
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



РЕДАКЦИОННЫЙ

С О В Е Т

Председатель

Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя

Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета

И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОНИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**директор МГГУ,
чл.-корр. РАН**

**директор
Издательства МГГУ.**

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик РАН

профессор

академик РАН

академик РАН

Л.А. ПУЧКОВ
С.В. СЛАСТУНОВ
Б.И. ФЕДУНЕЦ

ПЕРСПЕКТИВЫ
ДОБЫЧИ МЕТАНА
В ПЕЧОРСКОМ
УГОЛЬНОМ
БАССЕЙНЕ

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2004



УДК 622.411.33

ББК 33.31

П 88

*Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых СанПиН 1.2.1253–3», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России
30 марта 2003 г.*

Пучков Л.А., Сластунов С.В., Федунец Б.И.

П 88 Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 557 с.: ил.

ISBN 5-7418-0336-9 (в пер.)

Изложены результаты исследований, в ходе которых собрана и обобщена горно-геологическая и горно-техническая информация по Воркутинскому месторождению, основные принципы и методология оценки участков угольных месторождений и конкретных шахтных полей Воркутинского месторождения по метанодобываемости. Дан анализ распределения метана по месторождению. Описаны подготовка геодинамического районирования объектов для выявления перспективных участков работ по добыче угольного метана и методика метанодобываемости угольных пластов с определением показателей природной газоотдачи угольных пластов в скважины. Рассмотрены перспективы использования угольного метана. Изложены основные экологические аспекты рассматриваемого вопроса и первичные результаты натурных исследований, проведенных на двух скважинах поля доразведки шахты «Комсомольская».

Для инженерно-технических работников топливно-энергетического комплекса, специалистов научно-исследовательских и проектных организаций угольной и газовой промышленности.

УДК 622.411.33

ББК 33.31

ISBN 5-7418-0336-9

© Л.А. Пучков, С.В. Сластунов,
Б.И. Федунец, 2004

© Издательство МГГУ, 2004

© Дизайн книги. Издательство
МГГУ, 2004

ВВЕДЕНИЕ

Динамика добычи угля и метана в угольных шахтах стран с высокоразвитой угольной промышленностью – Германии, Великобритании, Бельгии, Австралии, Китая, Польши и США – свидетельствует о непрерывном росте объемов капируемого метана. Добыча высококондиционного химически чистого метана (95 % и более) для использования в химической, биохимической промышленности, объектах энергетики, а также в качестве моторного топлива – актуальная задача сегодняшнего дня.

Газоносные угольные месторождения считаются нетрадиционными источниками углеводородных газов. Угольный метан в пересчете на условное топливо занимает в мире 3–4 место после угля, нефти и природного газа.

Угольный метан во многих странах мира, в том числе и в России, рассматривают в качестве компонента топливно-энергетической сырьевой базы. Прогнозные ресурсы метана угольных месторождений России оценивают по различным источникам в пределах 50–80 трлн м³, что близко к запасам традиционных газовых месторождений страны.

На современном этапе и в обозримом будущем развития общества важнейший источник энергии – уголь. В недрах Российской Федерации залегает значительная часть мировых запасов угля, составляющих около 6800 млрд т и обеспечивающих долговременную перспективу его использования. Вместе с тем добыча угля по ресурсосберегающей технологии, комплексное использование месторождений позволяют в свою очередь попутно получать и использовать один из нетрадиционных источников энергетических ресурсов – метан угольных месторождений, который является наиболее доступным и дешевым резервом среди других ныне нетрадиционных источников горючих газов.

Современное развитие горно-добывающей промышленности должно идти по безопасной ресурсосберегающей и экологически чистой технологии. В этом плане на первое место выдвигается необходимость обеспечения безопасности разработки газоносных

угольных пластов с извлечением метана из угленосной толщи и обязательным его использованием как энергетического топлива, а также как химического сырья. Это позволит сэкономить значительное количество угля, что дает в свою очередь и экологический, и экономический эффект: только 1 млн м³ метана может заменить 1300 т угля. В этих условиях проблема более полного использования угольных месторождений приобретает конкретное существенное экономическое значение.

Основными аспектами проблем извлечения и использования угольного метана в настоящее время являются следующие.

Первый и основной аспект – обеспечение метанобезопасности угледобычи. В последние 5–7 лет в России произошло более 10 крупных взрывов метана с трагическими последствиями. Такая ситуация присуща не только шахтам России, но и другим угольным регионам СНГ и в особых комментариях не нуждается.

Второй по значимости аспект, с нашей точки зрения, – проблема повышения эффективности добычи угля при отработке высокогазоносных угольных пластов. Эта проблема связана с тем, что на особо опасных по газу и пыли шахтах нагрузки на очистные забои в 1,5–2 раза ниже технологически возможных. При нагрузках 1500–2000 т/сут необходимо обеспечивать эффективность дегазации на уровне 35–40 %, а при нагрузках, предусматриваемых на перспективных шахтах, – 50–60 %. Достижение таких показателей предопределяет необходимость разработки эффективных технологий заблаговременного извлечения метана из угленосных толщ.

Третий аспект – использование метана с целью повышения рентабельности угледобычи. На Воркутинском месторождении предусматривается утилизация до 50–55 млн м³ метана в год, что должно обеспечить экономию угля 75–80 тыс. т. Расчеты показывают, что вследствие использования каптируемого метана может быть сэкономлено до 75 % топлива, расходуемого на выработку электроэнергии, потребляемой шахтами.

Четвертый аспект проблем угольного метана – экологический. За последние 40 лет выделение метана в атмосферу из шахт Кузбасса возросло в 8 раз, Воркуты – в 4 раза. Известно, что выделение метана ведет к образованию фотохимического смога в городах, негативно влияет на состояние озонового слоя.

Пятый по счету, но отнюдь не по значению и перспективам аспект – возможность рентабельной, экономически оправданной самостоятельной добычи угольного метана.

Остановимся на этих аспектах несколько подробнее.

Обеспечение метанобезопасности – наиболее актуальный вопрос добычи угля подземным способом.

В последнее время в угольной промышленности России критического значения достигла частота и размеры аварий и катастроф на угольных предприятиях. Наиболее значимые из них происходят в связи со взрывами метана и угольной пыли.

Только в последние пять лет прошлого столетия по этим причинам погибло более 200 человек, в том числе на шахтах России «Баренцбург» – 23 человека, «Зырянская» – 67 человек, «Центральная» – 28 человек, а также шахтах им. Скочинского (Украина), им. Ленина (Казахстан) и некоторых других.

