

СОХРАНЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА НА НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ТЕРРИТОРИЯХ

Розглянуто особливості формування гідрорежиму на територіях, які порушено відкритими гірничими роботами. Запропоновано напрямки та технічні рішення, що забезпечать збереження природного стану на прилеглих територіях.

SAVING WATER BALANCE OF DISTURBED AREAS SURFACE MINING

Peculiarities of formation water regime in areas that violations open cast mining. Directions and technical solutions that will ensure the preservation of the natural state of the surrounding areas

С интенсивным развитием экономики и промышленности все острее становится вопрос обеспечения экологической безопасности и рационального землепользования. Одним из самых проблемных вопросов в этой области остается нарушение природного состояния окружающей среды. Поэтому проблема восстановления естественных свойств всех компонентов окружающей среды становится все актуальнее.

К основным жизнеобеспечивающим ресурсам относятся водные и земельные. Они же подвергаются значительным изменениям в ходе ведения хозяйственной деятельности.

Наиболее развитыми отраслями промышленности в Украине, вносящими значительные изменения в природное состояние всех компонентов окружающей среды, являются горнодобывающая и горноперерабатывающая отрасли промышленности.

Вопросы уменьшения разрушения и восстановления земельных ресурсов и водной среды в настоящее время решаются лишь проведением малоэффективной рекультивации.

Исследованиями доказано, что большую роль в формировании границ зон нарушенной среды играют гидрогеологическое строение горного массива, гидрологический режим вскрытых подземных вод и поверхностных потоков, а также технические мероприятия, направленные на урегулирование гидрорежима и обеспечение безопасности ведения горных работ [1-4].

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. Это в свою очередь приводит к нарушению режима поверхностных и подземных вод, деформациям и оседанию земной поверхности, подтоплению и заболачиванию [3-5], изменению качества подземных вод, снижению плодородия земель, снижению урожайности с/х культур, усыханию и гибели насаждений.

Это происходит по следующим ниже кратко изложенным причинам.

1. При подземной разработке в результате ведения горных работ и образования мульды сдвижения истощаются водоносные горизонты четвертичных отложений и палеоген-неогеновой системы. После осадки горных пород в мульде сдвижения, происходит их уплотнение на 30% больше от первоначального состояния, водные потоки частично изменяют свое направление и начинается подъем уровня подземных вод или заболачивание отдельных участков.

2. При открытой разработке фронтом горных работ пересекаются основные потоки подземных и поверхностных вод, что приводит к нарушению гидрорежима (дренирование и осушение водоносных горизонтов, препятствие естественному поверхностному и подземному стоку), и как следствие к развитию оползневых процессов на уступах и бортах карьеров (отвалов)

3. Внутренние отвалы по существующей технологии формирования не имеют гидравлической связи с природной средой, уложенные породы имеют нарушенную структуру. Таким образом, такая техногенная среда, располагаясь в окружении природной геологической среды, является преградой, которая препятствует движению подземных и поверхностных вод, что может приводить к оползневым процессам и поднятию уровня подземных вод.

4. Внешние отвалы влияют на движение поверхностных и подземных вод, поскольку зачастую располагают в балках или оврагах, т.е. в местах, где обычно происходит разгрузка подземных и поверхностных вод, что приводит к подтоплению и оползням.

5. Шламонакопители, хвостохранилища, шламоохранилища и др. в большинстве случаев располагают в балках, оврагах и т.п., что уже в самом начале эксплуатации приводит к существенному нарушению режима подземных и поверхностных вод.

Горные породы в процессе открытой разработки испытывают нарушения, перемешивание и перемещение. В результате изменяются некоторые их механические и физико-механические свойства. При сравнении физических свойств пород в ненарушенной и нарушенной геологических средах было установлено, что объемный вес лессовидных суглинков уменьшился на 0,34, глинистых пород и красно-бурых суглинков на 0,25 и песчаных отложений на 0,15. Уменьшение объемного веса горных пород, отсыпанных в отвалы, обусловлено увеличением общей пористости лессовидных суглинков на 10-14%, глинистых пород и красно-бурых суглинков на 7-11% и песчаных отложений на 5-6 %. Средняя пористость глинистых пород в нарушенном состоянии оказалась меньше на 50 % при сравнительно высоких значениях объемного веса (1,37-1,43 г/см³). Грунты с такими величинами пористости и объемного веса, созданием грунтовой корки в верхнем плодородном слое, отсутствием достаточной водопрочности структуры и проявлением общей усадки расцениваются как неудовлетворительные для обработки большинства сельскохозяйственных культур. Изменение указанных свойств пород также влияет на водный баланс территорий, примыкающих к нарушенным горными работами землям.

