутствуют одновременно в разных пропорциях оба вышеуказанных воздействия [1, 9].

Комплексность техногенных процессов в гидрогеосистеме, с точки зрения *синергетики*, определяется ее многокомпонентностью. В качестве структурных элементов (подсистем) литосферы рассматриваются горные породы, подземные воды, подпочвенные газы и микроорганизмы. Разумеется, при горных работах техногенное воздействие испытывают все компоненты, что проявляется во взаимосопреженном изменении гидрогеосистемы – гидрогеологических и инженерно-геологических условий [1, 3, 8].

Горнорудный тип техногенеза. формируется особый тип ландшафта, напоминающий карстовый ландшафт. Как известно, карстовые ландшафты характеризуются двумя структурными подсистемами: поверхностной и подземной. Они представляют собой геокомпонентные морфологические горизонтальные составляющие. Поверхностная и подземная части карстового ландшафта имеют собственную топографию, фауну и флору, климат (например, пещерный), гидрографию (подземные реки). Горизонтальные составляющие соединяются в единое целое посредством вертикальных геокомпонентов. Глубина карстовых ландшафтов обычно не превышает 2 км.

Горные разработки, в первую очередь включающие подземные горные выработки, создают очень схожий географический тип ландшафта. Разноуровневые горизонтальные выработки (как пещеры и карстовые каналы) и связывающие их с дневной поверхностью шахтные стволы, провалы, обрушения и пр., представляются некоторыми исследователями, как *карстоподобный тип ландшафта*, являющийся одним из необратимых последствий горных работ и признаком горнорудного типа техногенеза. Он замещает бывшие ранее природные ландшафтные особенности, ключевым образом изменяя геохимические, гидрогеологические и прочие условия на контакте литосферы с атмосферой.

В результате техногенез горнорудной промышленности приобретает следующие особенности [1, 9, 10]:

- формирование на поверхности техногенного карстоподобного ландшафта, включая геохимическое и гидрогеохимические его аспекты;
- формирование техногенного поля напряжений в горном массиве, приводящих к развитию техногенной трещиноватости и деформации поверхности земли. Известно, что процесс отработки месторождения, даже если он организован с учетом самых передовых технологий, дестабилизирует массив горных пород и вызывает активизацию экзогенных и, даже, эндогенных процессов;
- формирование локального или регионального техногенного гидродинамического режима подземных вод и усилению интенсивности подземного водообмена, формирование техногенного водоносного горизонта.
- проникновение техногенных процессов на значительную глубину, в пределах которой подземные воды обладают высокой окислительной способностью, способностью выщелачивания, растворения и интенсивного тепломассообмена, направленного из недр на поверхность земли;
- значительное истощение естественных запасов подземных вод, переформирование структуры подземного потока в плане и разрезе, баланса подземного стока.
- проявление подземных геодинамических процессов в подземных горных выработках (горные удары, внезапные выбросы пород, воды и газов, прорывы вод и плывунов, суффозионное разрушение пород, выщелачивание легкорастворимых пород, пучение глинистых пород при их набухании, подземные пожары и сопутствующее отверждение пород, вспучивание кровли подземных выработок в мерзлых породах при заполнении их водой и её замерзании).

Большинство из перечисленных процессов охарактеризованы Ф.В. Котловым [1]. В таблице 3 приведены сведения о подземных природно-антропогенных процессах.

Таблица 3

Техногенные и природно-техногенные процессы горнорудного профиля

№№ п/п	Процессы на соответствующей стадии техногенеза	
	Техногенные на прогрессивной стадии техногенеза (по [7]. с изменениями)	Природно-техногенные на регрессивной стадии техногенеза
1.	2.	3.
1.	Осушение водоносных пород надрудной и рудовмещающей толщ дренажными мероприятиями, изменение структуры фильтрационного потока и общего водного баланса	Подъем уровня подземных вод после остановки водоотлива в границах его воздействия, самозатопление карьерных и шахтных полей. Излив шахтных вод на поверхность земли, изменение структуры фильтрационного потока и общего водного баланса, подтопление и заболачивание. Сохранение водоотлива полностью или частично.
2.	Вторичная консолидация рыхлых пород при снижении пластового давления	Разжижение и снижение прочностных свойств горных пород при их вторичном увлажнении.
3.	Депрессионное уплотнение песчаноглинистых пород при снижении пластового давления.	То же
4.	Сдвигение в массиве горных пород в зоне влияния горных выработок.	Гравитационные процессы на подработанной территории, в том числе, в зоне сдвижения.
5.	Суффозионные и суффозионно-карстовые процессы, формирующиеся при осушении карбонатных водоносных пород.	Суффозионные и суффозионно-карстовые процессы, формирующиеся в зоне сезонного колебания уровня подземных вод, в первую очередь, над подземными горными выработками.
6.	Внезапный прорыв рудничных вод, формиру-	Внезапный прорыв рудничных вод из старых за-

