УДК 556.3.06

В.Б.КОЛПАКОВ, *инженер-гидрогеолог, vbkolpakov@mail.ru*
ОАО «Гипрошахт», Санкт-Петербург
V.B.KOLPAKOV, *engineer hydrogeologist, vbkolpakov@mail.ru*
GYPROSHAKHT Projection Institute, Saint Petersburg

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОСУШЕНИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕНИНОГОРСКОГО РАЙОНА РУДНОГО АЛТАЯ

Представлены результаты работ, направленных на выбор и обоснование оптимальных систем осушения полиметаллических месторождений. Обозначены основные стадии процесса оптимизации дренажных систем. Произведена типизация полиметаллических месторождений Рудного Алтая по гидрогеологическим условиям освоения. Даны рекомендации по разработке принципиальных схем осушения месторождений полиметаллов.

Ключевые слова: дренажные системы, оптимизация, месторождения полиметаллов, Рудный Алтай.

OPTIMIZATION OF DRAINAGE SYSTEMS OF DEVELOPED AND PERSPECTIVE POLYMETALLIC DEPOSITS OF LENINOGORSKY AREA OF RUDNIY ALTAI

Results of works targeted at the selection and substantiation of optimum drainage systems of polymetallic deposits are presented. The basic stages of process of optimization of drainage systems are designated. Type assessment of polymetallic deposits of Rudniy Altai on hydrogeological conditions of development is given. Recommendations on working out basic schemes of drainage of polymetallic deposits are made.

Key words: drainage systems, optimization, polymetallic deposits, Rudniy Altai.

На территории бывшего СССР (Россия, Казахстан и др.) отрабатывается большое количество месторождений полиметаллов (цинк, свинец, медь, золото, серебро и т.д.). Помимо этого сотни месторождений выявлены, разведаны и являются перспективными для разработки в ближайшие годы. Так, в Восточно-Казахстанской области (Рудный Алтай) находится около 10 крупных полиметаллических месторождений, 7 из них территориально относятся к Лениногорскому рудному району.

Гидрогеологические условия проведения горных работ на месторождениях и их отдельных участках различаются в связи со сложным структурно-геологическим строением месторождений. Целенаправленный упорядоченный анализ гидрогеологической обстановки на месторождениях возможен лишь на основе типизации их участков по условиям обводненности [3]. Таким образом, первым этапом в процессе оптимизации систем осушения является типизация месторождений района и их локальных участков по гидрогеологическим условиям отработки. Это позволяет предварительно оценить степень гидрогеологической сложности освоения месторождений, унифицировать и дифференцировать гидрогеологические исследования на стадиях разведки, вскрытия и разработки рудных месторождений и проводить целевые работы с учетом специфических особенностей каждого участка.

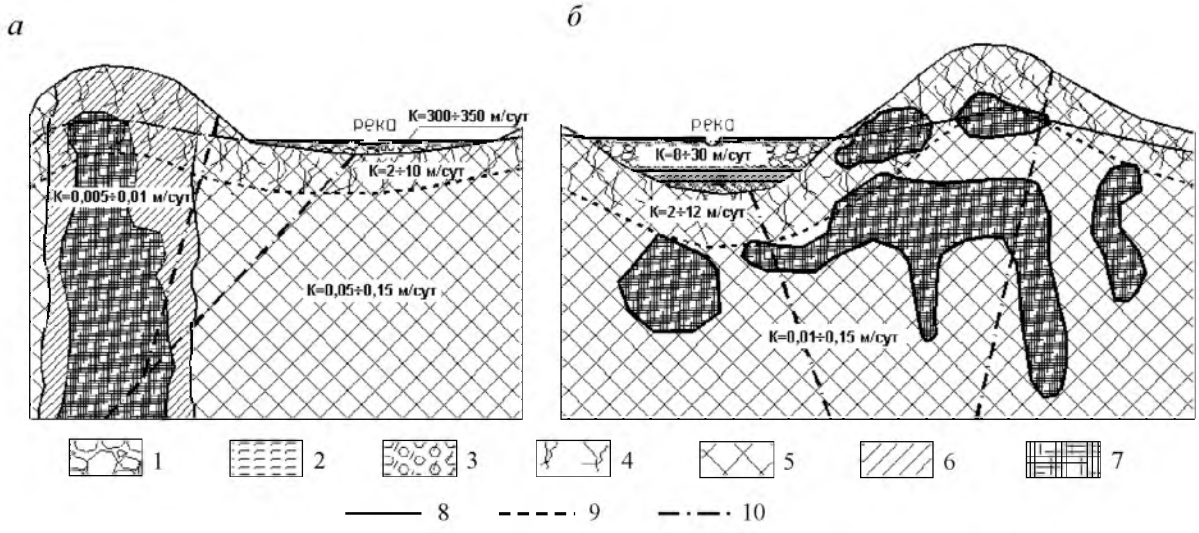
Все рудные месторождения района и Рудного Алтая в целом по геолого-структурному и гидрогеологическому строению относятся к двум типам: А – месторождения тишинского типа (разрабатываемые Тишинское, Шубинское и перспективное – Чекмарь); Б – месторождения лениногорского типа (разрабатываемое Риддер-Сокольное и перспективные – Долинное, Обручевское, Ново-Лениногорское).