Всего за последние 20 лет в отрасли произошло более 30 аварий, погибло более 400 человек, из них около 85 % от взрывов газа и угольной пыли. Наиболее глубокая и масштабная причина такой ситуации – неудовлетворительное состояние дегазации углегазодносного массива.

В России около 70 % газообильных шахт, 30 из них работают с дегазацией. Наиболее газообильны шахты Печорского бассейна и Кузбасса. Уровень дегазации большинства шахт весьма низок. В Кузбассе извлекают около 15–20 % метана, выделяющегося в выработки, то есть в 3,0–3,5 раз ниже, чем это необходимо. Лучше обстоят дела с дегазацией в Воркуте, но также далеко не всюду.

Необходимость обеспечения безопасности ведения горных работ комментарию не требует. Но кроме этого высокая газообильность шахт является одним из основных факторов, сдерживающих повышение эффективности добычи угля.

Как было отмечено ранее, на особо опасных по газу и пыли шахтах нагрузка на очистной забой, как правило, в 1,5–2 раза ниже, чем на других шахтах. Нагрузка на уровне 1500–2000 т/сут может быть достигнута в таких шахтах при эффективности дегазации 35–40 %.

В газообильных забоях добыча 5–7 тыс. т/сут, которая предусматривается всеми программами реструктуризации отрасли, мо-

жет быть обеспечена только при надлежащей дегазации с эффективностью на уровне 50–60 %.

Так, доля ограничения производительности очистного оборудования по газовому фактору в действующих лавах составляет около 15 % при нагрузках 1200–1500 т/сут, а при нагрузках 3000 т/сут достигает 35 %.

Еще более остро проблема повышенного газовыделения возникает при проведении подготовительных выработок. В результате возрастания диспропорции между темпами подготовительных и очистных работ значительно ухудшаются технико-экономические показатели добычи угля.

Постоянное углубление горных работ сопровождается увеличением газоносности угольных пластов. В среднем глубина шахт ежегодно увеличивается на 10–12 м. Глубина разработки на ряде шахт превысила 1000–1300 м. На достигнутых глубинах газоносность угольных пластов составляет 25–30 м³/т, большой вклад в формирование газового баланса вносят породы, газоносность которых в ряде случаев достигает 4–6 м³/т.

За последние 50 лет объем добычи угля увеличился более чем в 3 раза, а газовыделение более чем в 15 раз.

Доля шахт третьей категории и сверхкатегорных превысила 65 %, а объем их добычи – 75 % от общего.

На газовых шахтах капиталовложения на 1 т добычи угля на 25–30 % выше, себестоимость угля в 1,5–2,5 раза больше.

В настоящее время около 100 шахт имеют абсолютную газообильность более 50 м³/мин, около 60 – свыше 100 м³/мин.

Более 300 шахт отнесены к свкрхкатегорным и опасным по внезапным выбросам угля и газа.

Рассмотрим также энергетический аспект извлечения и использования угольного метана.

В этой проблеме заложена реализация очень важных принципов – применение ресурсосберегающих технологий и комплексность разработки месторождений полезных ископаемых.

Метан представляет собой не только основную опасность в газовых шахтах и глобальную экологическую вредность, но в то же время это высококачественный источник топлива и химического сырья. Запасы и высокое качество угольного метана определяют

его потенциальную привлекательность как самостоятельного полезного ископаемого. Успехи газовых компаний США интенсифицировали практические работы в данном направлении.

Ежегодный объем добываемого в настоящее время угольного метана в США составляет около 40 млрд м³. Основную часть угольного метана добывают в двух бассейнах: львиную долю в бассейне Сан-Хуан и меньшую часть – в Блек-Варриор.

Метан является составной частью угольного вещества и не превышает 2 % энергетического потенциала угольных пластов.

Метан извлекается только при огромных энергетических затратах, обеспечивающих разрыв системы уголь – газ. Поэтому его технически и экономически целесообразно добывать как попутный продукт при добыче самого угля. На полях действующих шахт запасы метана составляют от 150 до 200 млрд м³. В освоенных угледобычей регионах содержится около 15 трлн м³, в том числе в Печорском бассейне – 2 трлн м³.

Из угольных пластов работающих шахт выделяется около 10 000 м³/мин метана, из них средствами дегазации около 600 м³/мин, т.е. 6 %. Коэффициент эффективности дегазации составляет около 20 % (Кузбасс – 17 %, Воркута – 35–40 %).

Для использования метана с целью получения тепловой и электрической энергии имеется ряд апробированных средств и технологических решений. Разработаны предложения по реконструкции котлов для совместного сжигания угля и метана. Моторное топливо дешевле на 15–20 % традиционного жидкого топлива.

Из газа, полученного при дегазации, используют 15 %. На четырех шахтах Воркутинского месторождения метан сжигается в топках котельных. Остальной метан выбрасывается в атмосферу, что ведет к ухудшению экологической обстановки регионов угледобычи.

Для промышленного использования метана из вентиляционных систем шахт необходимо разработать методы его утилизации, включающие в себя разработку технических средств и технологий повышения его концентрации в метановоздушных смесях до 2,5–3 %. Разработанные технологии, оборудование и системы управления процессами утилизации метана должны обеспечивать не только рациональное использование ресурсов, но и охрану окружающей среды.

Действующими правилами безопасности на шахтах России допускается содержание метана до 0,75 % в общешахтной вентиляционной струе, поэтому прямое использование его как энергоносителя не экономично. Решение вопроса обогащения метановоздушных смесей может быть выполнено несколькими путями:

- повышением концентрации метана посредством добавления природного газа из газопроводов;
- разделением бинарных газовых потоков с выделением части воздушного потока с повышенной концентрацией метана.

Экологические аспекты угольного метана заключаются в следующем.

Усиление негативного отношения к атомной энергетике, снижение темпов роста добычи нефти при более быстром росте потребления теплоэнергоносителей создают благоприятную перспективу для угольной промышленности. Так, по прогнозу Массачусетского технологического института США, роль угля в обеспечении теплоэнергопотребления увеличится с 20–25 % в 1980 г. до 40–56 % в 2050 г.

По прогнозу в Германии роль угля в качестве теплоэнергоносителя в будущем будет непрерывно расти, несмотря на существенное ухудшение природных условий подземной угледобычи из-за выделения метана.