При разделении геологической среды на три категории: природная, нарушен-

ная и техногенная [6-7] можно выделить основные нарушения водного баланса и гидрорежима и параметры его определяющие.

На контакте природной и нарушенной среды возможны следующие изменения водного режима:

- 1) Нарушение естественной связи пород;
- 2) Перетекание вод вышележащих водоносных горизонтов в нижележащие;
- 3) Перераспределение гидростатического и гидродинамического давления;
- 4) Фильтрация или инфлюация вод атмосферных осадков;
- 5) Формирование депрессионной воронки и осушенных участков;
- 6) Формирование зон подтопления и заболачивания;
- 7) Снижение защитной способности верхней зоны геологической среды вследствие сокращения толщины ненасыщенных пород (зоны аэрации) и ускорение эрозия грунтов со снижением их плодородия.

В техногенной среде в области водообменных процессов происходит следующее:

- 1) Формирование новых водоносных слоев и горизонтов;
- 2) Перераспределение гидростатического и гидродинамического давления;
- 3) Фильтрация или инфлюация вод атмосферных осадков, технических вод;
- 4) Практически полная зарегулированность поверхностного стока с существенным снижением естественной дренированности и устойчивым подъемом уровней грунтовых вод, что активизирует развитие процессов подтопления и переувлажнения верхней зоны пород, со следующим снижением их прочности и развитием опасных оползневых, карстовых и других процессов.

В таблице 1 на основании выполненного анализа сгруппированы факторы и параметры, влияющие на водообменные процессы и гидрорежим в геологической среде.

Как отмечено выше, пористость грунтов влияет на их плодородие, а также на обеспечение гидрорежима.

Причинами нарушения пористости грунтов является их переэкскавация. Это обусловлено следующим. Материнской породой плодородных черноземов являются лессы, пористость которых составляет 40-55 %. При этом поровое пространство лёссовых пород характеризуется присутствием трех типов пор: макропор, межзерновых и межагрегатных микропор, внутриагрегатных микропор. Наиболее крупными являются макропоры, имеющие трубчатую форму с диаметром 0,05 - 0,5 мм. Некоторые ученые считают, что макропоры - следы корней растений. Однако сейчас существует мнение, что большая часть макропор представляет собой своеобразные магистральные каналы, образовавшиеся в результате преимущественно вертикальной миграции воды и газов. Они обычно хорошо видны невооруженным глазом и пронизывают лёссовую породу в вертикальном направлении. Такие породы легко уплотняются с потерей пористости при механическом воздействии на них и под собственным весом.

Другим свойством грунтов, которое отвечает за их плодородие и гидрорежим является способность удерживать воду. Способность удерживать воду является основополагающей для плодородия, так как корни получают питание в виде

растворенных минеральных солей. С нарушением физических свойств способность удерживать воду изменяется: в одних случаях почва становится сухой, в других – чрезмерно увлажненной, что превращает ее в трясину не способную обеспечивать доступ воздуха к корням растений.

Таблица 1 – Влияющие параметры на водообменные процессы в естественной, нарушенной и техногенной средах

В естественной среде	В нарушенной среде	В техногенной среде
Тип пород и грунтов и условия их залегания		
Гранулометрический состав пород, физ.-мех. свойства (пористость, водопроницаемость, осадочность)		
Коэффициент фильтрации		
Коэффициент насыщения		
Область питания. Положение контуров питания. Среднегодовой сток		
Тип и мощность водоносных горизонтов, условия питания и разгрузки. Скорость движения вод		
Наличие и параметры поверхностных водных объектов (водотоков, водоемов)		
Кол-во атмосферных осадков		
Инфильтрация или инфлюация		
Условия и тип землепользования	Система разработки месторождений	Способ укладки пород (шламов)
Наличие в пределах области питания нарушенных и/или техногенных сред	Площадь нарушенных земель	Расположение техногенного объекта по отношению к естественной и / или нарушенной среде (в плане и в разрезе)
	Конфигурация участков нарушенной среды	Конфигурация техногенного объекта
	Горно-геологические условия добычи полезного ископаемого (глубина, вынимаемая мощность, угол залегания, скорость подвигания)	Условия залегания (угол наклона, мощность, высота слоев)
Осушение участков, орошение полей	Параметры осушения	Параметры осушения
	Размеры депрессионной воронки	Размеры техногенной среды в плане