	ющийся под влиянием остаточного гидростатического напора.	топленных выработок в новые.
7.	Оползневые процессы при открытой разработке месторождений, формирующиеся в условиях недостаточного осушения песчано-глинистых пород	Оползневые и осыпные процессы при открытой разработке месторождений, формирующиеся в условиях «мокрой» консервации карьеров.
8.	Окисление рудной минерализации и органических веществ в осушенных породах техногенной зоны аэрации.	Химическое выветривание техногенных литоминеральных образований (отвалов, хвостохранилищ, аэрогенных ореолов и др. объектов). Окисление рудной минерализации и органических веществ в осушенных породах техногенной зоны аэрации при неполном восстановлении уровня подземных вод. Растворение вторичных минеральных образований в бывшей техногенной зоне аэрации.
9.	Взаимодействие осушительных устройств и водозаборных сооружений предприятия между собой и со смежными аналогичными объектами.	Включение в область питания водозаборных сооружений затопленных карьерных и шахтных полей.
10.	Пучение горных пород в подземных горных выработках.	Водная эрозия стенок подземных горных выработок.
11.	Горные удары при освоении месторождений в сложных геолого-структурных условиях.	Нарушение прочностных свойств и устойчивости подработанных массивов горных пород.
12.	Техногенные землетрясения.	Техногенные землетрясения.
13.	Подземные пожары.	Изменение температурного градиента в массиве горных пород.
14.	Формирование техногенных (в т.ч. карстоподобного) ландшафтов.	Нерекультивированные техногенные ландшафты или их элементы, составляющие природно-техногенные (в т.ч. карстоподобные) ландшафты.

Все перечисленные в таблице 3 техногенные и природно-техногенные процессы трансформированы автором на рудные месторождения Северного Казахстана и разбиты по стадиям освоения месторождений. При этом во главу угла автором ставятся геориски водного характера и в таблице 4 эти сведения можно рассматривать как схему-модель водных георисков рудных месторождений. На рис 1 приведена геоэкологическая карта-схема горнорудных районов Северного Казахстана. На ней по принципу светофора показаны горнорудные районы со степенью их воздействия на окружающую среду в современной обстановке.

Геоэкологическая карта-схема основных горнорудных районов
Северного Казахстана
масштаб 1:4 000 000