Год	1985	1990	2020
Добыча всех видов угля, млрд т	2,9	4,2	8,8
Количество выделяемого метана, млн т	26	32	75

Основная эмиссия метана приходится на три ведущие угледобывающие страны: Китай, США и Россию.

По данным Международной топливно-энергетической ассоциации (МТЭА), метан занимает второе место после CO₂ по степени опасности для окружающей среды. Уже сейчас для стабилизации содержания «парниковых газов» необходимо сократить выделение CH₄ в атмосферу примерно на 15 %.

По результатам анализа газов, содержащихся во льду Антарктиды, американские ученые установили, что в течение тысячелетий концентрация метана в атмосфере Земли оставалась практически

постоянной и составляла $0,65-0,7$ млн⁻¹. С наступлением индустриального периода она стала возрастать и за 200 лет к настоящему времени достигла $1,72$ млн⁻¹, то есть ежегодный прирост превышает 1 %. Среднегодовой прирост углекислого газа – $0,4-0,5$ %, оксидов азота – $0,2$ %, фторхлоруглеводородов – $4-5$ %.

Следует учитывать, что метан, поступающий в атмосферу, в 22 раза более эффективен с точки зрения влияния на потепление поверхности Земли, чем соответствующее количество CO₂.

Метан имеет относительно более короткий период существования в атмосфере, составляющий около 11 лет, тогда как соответствующий период для CO₂ равен примерно 120 лет, а для закиси азота – 130 лет.

Относительно короткая продолжительность существования метана в атмосфере делает его привлекательным с точки зрения эффективности регулирования потепления климата Земли. Уменьшение поступления метана в атмосферу на $10-20$ % от существующего уровня способно уменьшить потепление климата Земли на 1 °C за столетие, а это составит 25 % от ожидаемого уровня потепления.

Таким образом, снижение поступления метана в атмосферу становится важной составляющей при решении глобальной проблемы потепления климата Земли.

Антропогенное выделение метана из угольных систем достигает 35 млн т/год.

Угольный метан по источникам эмиссии распределяется следующим образом:

- подземная добыча угля – $20-28$ млн т CH₄ в год ($70-85$ %);
- открытые горные работы и транспорт угля – $3-8$ млн т ($10-20$ %);
- сжигание угля – $1-4$ млн т ($5-10$ %).

По данным Западно-Сибирского международного центра экологических и медико-биологических исследований за последние 30 лет демографическая ситуация по Кузбассу и Воркуте характеризуется ростом смертности в 1,8 раза, сокращением рождаемости в 2 раза, уменьшением естественного прироста населения в 12,7 раза, устойчивой тенденцией роста заболеваний по сравнению с другими регионами страны: нервной системы и органов чувств на $36-37$ %,

органов дыхания на 4,5–6,5 %, кожи и подкожной клетчатки на 33–37 %, психических расстройств на 1,5–4 %, онкологических заболеваний в 3,5 раза. Далеко не последнюю роль играет в этом выделяющийся метан. Как уже отмечалось, за последние 40 лет выделение метана из шахт Кузбасса увеличилось в 4 раза, а Воркуты – в 8 раз.

Утилизация шахтного метана затрудняется из-за отсутствия надежных способов поддержания стабильных дебитов и концентраций газа в извлекаемой посредством дегазации газовоздушной смеси. Поэтому повышение эффективности дегазации с одновременным увеличением масштабов ее применения являются актуальными задачами, решение которых позволит превратить газовые угольные шахты в предприятия по совместной добыче угля и газа. Это не только повысит устойчивость их работы (за счет расширения ассортимента выпускаемой продукции), но и обеспечит дополнительно экономический и экологический эффекты.

Не считая возможной самостоятельной добычи угольного метана, только при утилизации 50 % метана, извлекаемого дегазацией при существующих масштабах ее применения в России, общая его эмиссия снизится на 10 %, или на 1,6 % в мировом балансе. Кроме того, при этом за счет повышения коэффициента дегазации уменьшится и выброс метана из вентиляционных систем примерно на 20–30 %. Использование газа из дегазационных систем в топливных и энергетических установках вместо угля и нефтепродуктов также обеспечит снижение выбросов метана в атмосферу. В целом можно ориентироваться на снижение общей эмиссии метана на 5–6 % (в мировом масштабе).

На территории России одними из наиболее газоносных являются пласты Воркутинского месторождения Печорского угольного бассейна, которые уже сейчас должны рассматриваться как метаноугольные.

Прогнозные ресурсы угля Печорского бассейна до глубины 1800 м оценивают в 225 млрд т.

Ресурсы метана в Печорском угольном бассейне оценивают на уровне 2 млрд м³, в том числе на полях действующих шахт, где планируется провести первоочередные оценочные работы, – 26 млрд м³. Плотность ресурсов метана – около 500 млн м³/км². На шахтах бас-

сейна в год выбрасывают в атмосферу до 700 млн м³ метана, из них капируют около 260 млн м³ и используют только 48 млн м³ в шахтных котельных.

При условии развития современных методов добычи и утилизации угольного метана в бассейне можно получить до 1 млрд м³ и более газа в год.

Метаноносность углей возрастает с глубиной: от 3–13 м³/т на глубине 100 м до 25–30 м³/т на глубине 800 м. Наиболее газоносными являются угли Воркутинского месторождения.

Газообильность шахт Воркуты в период эксплуатации достигает 100–200 м³/мин. Эффективность дегазации отдельных выемочных участков ОАО «Воркутауголь» составляет 70–80 %, эффективность дегазации шахт – 40 %, т.е. 40–50 % метана может выделяться из выработанных пространств, при дегазации которых скважинами, пробуренными с поверхности, можно иметь дебиты на порядок выше, чем из неразгруженных пластов. Таким образом, угольный метан предполагается добывать в две стадии: на первой – из неразгруженных от горного давления угольных пластов, т.е. извлечение метана вне влияния горных работ, на второй – из разгруженного горными работами углегазоносного массива, который будет иметь существенно более перспективные фильтрационные характеристики, определяющие в значительной степени дебиты скважин.

В этой же связи предусматривается извлечение газа из закрывающихся шахт.

Исследования по определению метанодобываемости из угольных пластов на шахтных полях Воркутинского месторождения на базе первичной геологической информации по газоносности угленосной толщи и ее природной газопроницаемости с учетом технологических возможностей по управлению свойствами и состоянием массива горных пород являются актуальными.