Таким образом, основные технические решения по рекультивации земель для сельскохозяйственного использования должны быть направлены на восстановление гидрорежима грунтов, их пористости и способности удерживать воду. При рекультивации необходимо восстановить естественное залегание водоносных горизонтов. Это возможно несколькими способами: закладка дренажной системы; закладка искусственных водоносных горизонтов на уровне естественных; восстановление водопроницаемости пород до естественного состояния с созданием системы накопления и движения дождевых вод и вод систем орошения и искусственного питания. В ИГТМ НАН Украины предложены способы восстановления гидрорежима грунтов [8-9].

Как отмечено ранее, гидрорежим нарушенной геологической среды обуславливается не только новыми (сформированными) свойствами пород, но и параметрами окружающей природной геологической среды и условиями размещения в ней нарушенных пространств. Исходя из этого, при открытом способе разработки полезных ископаемых рекомендуется в качестве основных технических решений по сохранению свойств пород в природной среде, примыкающей к нарушенной, осуществлять перехват потоков подземных вод до их подхода к границам карьера и отвод в соответствующие им водоносные горизонты за пределами конечных контуров карьера.

Параметры такой технологии зависят от глубины карьера, количества, мощности и глубины залегания вскрываемых водоносных горизонтов, расположения в плане карьерного поля по отношению к направлению потока подземных вод.

Далее приведены основные схемы предлагаемых геотехнических решений по обеспечению сохранности природного гидрорежима при ведении открытых горных работ и эксплуатации внешних отвалов.

На рис. 1 приведена схема карьера ЮГОКа и прилегающей к нему территории. Движение подземных вод направлено с северо-запада на юго-восток. С восточной стороны вблизи карьера протекает р. Ингулец, куда разгружаются поверхностные и частично подземные воды. Карьер вскрывает два водоносных горизонта (грунтовых вод и палеоген-неогеновых отложений). Для данных условий предлагается следующее решение. На поверхности на расстоянии 500-600 м от западной границы карьера при помощи специализированной техники осуществляется закладка водосборной дрены для сбора грунтовых вод, которые по этой дрине самотеком перемещаются на юг за пределы зоны влияния карьера, откуда при помощи нескольких водоотводящих коллекторов отводятся в водоносный горизонт грунтовых вод, т.е. тот самый горизонт, с которого осуществляется перехват. В карьере на горизонте, скрывающем подземные воды палеоген-неогеновых отложений закладывается открытый водосборный лоток, по которому воды перемещаются к насосной станции, с которой откачиваются по трубопроводу в пруд-накопитель и в последствии по системе трубопроводов закачиваются в вертикальные скважины, пробуренные на тот же водоносный горизонт за пределами карьера со стороны выхода подземных вод. Функционирование такой системы

позволит сохранить водный баланс подземных вод на прилегающей к карьере территории. Данная система может применяться на любом карьере с учетом особенностей территории. Если поток подземных вод направлен в карьер со стороны нерабочего борта, дренажную систему по перехвату грунтовых вод необходимо закладывать на расстоянии 500-700 м от соответствующе границы карьера. Если поток грунтовых вод направлен в карьер со стороны рабочего борта – указанную дренажную систему необходимо закладывать на расстоянии не менее 100 м от проектируемой границы конечного контура карьера.

При вскрытии карьером нескольких водоносных горизонтов, глубина залегания которых превышает 10 м, перехват подземных вод осуществляется открытыми дренажными лотками в пространстве карьера и отводится в систему скважин на данный водоносный горизонт. Для обеспечения сохранности гидрохимического режима подземных вод, отводимые с различных водоносных горизонтов воды не должны смешиваться.