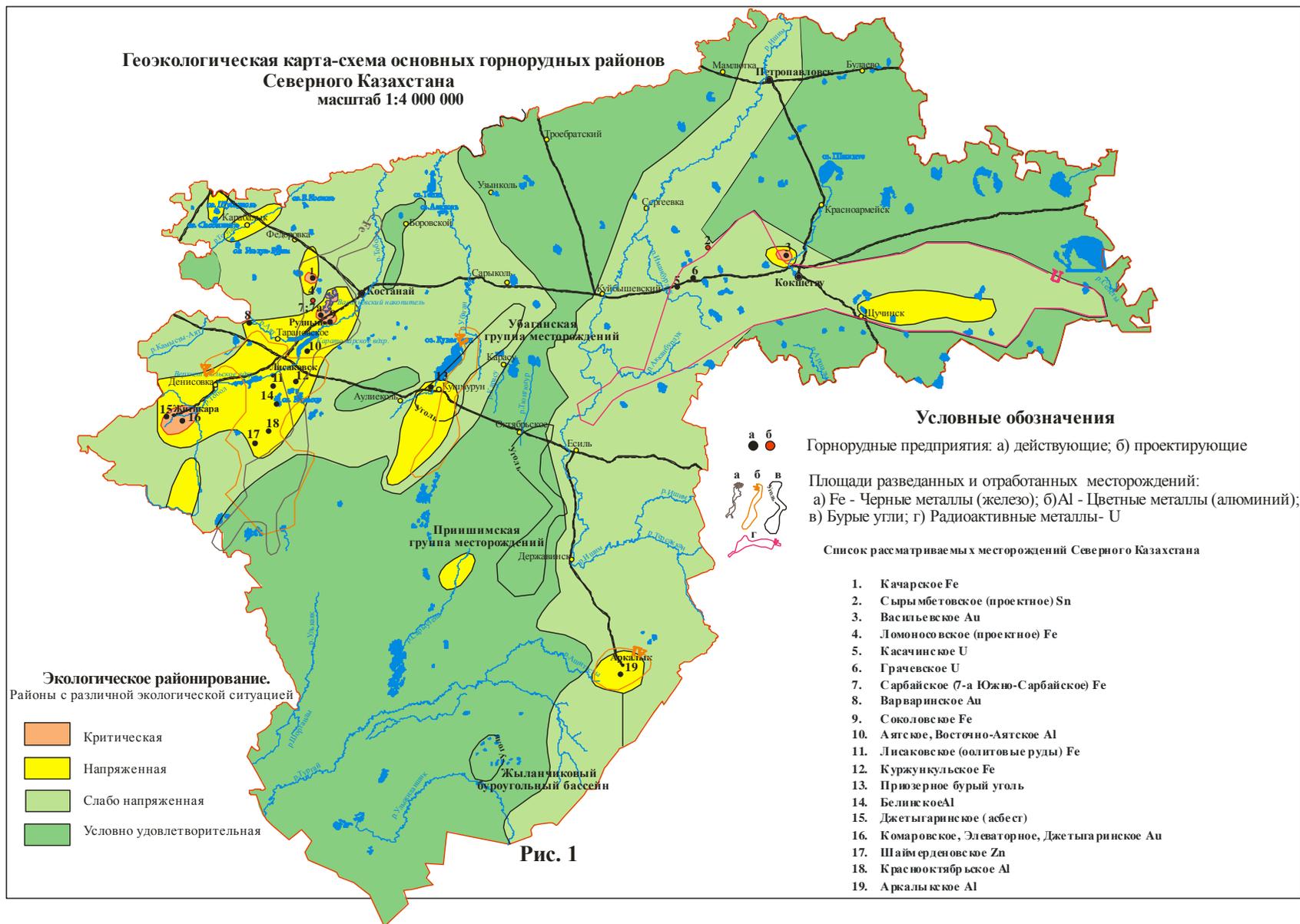


Рис. 1

Схема модель водных георисков рудных месторождений

Стадии освоения месторождений	Возникающие риски	Масштаб	Продолжительность	Интенсивность	Способы борьбы
1	2.	3.	4.	5.	6.
Поисковая, разведочная	Нарушение земляного покрова, загрязнение подземных вод, на локальных участках ведения буровых работ, низкое качество информации по граничным условиям обводняющих толщ, их параметров и оценке притоков из них	Незначительный в части использования буровой техники и мобильное ее перемещение, значительные ошибки в прогнозах	Несколько лет	Небольшая	Рекультивация участков буровых и опытных работ, предварительная оценка обводненности месторождения
Стадия проектирования	Неправильная организация внутренней инфраструктуры рудника, размещение объектов не всегда соответствует данным разведки. Некачественная оценка (или ее отсутствие) возможности воздействия отработки месторождения на участки с утвержденными запасами подземных вод и речной сток, их допустимость.	Значительный в районах размещения водных объектов-хвостохранилищ, прудов-накопителей, неправильная организация обратного дренажа и планировки горного отвода, подтопление прилегающих площадей	5-7 лет	Значительная	Реорганизация системы осушения и водоотведения, проведение строительных откаток продолжительностью несколько лет, получение объективных данных обводняющих толщ, организация эффективного мониторинга подземной гидросферы, целенаправленная оценка эксплуатационных запасов дренажных вод
Строительство рудника, выход на проектную мощность	Резкое увеличение притоков в горные выработки, геологические осложнения-оползни в рыхлых породах, внезапные прорывы подземных вод по зонам тектонических нарушений и в карбонатных массивах, утечки и фильтрация из наземных водных объектов, наблюдательная режимная сеть деградирована и не способна объективно отражать ход снижения уровней в процессе осушения карьерных и шахтных полей	Весьма существенный прежде всего в контурах ведения горных работ, как открытых так и подземных, слабо работают системы ливнесточной канализации, организация открытого и подземного водоотлива требует постоянной поддержки и обслуживания	5-15 лет	Весьма существенная и является самой большой за весь период работы рудника	Организация эффективного опережающего дренажа и создание системы мониторинга, позволяющей управлять дренажными мероприятиями. Организация максимального использования извлеченных из горных выработок рудничных вод. Ликвидация утечек с водонесущих объектов-хвостохранилищ и прудов, правильная организация отвального хозяйства, повторная переоценка эксплуатационных запасов дренажных