В результате их проведения будут разработаны новые технические решения по извлечению метана из неразгруженных глубокозалегающих угольных пластов Воркутинского месторождения; разработана и апробирована методика определения метанодобываемости на шахтных полях на всех стадиях отработки месторождения и закрытия шахт; определены экспериментальным путем перспективы экономически оправданной добычи метана из угольных пластов.

Научно-технические аспекты проблемы заключаются в установлении закономерностей газодинамических процессов, протекающих в углепородном массиве угольных месторождений до и в процессе воздействия на него, и создании технологий и технических средств управления ими при извлечении метана для промышленного использования и последующего повышения безопасности добычи угля.

Представленные в настоящей книге исследования выполнены в рамках научной школы Московского государственного горного университета, возглавляемой чл.-корр. РАН Л.А. Пучковым.

В написании разделов 1, 3 принимали участие канд. техн. наук А.В. Агарков, доц., канд. техн. наук А.А. Шилов, доц., канд. техн. наук В.Н. Королева, доц., канд. техн. наук Ю.Г. Анпилогов, доц. В.М. Карпов, д-р техн. наук В.М. Шек, асп. Е.А. Соколова, асп. В.В. Агаркова.

В написании раздела 2 принимали участие проф., д-р техн. наук Ю.Ф. Васючков (2.1–2.3), проф., д-р техн. наук Г.Н. Фейт (2.4) и д-р техн. наук В.М. Шек (2.6).

В написании раздела 4 участвовали проф., д-р техн. наук И.М. Батугина, проф., д-р техн. наук И.М. Петухов, доц., канд. техн. наук А.С. Батугин.

В написании раздела 5 принимали участие проф., д-р техн. наук И.В. Баклашов и д-р техн. наук К.С. Коликов.

Основные теоретические положения в подразделах 6.1–6.3 изложены проф., д-р техн. наук Г.Г. Каркашадзе.

В написании раздела 7 принимали участие доц. В.М. Карпов (7.1), проф., д-р техн. наук Г.Н. Фейт (7.6), доц., канд. техн. наук А.А. Шилов (7.7, 7.8), канд. техн. наук А.В. Агарков и доц., канд. техн. наук Ю.Г. Анпилогов (7.8), д-р техн. наук К.С. Коликов (7.9, 7.11) и канд. техн. наук М.В. Шмидт (7.10).

Раздел 8 написан проф., д-р техн. наук Е.А. Ельчаниновым.

В написании раздела 9 принимал участие д-р техн. наук К.С. Коликов.

В подготовке основных разделов настоящей работы принимала непосредственное участие доц., канд. техн. наук В.Н. Королева.

СБОР
И ОБОБЩЕНИЕ
ГОРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ
И ГОРНО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ
ПО
ВОРКУТИНСКОМУ
УГОЛЬНОМУ
МЕСТОРОЖДЕНИЮ

1

1.1. РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К СБОРУ И ОБРАБОТКЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1.1.1. ТРЕБОВАНИЯ К СБОРУ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОРКУТИНСКОМУ УГОЛЬНОМУ МЕСТОРОЖДЕНИЮ

Данная информация должна обеспечить решение следующих групп задач:

1. Оценку распределения запасов метана по месторождению.
2. Сбор необходимой информации для разработки технических решений по извлечению угольного метана.

3. Оценку коллекторских характеристик угольных пластов и выбор перспективных зон повышенного газовыделения.

4. Геодинамическое районирование месторождения.

Для решения задач первой группы необходимо:

- 1) выделить участки по степени разведанности;
- 2) выделить отдельные геологические структуры;
- 3) собрать данные по угленосности участков с выделением пластов рабочей мощности;
- 4) построить изогазы по месторождению с указанием способов оценки газоносности, газового давления и пр.;
- 5) обладать данными по запасам метана в угле с учетом глубины залегания:

- пластов рабочей мощности;
- пластов нерабочей мощности и пропластков;

б) знать плотность ресурсов метана ($\text{млн м}^3/\text{км}^2$) по месторождению;

7) обладать данными по наличию газа во вмещающих породах;

8) знать эффективную пористость песчаников, давление газа, возможные ресурсы.

Для разработки технических решений по извлечению угольного метана нужна следующая информация:

- 1) диаграммы по системам трещиноватоети угольных пластов;

2) газодинамические характеристики угольных пластов: общая и эффективная пористость, коэффициент проницаемости, газовое давление, газоносность, способы их определения;

3) физико-механические характеристики угольных пластов и вмещающих пород, глубина залегания и мощность угольных пластов, влажность;

4) зольность, химический состав минеральной составляющей и золь, содержание карбонатов и др.

Оценку коллекторских характеристик угольных пластов и выбор перспективных зон повышенного газовыделения осуществляют на основании:

1) тектоники месторождения с выделением участков повышенной дизъюнктивной нарушенности;

2) наличия газо- и нефтепроявлений при ведении геологоразведочных работ и их приуроченности к угольным пластам или трещиноватым породам;

3) наличия суфлярных выделений метана при ведении горных работ, их мощности, структуры вмещающих пород, наличия геологических нарушений и зон ПГД;

4) петрографического состава углей, степени метаморфизма, показателя отражательной способности, трещиноватости;

5) кавернометрии угольных пластов (кавернограммы, диаметр скважины, глубина залегания, газоносность, выход летучих, зольность и влажность углей в местах пластопересечений);

6) расстояния до возможных потребителей.

Для геодинамического районирования месторождения необходимы карты в масштабах 1:200 000; 1:50 000; 1:10 000; 1:5000.

Целесообразно рассмотреть возможные варианты развития угледобычи для оценки перспективных объемов извлечения метана посредством дегазации.

1.1.2. СБОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО КАВЕРНОМЕТРИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ И ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТИ УГЛЯ

1. Сбор и обобщение экспериментальных данных по кавернометрии угольных пластов из геологоразведочных скважин.

Известно, что в осадочных, особенно непрочных горных породах, стенки скважин разрушаются, при этом образуются каверны различной глубины. Изменение диаметра скважин, замеряемое методом кавернометрии, используется геофизиками на практике для изучения физико-механических свойств и устойчивости горных пород.

В настоящее время на основе обобщения экспериментальных данных многолетних исследований прочности, трещиноватости, газопроницаемости углей различных степеней тектонической нарушенности и стадий метаморфизма создан метод определения газопроницаемости угля по данным кавернометрии.

В разработанном методе дано физическое обоснование и найдена корреляционная связь показателя прочности угля f_k , определяемого по данным кавернометрии, с трещиноватостью и газопроницаемостью угля.