На рис. 2 приведена схема карьера Завалльевского графитового месторождения, особенность эксплуатации которого заключается в том, что со стороны западного и северо-западного бортов карьер пересекается поток поверхностных вод, в результате чего на указанных бортах развиваются оползневые процессы [7]. Карьер вскрывает один водоносный горизонт.

Для обеспечения сохранности гидрорежима и безопасной эксплуатации карьера рекомендуется закладка поверхностного открытого дренажного лотка для перехвата поверхностных вод и отвода их при помощи насоса и трубопровода в обустраиваемый пруд-отстойник, откуда осветленные воды перекачиваются в реку Южный Буг, протекаемую со стороны западного борта карьера. Так как поток подземных вод направлен с северо-востока и востока на юго-запад и запад, то в пространстве карьера на горизонте, вскрывающем водоносные породы предлагается обустроить водосборный лоток, по которому вода самотеком движется к насосной станции, посредством которой перекачивается в скважины, пробуренные за пределами границ карьера в южной части на тот же водоносный горизонт. Такая схема позволяет избежать подтопления бортов карьера и формирования оползней, а также сохранить природный гидрорежим территории (без формирования обширной депрессионной воронки).

На рис. 3 приведена схема отвала Анновского карьера. Условия эксплуатации отвала осложнены интенсивным воздействием поверхностного стока, который направлен под основание отвала с западной его стороны. В результате подтопления западного борта и выдавливания грунтовых вод с нагруженных легких лессовых пород поверхности земли, которые являются основанием отвала, тело отвала насыщено водой, т.е. в нем сформировались техногенные водоносные горизонты. В результате этого образуются оползни на западном откосе отвала и западном борту прилегающего к нему Анновского карьера СевГОКа.