1.	2.	3.	4.	5.	вод
Эксплуатационная стадия	Старение горных выработок, деградация системы осушения, увеличение себестоимости добычи с углублением горных работ, техногенные аварии, переполнение хвостохранилищ и прудов-накопителей, пыление отвалов, массоперенос газовой пыли на огромные расстояния, загрязнение тяжелыми металлами сельскохозяйственных земель Режимная сеть требует коренной реконструкции уже давно не отражает объективных изменений, происходящих в гидрогеосистеме	Огромный, дренажные системы не способны эффективно принимать даже снижающиеся притоки в горные выработки, службы осушения работают в режиме пожарной команды и успевают лишь ликвидировать развала дренажных систем, а не саму причину. Образованы огромные площади подтопления и засоления вокруг хвостохранилищ и накопителей, что приводит к штрафным санкциям инспекционных служб	40-60 лет	Очень высокая	Реставрация дренажных систем и режимной сети скважин, наращивание секций хвостохранилищ и прудов-накопителей, рекультивация отработанных отвалов, постоянная очистка и поддержание ливневосточной системы в рабочем режиме как в контурах горных работ, так и всей промплощадки, завершающая после эксплуатационная оценка гидрогеологических условий района месторождения
Постэксплуатационная стадия консервации	Остановка или частичная приостановка работы дренажных систем при остановке добычи. Подъем уровней подземных вод, подтопление и затопление гражданских и промышленных объектов, продолжающаяся фильтрация из водонесущих объектов хвостохранилищ и прудов-накопителей	Огромный	Десятки лет	Очень высокая	Проведение полных рекультивационных работ на хвостохранилищах и отвалах горных пород Наблюдение за подъемами уровней водонесущих горизонтов по сети мониторинга, а также за развитием природно-техногенных процессов, происходящих после остановки добычи Частичная рекультивация горных выработок

Выводы:

1. Горнорудный техногенез, как комплекс эжекторных (изъятие) или инъекционных (закачка) процессов имеет три стадии – предтехногенную, прогрессивную и регрессивную.
2. Гидрогеосистема- новое понятие, объединяющее гидрогеологию и инженерную геологию, как систему горнорудничного техногенеза.
3. Рассмотренные на рудных месторождениях Северного Казахстана геориски гидрогеосистемы объединены в схему-модель и отображены на карте-схеме горнорудных районов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусова М.К., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология», М., 2006, 397 с.
2. 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.
3. Гавич И.К. Техногенные процессы в подземных водах. Биосферный подход, диагностика, управление. М., 2003, 248 с.
4. Дейнека В.К. Гидрогеология Торгайского прогиба. Костанай, 2005, 218 с.
5. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождений Северного Казахстана, Костанай, 2013, 308 с.
6. Едигенов М.Б. Горнорудничная гидрогеология и геориски на месторождениях Северного Казахстана. Бишкек, 2014, 367 с.
7. Елохина С.Н. Гидрогеологические последствия горного техногенеза на Урале. Екатеринбург, 2013, 187 с.
8. Норватов Ю.А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод. Л., Недра, 1988, 260 с.
9. Осипов В.И., Шойгу С.К. Природные опасности России. М., 2000, 296 с.
10. Плотников Н.И., Рогинец И.И. «Гидрогеология рудных месторождений». М., Недра, 1987.