Диаметр скважин определяется при помощи приборов, называемых каверномерами. Для исследования угольных скважин применяют каверномер на сопротивлениях. Он состоит из четырех рычагов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, и измерительного устройства для передачи показания их положения на поверхность. Показания прибора позволяют получить непрерывную кривую измерения диаметра скважины, называемую кавернограммой. Для работы каверномером используется стандартная промыслово-геофизическая аппаратура. Измерение каверн входит в основные комплексы геофизических методов исследования угольных скважин, как в поисковый, так и в детализационный.

2. Сбор и обобщение экспериментальных данных по определению прочности угля экспресс-методом прочностномером П-1 в забоях горных выработок.

Осуществляют сбор экспериментальных данных по определению прочности угля в забоях горных выработок, выполняемый при текущем прогнозе выбросоопасности, а также при специальных исследованиях при выборе первоочередных объектов.

1.1.3. ТРЕБОВАНИЯ К СБОРУ И ОБРАБОТКЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Основным требованием к информации по Воркутинскому месторождению и методам (способам) тестирования и дегазации угольных пластов и междупластий является возможность представления ее в дискретном виде в форме непрерывных двоичных файлов.

Для этого вся совокупность информации должна быть расклассифицирована на пространственную и атрибутивную. Пространственная информация вначале может быть представлена на бумажных носителях (планах, разрезах, схемах и т.п.) с обязательным сопутствующим текстовым (атрибутивным) описанием (пояснением, уточнением). Атрибутивная информация может быть представлена текстами как в «бумажном», так и в электронном виде.

В состав атрибутивной информации входят страницы (массивы) текстовых символов, таблицы, рисунки, графики и т.д. В электронном виде атрибутивная информация должна быть представлена в виде файлов, читаемых и обрабатываемых приложениями программного комплекса Microsoft Office (Word, Exel, Power Point и др.).

Атрибутивная и графическая информация на бумажных носителях должна иметь контрастность и четкость, позволяющие проводить их сканирование с разрешением 300–600 dpi.

Графическую информацию представляют в виде векторных файлов (форматы .BMP, .TIFF, .jpg и др.). Файлы больших размеров (свыше 1,0 Мб) должны быть, как правило, заархивированы и представлены на CD-ROM.

По содержанию информация должна отражать сведения, необходимые для оценки участков и шахтных полей Воркутинского месторождения по метаноносности и метанодобываемости с использованием методологии, разработанной в МГГУ.

Указанная методология предлагает построение объемной динамичной модели угольного месторождения для исследования местоположения и взаимодействия отдельных источников (хранилищ)

метана. Эта модель должна формировать знания о физико-химических процессах, протекающих в угольных пластах при подготовке их ненарушенных участков к дегазации, далее при метанодобыче из этих участков, разгрузке-пригрузке участков пластов в процессе ведения добычных работ и сопутствующей метанодобычи, при добыче метана из выработанных пространств и окружающих массивов угля и пород; о технологиях ведения всех упомянутых процессов; о передовом отечественном и зарубежном опыте в этой области.

Перечисленные знания в формализованном и неформализованном виде должны быть представлены в основном на «бумажных носителях» (книги, статьи, монографии, атласы, отчеты, патенты и авторские свидетельства, ГОСТы и т.д.).

Обобщение горно-геологической и горно-технической информации по Воркутинскому угольному месторождению выполняли на основе данных, содержащихся в [1–33].

1.2. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОРКУТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Печорский угольный бассейн располагается на крайнем северо-востоке Европейской части России, в Республике Коми и Ненецком автономном округе Архангельской области в пределах Большеземельной тундры и занимает площадь около 90 тыс. км². Представляющий единое целое бассейн в результате действия тектонических и денудационных процессов разделился на ряд месторождений.

Территория Печорского угольного бассейна представляет собой несколько возвышенную равнину (абсолютные отметки +100 м и +250 м). Температура воздуха колеблется от +30 °С до –50 °С, среднегодовая температура в зависимости от района изменяется от –2,9 °С (южные районы) до –7,4 °С (северная часть бассейна). Почти для

всего бассейна характерно наличие вечной мерзлоты. Единого деления бассейна жесткими границами на районы не установлено.

Наиболее широко распространены в бассейне угленосные отложения пермской системы, которые подразделяются на три серии: юнь-ягинскую, воркутскую и печорскую, из которых угленосны две верхние серии, характеризующиеся ритмичным переслаиванием песчаников, алевролитов и каменных углей.

В разрезе воркутской серии мощностью 500–2400 м насчитывается до 190 угольных пластов и пропластков суммарной мощностью до 50–70 м (коэффициент угленосности колеблется в пределах 2,8–3,7). Воркутская серия подразделяется на лекворкутскую и интинскую свиты. Лекворкутская свита делится на аяч-ягинскую и продуктивную рудницкую подсвиты, которые в свою очередь подразделяются на пласты (пакеты). В рудницкой подсвите содержатся основные промышленные пласты бассейна мощностью от 1 до 4 м. Интинская свита содержит от 30 до 88 пропластков и пластов угля большей частью сложного строения, коэффициент угленосности 3,2–6. В печорской серии преобладают грубозернистые породы, в ней насчитывается до 110 угольных пластов при их суммарной мощности около 70 м, мощность серии изменяется от 900 до 3700 м (коэффициент угленосности 1,1–3,5).

В печорской серии выделяются сейдинская и тальбейская свиты. Число пластов в печорской серии достигает более 110 при их суммарной мощности около 70 м. Из них в нижней продуктивной части литологического разреза серии (сейдинская свита) содержится 16–20 пластов суммарной мощностью до 27 м.

Из трех освоенных угольной промышленностью районов бассейна – Воркутинского, Хальмер-Юского и Интинского – первый представляет наибольший интерес, поскольку здесь сосредоточены пласты углей, лучшие из известных в бассейне к настоящему времени.

Наиболее угленасыщенной является средняя часть воркутской серии – рудницкая подсвита, и в особенности угленасыщенным является пакет *N*.

Основное промышленное значение имеют пласты этого пакета n_{14} , n_{13} , n_{12} , n_{11} , которые на Хальмер-Юском, Верхне-Сырьягинском и Юнь-Ягинском месторождениях прослеживаются как самостоя-

тельные, на Нижне-Сырьягинском месторождении три верхних пласта образуют один пласт «Тройной» ($n_{14+13+12}$). На северо-западе Воркутинского и на Воргашорском месторождении все четыре пласта сливаются в один пласт «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$), а далее на юге, на Усинском месторождении, происходит снова расчленение до образования самостоятельных пластов n_{14} , n_{13} , n_{12} , n_{11} .