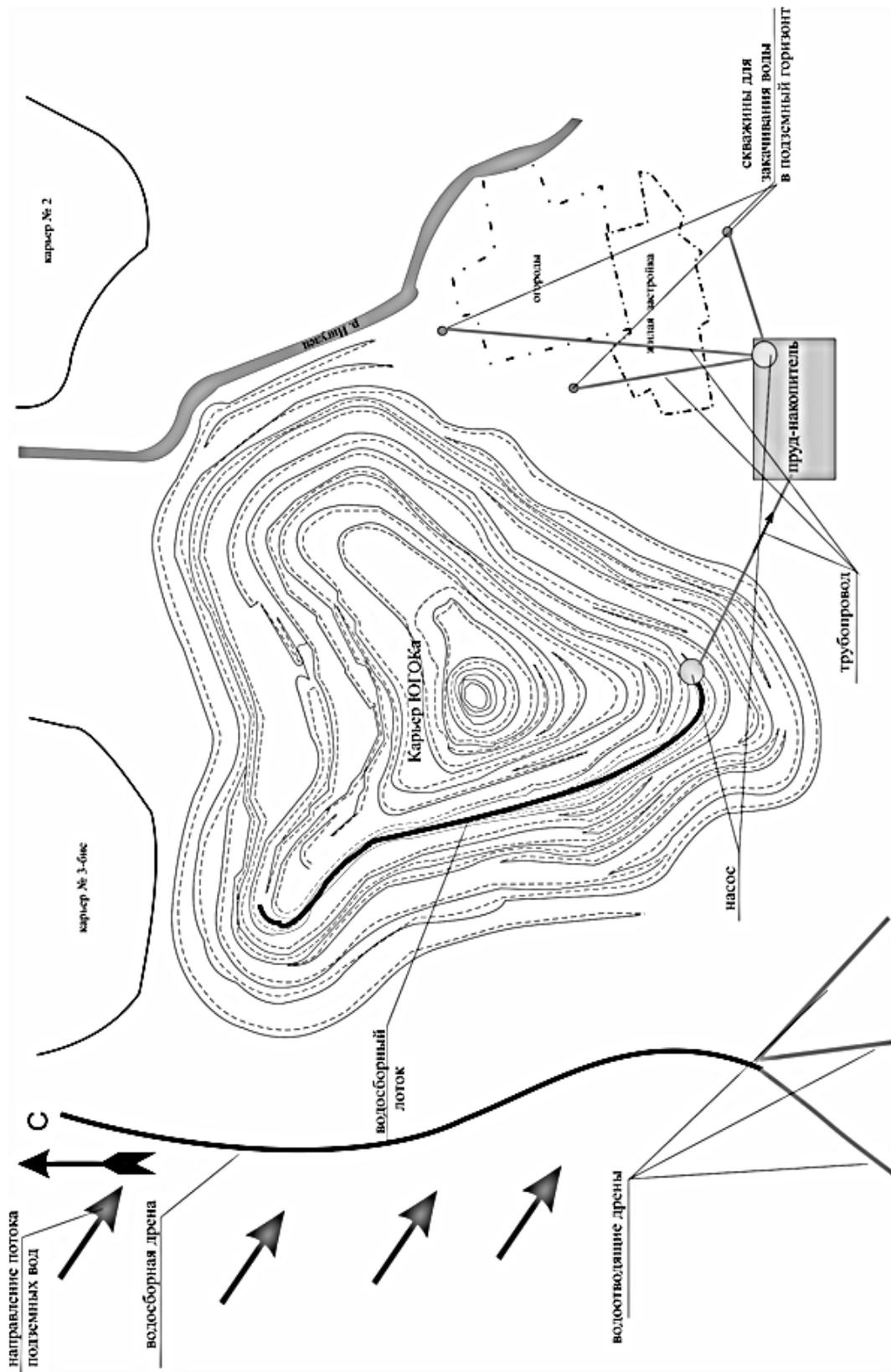


Рис. 1 – Техническое решение по сохранению гидрорежима территории при ведении открытых горных работ (на примере карьера ЮГОКа)