Месторождения тишинского типа (см.рисунок, *а*) приурочены к крутопадающим сложнодислоцированным линейно-складчатым зонам смятия и интенсивного рассланцевания.

Одной из важных особенностей месторождений данного типа является наличие вокруг рудных тел мощного ореола гидротермально измененных пород мощностью от 50-60 до 300 м. При этом по фильтрационным характеристикам существует резкое отличие пород внутри ореола метаморфизма от массива за его пределами. Так, например, на Тишинском месторождении коэффициент фильтрации для вулканогенно-осадочных пород за пределами ореола составляет 0,05-0,11 м/сут, тогда как его значение для рудовмещающих пород и руд в 5-10 раз меньше (K = 0,005÷0,01 м/сут). Такое гидрогеологическое строение обусловливает различную степень обводненности горного массива. В связи с этим при анализе обводнения горных выработок возникает необходимость рассматривать выделенные выше участки только дифференцированно.

Месторождения лениногорского типа (см. рисунок, *б*), приуроченные к центральной части грабен-синклинали, представлены линзообразными и близкими к платообразным залежами, локализующимися в купольных структурах, на крыльях брахиантиклиналей в мульдах в пологоскладчатых осадочно-вулканогенных породах.

При анализе гидрогеологических условий отработки месторождений данного типа следует дифференцировать их по отдельным участкам – залежам, так как факторы, влияющие на их обводнение, резко отличаются. Так, в верхней гидрогеодинамической зоне (мощностью до 120 м) экзогенного выветривания пород с высокой их водопропускной способностью степень обводнения выработок карьерных и шахтных полей определяется их положением в плане относительно поверхностных водоемов, а также обводненной толщи четвертичных аллювиальных от-



Схемы геолого-гидрогеологического строения месторождений тишинского (*а*) и лениногорского (*б*) типов:

1 – аллювиальные отложения, представленные валунно-галечниками, и приуроченные к ним порово-пластовые воды; 2 – водоупорные четвертичные глинистые отложения; 3 – аллювиальные отложения, представленные суглинком легким с галькой и песком; 4 – скальные породы, подвергшиеся процессам экзогенного выветривания; 5 – вулканогенно-осадочные породы и приуроченные к ним трещинно-жильные воды; 6 – гидротермально-метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы; 7 – рудное тело; 8 – естественный уровень подземных вод; 9 – граница зоны экзогенного выветривания скальных пород; 10 – тектонические нарушения

ложений. Ниже зоны экзогенного выветривания, в нижней гидрогеодинамической зоне, обводнение горных выработок происходит как по природным тектоническим зонам, так и по техногенным каналам – незатампонированным глубоким геолого-разведочным скважинам и зонам обрушения горного массива (при ведении добычных работ системами с обрушением кровли выработок).

Последующая типизация месторождений и их участков произведена по условию обводнения горных выработок, значение которого зависит от ряда природных и технологических факторов и описывается функцией вида

$$Q = f(R_0, t, K, \mu_i, \mu_i^*, H_0, q_i, H_i, L, M, B),$$

где R_0 – геометрические размеры горной выработки; t – время проходки или отработки участка; K – коэффициент фильтрации водовмещающей толщи; μ_i и μ_i^* – коэффициенты гравитационной и упругой водоотдачи водовмещающей толщи соответственно; H_0 – начальный напор; q_i и H_i – условия на внешних границах; L – расстояние до границы I рода (реки или обводненных аллювиальных отложений); M – глубина зоны региональной трещиноватости; B – глубина залегания горной выработки.