Угольные пласты воркутской и печорской серий в целом характеризуются довольно устойчивым петрографическим составом, содержание микрокомпонентов группы витринита в них составляет 75 %.

Печорский бассейн выделяется высокой природной газоносностью, которая обуславливается особенностями геологического строения данной территории. В угленосной толще выделяются две газовые зоны. Ближе к поверхности развивается зона газового выветривания, в которой преобладают компоненты воздушного происхождения. Ниже эта зона постепенно переходит в мощную толщу глубинных метаморфических газов, где преобладает метан.

Северо-восточную часть Печорского угольного бассейна составляет Воркутинский промышленный район, который в структурном отношении приурочен к Косью-Роговской впадине. Район представлен Юнь-Ягинским, Воргашорским и Воркутинским месторождениями углей. Все месторождения находятся за Полярным кругом и локализируются около крупного административного центра г. Воркуты, соединенного магистральной железной дорогой с промышленными центрами Европейской части России. Воркутинское месторождение эксплуатируется с 1934 г. и является до настоящего времени одним из основных бассейнов страны.

Воркутинское месторождение представляет собой мульду, вытянутую длиной осью с северо-востока на юго-запад. При средней длине мульды, равной 30 км, площадь месторождения составляет 300 км². Наибольшая глубина погружения пластов в центре складки достигает 1200 м. Углы падения пластов по выходам мульды постоянны и колеблются от 6–8° на южном замыкании до 40–50° на северном крыле. Вниз по падению пласты быстро выполаживаются и в донной части мульды они залегают почти горизонтально.

Угледобыча осуществляется шахтным способом, шахты располагаются по контуру мульды (рис. 1.1).

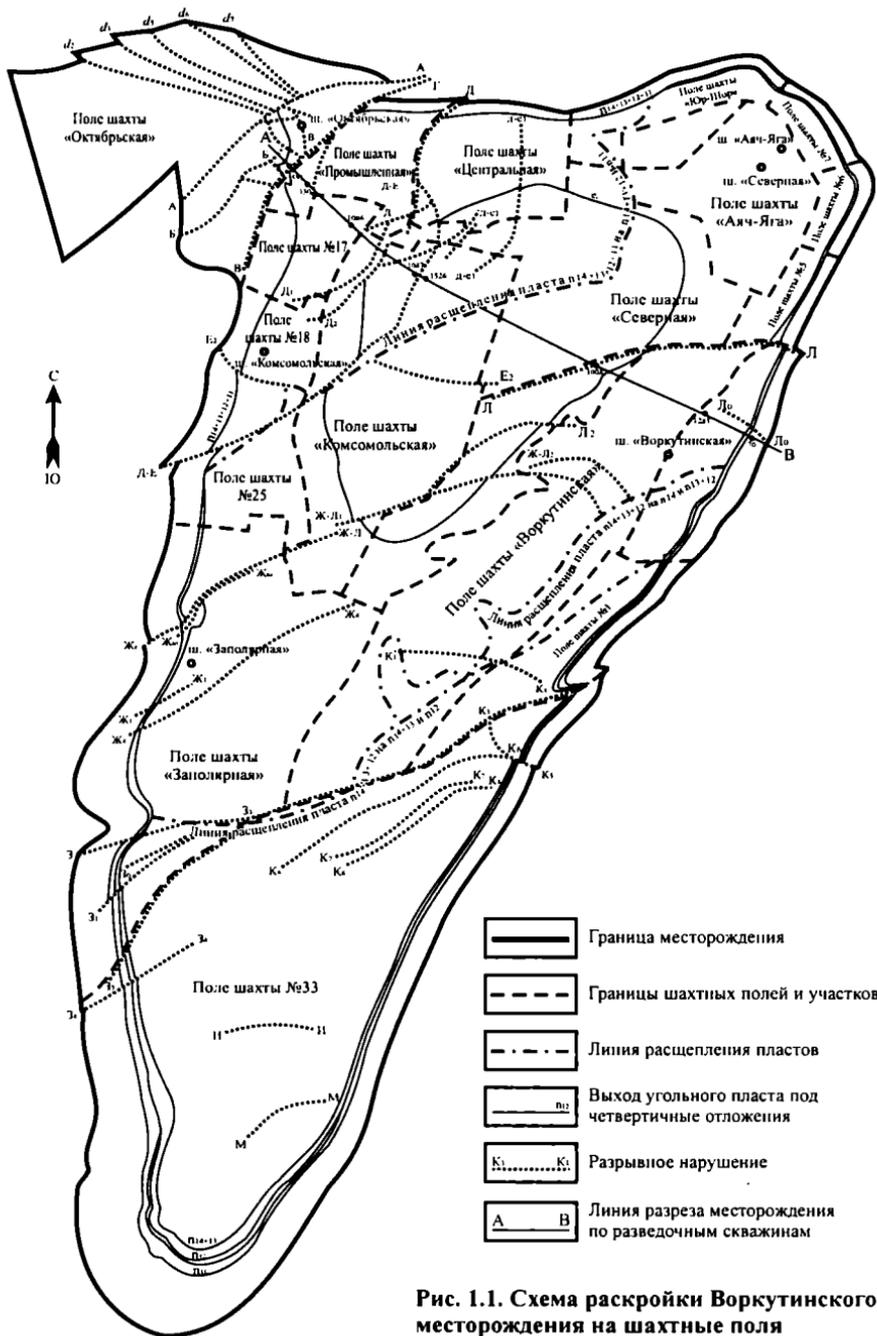


Рис. 1.1. Схема раскрояки Воркутинского месторождения на шахтные поля

Воркутинское месторождение сложено осадочными породами пермского возраста и перекрыто сравнительно сложным покровом рыхлых осадков неоген-четвертичного возраста.

Пермская угленосная толща по ряду геологических признаков (литология, угленосность, палеонтология и др.) подразделяется на юнь-ягинскую, воркутскую и печорскую серии осадков. Из них первая и низы второй относятся к нижнему отделу перми, а верх разреза датируется как верхняя пермь.