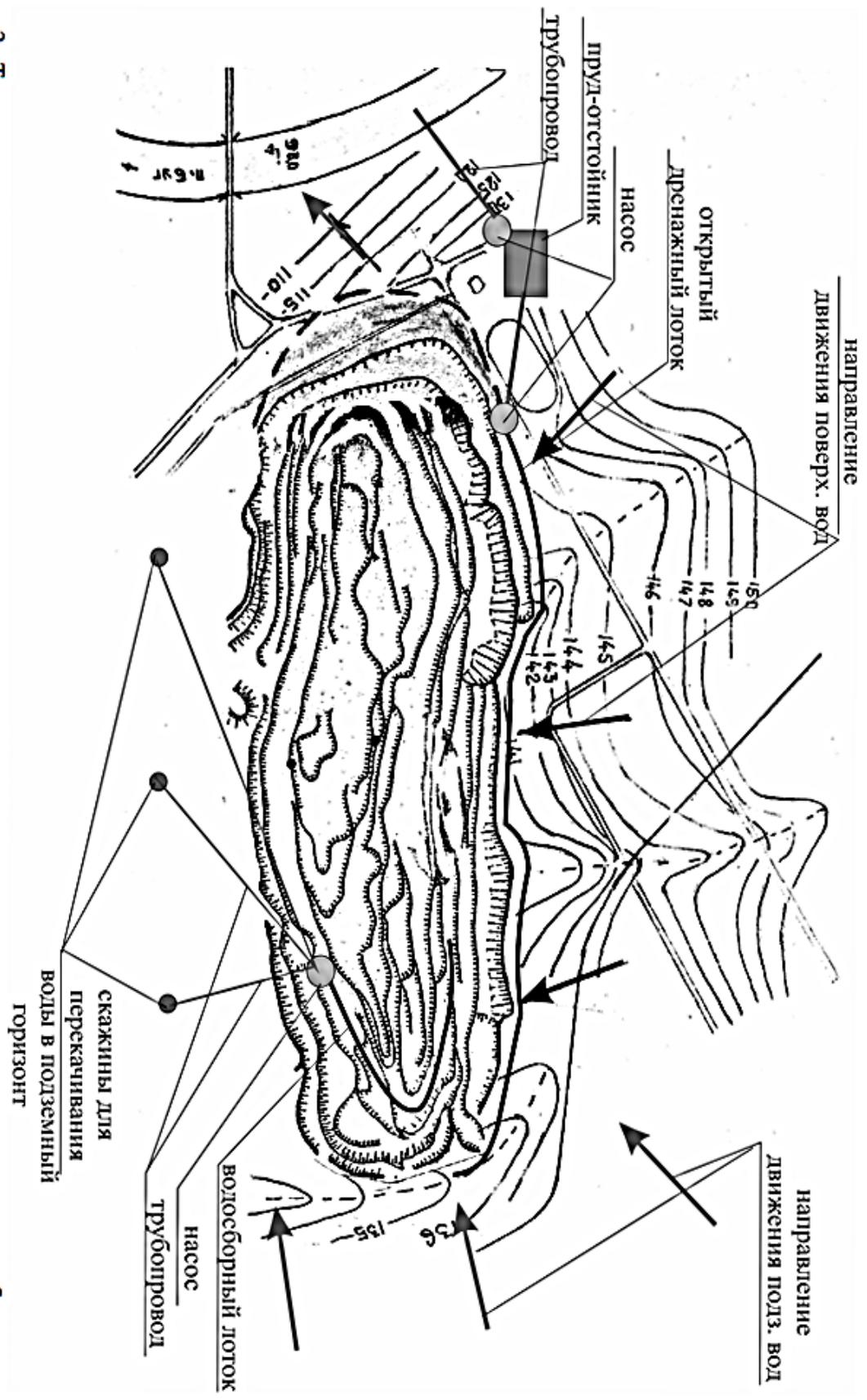


Рис. 2 - Технические решения по охране гидрорежима поверхностных и подземных вод при ведении открытых горных работ в условиях поверхностного подтопления и оползнеобразования (на примере карьера Завальевского комбината)