На основе проведенного на имитационной гидродинамической модели анализа чувствительности целевой функции [4] обводненности выработок к природным и технологическим факторам были выделены основные признаки (табл.1), положенные в основу дальнейшей типизации месторождений.

На основе выделенных в табл.1 признаков была произведена типизация месторождений по условиям их обводненности, отображенная в табл.2.

На следующем этапе оптимизации реализуется выбор и детальная проработка наиболее рациональных вариантов дренажных систем для каждого выделенного типа месторождений. В связи со значительной степенью схожести гидрогеологических условий отработки месторождений, относящихся к одному типу, при оптимизации систем их осушения было рассмотрено по одному наиболее характерному для каждого типа участку. Задача оптимизации решалась путем проработки различных вариантов систем осушения месторождений и, аналогично процессу выявления основных гидрогеологических признаков месторождений, на основе методов и принципов имитационного моделирования [1].

Целесообразность использования имитационного моделирования в задачах осушения обусловлена тремя основными причинами:

1) возможность эффективного управления дренажной системой с использованием математической модели объекта осушения;

2) необходимость обоснования и дальнейшего приближения (адаптации) приня-

Таблица 1

Признаки месторождений Лениногорского рудного района, положенные в основу типизации по их гидрогеологическим условиям

Тип месторождений	Расположение выработок относительно границы зоны региональной трещиноватости (ЗРТ)	Расположение участка горных работ относительно поверхностных водотоков (обводненных аллювиальных отложений)	Система горной отработки
А. Тишинский Б. Лениногорский	I. Выше границы ЗРТ II. Ниже границы ЗРТ, но в пределах зоны ее влияния III. Значительно ниже ЗРТ	1. Непосредственно под водотоком 2. Водоток находится в зоне влияния депрессии горных выработок 3. Водоток находится за пределами зоны влияния депрессии горных выработок	а) Шахтная камерная и слоевая, с закладкой выработанного пространства б) Шахтная этажного и подэтажного обрушения без выхода зоны деформации на поверхность в) Карьер, шахтная этажного и подэтажного обрушения с выходом зоны деформации на поверхность

той математической модели к физическому объекту с использованием принципа обратной связи [2];

3) рациональность совместного рассмотрения задач оптимизации дренажной системы и целевой достаточности гидрогеологических изысканий [1].

Таким образом, в данной работе имитационное моделирование может рассматриваться в трех основных аспектах: во-первых, как средство создания и адаптации к реальной ситуации системы дренажа; во-вторых, как процесс проведения экспериментов с исследованием альтернативных вариантов дренажной системы и, в-третьих, как инструмент анализа степени влияния природных и техногенных факторов на обводнение месторождения для рациональной постановки задач гидрогеологической разведки.

На основе разработки математической модели систем осушения и проработки ее различных вариантов, а также обобщения гидрогеологического опыта эксплуатации месторождений района разработан ряд рекомендаций по наиболее оптимальным схемам осушения месторождений и их отдельных участков.

В пределах ареола метаморфизма на месторождениях тишинского типа (тип А1, см.табл.2) породы обладают низкими фильтрационными характеристиками, что обусловливает незначительные водопритоки (90-150 м^3/ч) в систему горных выработок. В данном случае вопросы осушения крайне важны с позиции обеспечения технологически заданной влажности руды, улучшения ее транспортабельности, а также устойчивости рудовмещающих пород и руды в обнажениях горных выработок. Поскольку руды и породы имеют большое количество физически связанной воды, эффективность дренажных мероприятий минимальна. В связи с этим необходимо выбирать систему отработки, удовлетворяющую заданным параметрам устойчивости массива, проектировать систему рудо- и породоспусков, исходя из возможности зависания в них транспортируемой руды и вмещающих сланцев, обладающих свойствами слеживаемости и липкости.