Главная промышленная угленосность связана с воркутской серией отложений, которая в свою очередь подразделяется на лекворкутскую и интинскую свиты. В то же время лекворкутская свита подразделяется на рудницкую и аяч-ягинскую подсвиты. Мощность рудницкой подсвиты, достигает 230–450 м, интинской 460–640 м. Вскрытая мощность печорской серии достигает 240 м. Свиты и подсвиты в свою очередь подразделяются на пакеты. В аяч-ягинской свите выделены пакеты *T, S, R, O*, в рудницкой – *O, N, M*, в интинской – *Z, K, I, H, G, F*.

Литологически вся угленосная толща представлена ритмическим переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов с пластами, пропластками углей и углистых пород. Иногда в разрезе присутствует толща конгломератов.

Вся пермская толща залегает на мощном преимущественно карбонатном комплексе осадков ордовик-карбонового возраста. Фундаментом осадочной толщи является метаморфическая толща орифея.

1.2.2. ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Разрез рудницкой подсвиты характеризуется наличием мелких сидеритовых конкреций, содержанием морской и солоноватоводной фауны. Средний литологический состав пород подсвиты: 40–45 % песчаников, 20–25 % алевролитов, от 20 до 10 % аргиллитов. Песчаники в основном мелкозернистые серого цвета, массивные, реже с неясной слоистостью. Пластический материал – обломки кремнистых сланцев (до 90 %), гранитоидов, основных и кислых эффузивов, базальта, а также зерна кварца, эпидота, полевого шпата. Цемент глинистый, карбонатный.

Алевролиты – темно-серые, горизонтально слоистые с растительным детритом.

Аргиллиты – темно-серые, обычно слагают кровлю и почву угольных пластов.

На основании фаунистических и литологических признаков в рудницкой подсвите снизу вверх выделяются следующие пакеты.

Пакет *O* – характеризуется изменчивой угленосностью и маркируется двумя фаунистическими горизонтами O_b и O_a . Нижняя граница пакета проводится по почве пластов угля O_1 , верхняя по почве пласта n_1 . Мощность пакета составляет 35–43 м и растет с северо-запада на юго-восток. В пакете содержится от 3 до 6 пропластков и маломощных пластов угля, не имеющих промышленного значения.

Пакет *N* – вмещает угольные пласты, являющиеся объектами эксплуатации месторождения. Нижняя граница пакета проводится по почве угольного пласта n_1 , в кровле которого залегает хорошо выдержанный горизонт *Oh* с морской фауной. Выше него на 70–90 м залегает также хорошо прослеживаемый горизонт *Na* с обильной морской фауной, который маркирует пласт n_8 . На 20–40 м выше залегает верхний пласт пакета – «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$), в кровле которого выделяется фаунистический горизонт *Ne*, содержащий солоноватоводную фауну. Общая мощность пакета составляет 105–155 м, которая также растет в юго-восточном направлении мульды.

Характерными особенностями рудницкой подсвиты для угольных пластов пакета *N* являются следующие:

- наименее увлажнен ($W_f^r = 4,9\%$) уголь пласта «Четвертый» (n_{11}), наиболее увлажнен ($W_f^r = 4,9\%$) уголь пласта «Пятый» (n_7). Эти величины не достигают влажности 6,5 %, при которой транспортировка угля по железной дороге в зимнее время приводит к его смерзанию;
- температура размягчения составляет 1160–1320 °С, плавления – 1200–1450 °С;
- угли пластов, за исключением пласта n_1 (среднесернистый), относятся к малосернистым, среднефосфористым [«Тройной» ($n_{14+13+12}$); «Пятый» (n_7); n_1] и малофосфористым [«Четвертый» (n_{11}), «Восьмой» (n_6)];
- теплотворная способность оцениваемых углей колеблется в пределах 35,262–35,581 МДж/кг;

- согласно ГОСТ 25543–88, угли пластов пакета *N* отнесены к технологической марке 2Ж;
- все шахтопласты не склонны к самовозгоранию и не окислены.

Значение общей пористости пород находится в пределах 2–9 %. Около 40 % песчаников и 15 % алевролитов имеет пористость менее 5 %, то есть низкую. Остальная часть песчаников, алевролитов, а также все аргиллиты являются среднепористыми.

Среднее значение водопоглощения для песчаников составляет 0,5–4,5 %, алевролитов – 1,0–5,5 %, аргиллитов – 1,5–6,5 %. Хотя водопоглощение всех пород незначительно, замачиваемые пробы теряют свою прочность по-разному: 75 % песчаников и 70 % алевролитов практически не потеряли своей прочности, у остальных песчаников и алевролитов прочность снизилась не более чем на 30 %. Все испытываемые образцы аргиллитов разваливались, то есть теряли свою прочность практически полностью.

Прочностные характеристики изменяются в широких пределах.

Прочностные характеристики околоугольных пород пакета *N* приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Порода	Пределы прочности, кг/см ²		
	на сжатие	на разрыв	
	$\sigma_{сж}$	σ_p^{\parallel}	σ_p^{\perp}
Аргиллит	<u>100–180</u>	<u>40–50</u>	<u>20–40</u>
	156	45	30
Аргиллит алевролитовый	<u>160–540</u>	<u>30–100</u>	<u>45–60</u>
	345	55	50
Алевролит мелкозернистый	<u>200–710</u>	<u>20–140</u>	<u>30–70</u>
	370	75	50
Алевролит крупнозернистый	<u>190–950</u>	<u>40–190</u>	<u>10–100</u>
	565	90	50
Песчаник тонкозернистый	<u>310–1410</u>	<u>50–200</u>	<u>20–130</u>
	710	110	60
Песчаник среднезернистый	<u>520–1410</u>	<u>90–150</u>	<u>40–100</u>
	850	130	75
Песчаники известковые, конкреционные	<u>660–1820</u>	<u>80–240</u>	<u>20–150</u>
	1175	150	90

Примечания. 1. В числителе приведен диапазон значений, в знаменателе – среднее значение. 2. Значения физических величин здесь и далее приведены в единицах системы СГС ($1 \text{ кг/см}^2 = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Па}$).

Пакет М – отличается преимущественно песчанистым составом. Угольные пласты сложного строения, не выдержанные по мощности и качественному составу. Средняя мощность пакета 115 м.

Интинская свита – отличается от нижележащих отсутствием горизонтов с морской фауной, более сложным составом разреза и высокой зольностью угольных пластов. Нижняя граница свиты проводится по почве пласта e_1 . Средняя мощность свиты 550 м. В свите выделяется 6 пакетов. Промышленная угленосность связана с пакетом *I* и *H*.