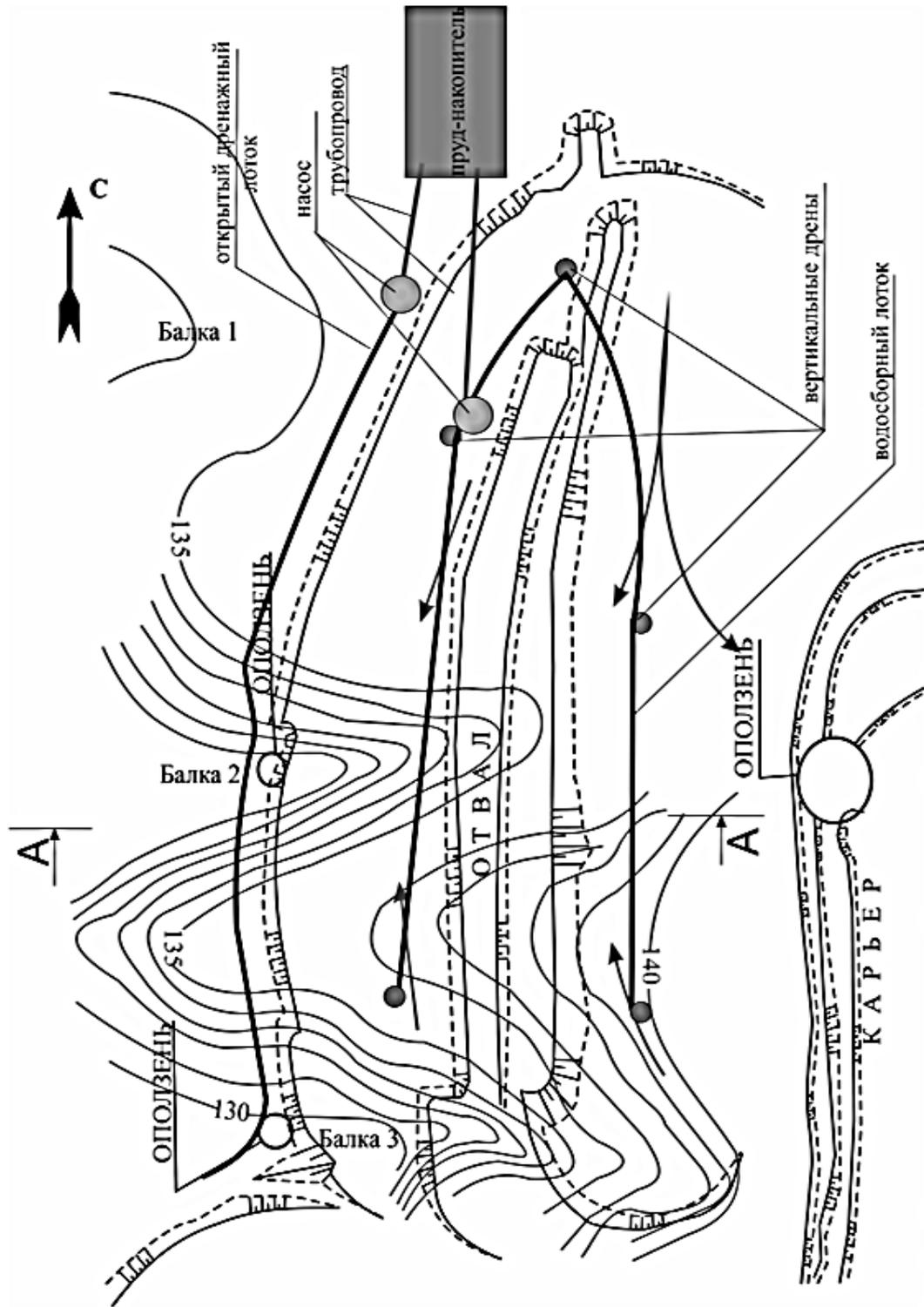


Рис. 3 – Технические решения по обеспечению безопасной эксплуатации отвала и сохранения природного гидрорежима (на примере отвала Анновского карьера)

Формирование вдоль западного борта отвала открытого дренажного лотка обеспечит перехват поверхностных вод и непоступление их под основание отвала. Перехваченные поверхностные воды насосом подаются в пруд-накопитель. Для осушения тела отвала предусматривается вертикальный дренаж, заложенный с поверхности первого яруса на глубину равную высоте яруса. По поверхности яруса вертикальные дрены соединяются водосборным лотком, по которому вода перемещается к насосной станции, откуда откачивается в пруд-накопитель по трубопроводу. Данное техническое решение обеспечивает безопасную эксплуатацию обводненного отвала.

В настоящее время дренажные системы карьеров и отвалов предусматривают только улавливание и откачивание подземных и поверхностных вод для обеспечения условий безопасной работы карьеров. Предлагаемые технические решения позволяют не только решать эти проблемы, но и регулировать гидрорежим с сохранением водного баланса территории, что предотвратит оползнеобразование, подтопление площадей и обезвоживание водоносных горизонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик, М.С. Определение оседаний земной поверхности при водопонижении, обезвоживании водоносных горизонтов / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, Е.В. Андрощук, Г.Ф. Гаврюк // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* - Днепропетровск, 2003. - № 6. - С. 74-76.
2. Четверик, М.С. Оседание земной поверхности при водопонижении и подтопление территорий горнодобывающих регионов / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова // *Науково-технічний збірник. Кривий Ріг, КТУ, 2004. - Вип. 86. - С. 31-36.*
3. Четверик, М.С. Влияние нарушения геологической среды при горных работах на подтопление территорий / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, Л.И. Уварова // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* - Днепропетровск, 2005, № 4. - С. 80-83.
4. Четверик, М.С. Влияние нарушения геологической среды на подтопление территорий и образование депрессионной воронки при выемке полезных ископаемых / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, В.П.Кулак // *Матеріали міжнародної конференції Форум гірників – 2008. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. – С.226-233.*
5. Четверик, М.С. О причинах подтопления городов Марганец и Орджоникидзе / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова // *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.* - Днепропетровск, 2004, Вып. 48. - С. 171-176.
6. Бубнова, Е.А. Классификация нарушенной и техногенной геологических сред / Е.А. Бубнова // *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.* - Днепропетровск, 2010, Вып. 89. - С. 19-28.
7. 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, Вип. 25, 2010. - С. 83-87.*
8. Бубнова, О.А. Відновлення властивостей порушених гірничими роботами земель / О.А. Бубнова // *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.* - Днепропетровск, 2011, Вып. №94. - С. 17 – 23.
9. Четверик, М.С. Нарушение геологической среды при горных разработках и пути ее восстановления / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, Н.М. Стеценко // *Маркшейдерия и недропользование, 2008. - № 4(36). – С.58–60.*