За пределами ареола метаморфизма на месторождениях тишинского типа (тип А2, табл. 2) вулканогенно-осадочные породы обводнены, в основном, по зонам тектонических нарушений, которые имеют тесную гидравлическую связь с водами зон региональной трещиноватости, а те, в свою очередь, с обводненными аллювиальными отложениями и поверхностными водотоками. В данном случае наиболее эффективным решением будет сооружение специальной дренажной выработки между областью постоянного питания (река, обводненные аллювиальные отложения) и участком подходных к рудному телу выработок. Если проектом предусматривается создание более

Таблица 2

Типизация месторождений по гидрогеологическим условиям их отработки

Тип месторождения	Типизационные признаки	Водопритоки в горные выработки по многолетним наблюдениям и прогнозные, м^3/ч	Месторождения и их локальные участки
А1	I,II,III/2,3/а,в	10-150	Чекмарь, Шубинское, Тишинское: центральный участок
А2	II,III/2/а,б	130-420	Тишинское: северо-восточный и южный участки
Б1	III/3/б	10-200	Долинное, Обручевское, Ново-Лениногорское, Риддер – Сокольное: Заводская, Крюковская, 3-я Юго-Западная, 2-я Риддерская, Белкина (южный фланг) залежи
Б2	I,II,III/2,3/б,в	15-630	Риддер – Сокольное: Перспективная, Победа, Центральная (кроме северо-западного фланга), Быструшинская (нижние горизонты) залежи
Б3	I/1,2/а,в	30-1600	Риддер – Сокольное: Северо-Восточная, Быструшинская (верхние горизонты), Белкина (северный фланг), Центральная (промежуточный участок и северо-западный фланг), Риддерская, 1-я и 2-я Юго-Западные залежи

глубоких горизонтов, то необходимо рассматривать вариант проходки в первую очередь наиболее низко расположенной горной выработки, которая будет играть роль дренажной. В этом случае после отработки емкостных запасов вышележащих пород водопритоки к сооружаемым выше выработкам будут сокращены до минимума.

При отработке участков месторождений лениногорского типа в зоне дренирующего влияния мощных четвертичных отложений с прямой гидравлической связью с реками (тип Б3) главным фактором, обусловливающим снижение водопритоков в выработанное пространство, является выбор системы подземной отработки. При слоевой отработке с закладкой выработанного пространства нет необходимости проводить специальные дренажные мероприятия. При выборе на этапе проектирования системы подземной разработки с обрушением горного массива необходимо предусмотреть в местах выхода зоны деформационного нарушения в непосредственной близости от аллювиальных отложений или под ними сеть перехватывающих дренажных скважин либо запроектировать между участком работ и аллювиальными отложениями специальную дренажную выработку с восстающими скважинами.

При отработке участков месторождений лениногорского типа в зоне значительного удаления от аллювиальных отложений и поверхностных водотоков или на глубоких горизонтах, расположенных существенно ниже границы зоны экзогенного выветривания коренных пород (типы Б1 и Б2), специальных мероприятий по осушению участка подземных горных работ не требуется, за исключением локальных участков, расположенных вблизи обводненных тектонических нарушений, где необходимо предусмотреть опережающие дренажные скважины для снятия избыточных водных напоров.

Оптимизированные на разрабатываемых месторождениях Лениногорского рудного района системы осушения шахтных и карьерных полей с минимальными инвестициями обеспечили безопасные гидрогеологические условия их освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ломакин Е.А.* Численное моделирование геофильтрации / Е.А.Ломакин, В.А.Мироненко, В.М.Шестаков. М., 1988. 228 с.

2. *Норватов Ю.А.* Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод (при освоении месторождений полезных ископаемых). Л., 1988. 261 с.

3. *Плотников Н.И.* Гидрогеология рудных месторождений / Н.И.Плотников, И.И.Рогинец. М., 1987. 287 с.

4. *Шеннон Р.* Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М., 1978. 420 с.

REFERENCES

1. *Lomakin E.A, Mironenko V.A, Shestakov V.M.* Numerical geofiltration modelling. Moscow, 1988. 228 p.

2. *Norvatov J.A.* Studying and the forecast of a technogenic mode of underground waters (at development of mineral deposits). Leningrad, 1988. 261 c.

3. *Plotnikov N.I., Roginets I.I.* Hydrogeology of ore deposits. Moscow, 1987. 287 c.

4. *Shannon Robert E.* System simulation – the art and science. Moscow, 1978. 420 p.