Пакет I – вмещает маркирующий горизонт I_a , содержащий пресноводную фауну, ниже которого прослеживаются пласты i_2 и i_1 . Последний залегает на 10–15 м ниже горизонта I_a . На отдельных участках (поле шахты «Аяч-Яга») он, так же как и пласт i_4 , является объектом отработки. Пласт i_4 залегает в 15–20 м выше горизонта I_a и является объектом отработки на поле шахты «Южная». Нижняя граница пакета проводится по почве пласта i_1 , а верхняя по почве пласта h_1 . Средняя мощность пакета составляет 90 м.

Пакет H – по литологическому составу и строению аналогичен пакету *I*. Содержит до 12 пластов и пропластков угля, из которых h_6 и h_{8+9} на отдельных участках достигают рабочей мощности и являются объектом отработки (поле шахты «Аяч-Яга»). Верхняя граница пакета проводится по почве пласта g_1 . Средняя мощность отложений пакета составляет 90–95 м. Вышележащая часть угленосного пермского разреза, как не представляющая практического интереса, здесь не рассматривается. Вся пермская угленосная толща перекрыта сплошным чехлом неоген-четвертичных отложений ледово-морского, ледникового, аллювиального, болотного и других генетических типов. Мощности покрова варьируют в больших пределах, достигая своего максимума (150–180 м) в местах развития депрессии в пермском рельефе. Неоген-четвертичные отложения, именуемые рыхлыми отложениями, на полную мощность скованы мерзлотой вялого характера с температурой от 0,5 до 3 °С.

1.2.3. УГЛЕНОСНОСТЬ

Общее количество угольных пластов мощностью от нескольких сантиметров до 4,5 м достигает на Воркутинском месторождении 141. Однако объектом эксплуатации на месторождении мо-

Свита пластов	Общее число пластов	В том числе пластов мощностью, м					
		от 0,6 до 0,79	от 0,8 до 0,99	от 1,0 до 1,2	от 1,21 до 2,5	от 2,51 до 3,5	от 3,51 до 4,5
Интинская	90	8	6	3	1	–	–
Лекворкутская	51	6	3	1	2	1	1
<i>Итого</i>	141	14	9	4	3	1	1

гут быть единичные пласты. Характеристика угленосности свит Воркутинского месторождения приведена в табл. 1.2.

В общем виде уголь пластов интинской свиты и рудницкой подсвиты находится на одной стадии метаморфизма, но по существующим кондициям (обогащаемость, зольность) угли пластов интинской свиты классифицируются как энергетические угли.

Рабочими пластами в интинской свите являются (или могут быть) i_1 , i_4 , h_4 , h_5 , g_5 , средняя их мощность 1,1–1,25 м.

Пласты рудницкой подсвиты относятся к технологическим – «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) (до 4,3 м), «Тройной» ($n_{14+13+12}$) (до 2,5 м), n_{13+12} (1,4 м), n_{14} (1,3 м), n_{12} (1,5 м), «Пятый» (n_7) (1,0 м), n_1 (1,0 м). Все пласты за исключением «Пятый» (n_7) и n_1 являются аналогами расщепленного пласта «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$). Пласт «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) представлен двумя пачками угля (2,5 и 1,5 м), разделенными прослойком глины или углистого аргиллита. Первая линия расщепления пласта «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) проходит по северо-западу мульды с северо-восточным простиранием по полям шахт «Юр-Шор», «Северная», на юго-востоке – по полям шахты «Комсомольская» и шахты № 25. Следующая линия расщепления пластов «Тройной» ($n_{14+13+12}$) на n_{13+12} и n_{14} , а также n_{13+12} на n_{12} и n_{13} с тем же азимутом простирания проходит по южным оконечностям полей шахт «Заполярная» и «Воркутинская».

Пласты угля рудницкой подсвиты при простом их строении отличаются невысоким содержанием тонкорассеянного минерального вещества, что значительно понижает зольность угля и благоприятно влияет на процесс обогащения. В общем виде зольность пластов пакета N широко варьирует (8–30 % A^c), но разрабатываемые пласты являются наиболее чистыми. Содержание A^c в них не превышает 11–17 %. Они все приурочены к средней части пакета N .

Уголь этих пластов отличается высокой хрупкостью, что обуславливает высокий выход мелких классов пыли. Так, по пласту «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) выход класса +25 мм не превышает 26 %. Влажность товарного угля составляет 7–6 %. Влажность углей на полях западного крыла мульды выше. Все угли пласта «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) (или его расщепленные аналоги) относятся к средней группе по обогатимости, а нижележащие пласты пакета N [«Пятый» (n_7) и n_1] отличаются повышенной зольностью углей и трудной обогатимостью.

Содержание серы в обрабатываемых пластах пакета N составляет 0,5–0,7 %, фосфора 0,03–0,04 %. Пластический слой у необогащенного угля равен 15–30 мм, а у обогащенного достигает 33 мм. Величина пластического слоя выше по шахтам западного крыла. Выход летучих составляет 28,8–34,8 %. Угли шахт северного и западного крыльев относятся к маркам $Ж_{10}$, а угли восточного крыла к $Ж_{19}$.

Далее приведено более подробное описание угольных пластов рудницкой подсвиты по данным геологоразведки и подземным наблюдениям на шахтах. Для описания слоев пород и расстояния между пластами использовалась скважина № 1046, находящаяся в донной части Воркутинского месторождения.

В настоящее время шахтами разрабатываются пласты «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$), «Четвертый» (n_{11}) и «Тройной» ($n_{14+13+12}$), «Пятый» (n_7). Угли относятся к марке $Ж$ и технологической группе $Ж_{19}$. Угольные пласты в основном сложены блестящими и полублестящими углями. Глинистое вещество присутствует в незначительных количествах и мало влияет на зольность углей. Для углей всех пластов характерным является преобладание микрокомпонентов группы витринита, в частности каолинита. В углях основных пластов содержание минеральных веществ составляет в среднем 18 %. В минеральной части угли содержат незначительное количество карбонатов в виде отдельных включений 0,5–0,1 %, а для некоторых пластов подсвиты оно достигает 6 %. Пористость в среднем 7 %, влажность 2,5 %.

Пласт «Тройной» ($n_{14+13+12}$). На отработанных площадях средняя мощность по лавам составляет 2,1–2,4 м при зольности от 12,9 % до 13,6 %. Повсеместно пласт имеет простое строение. Уголь пла-

ста относится к технологической группе Ж₁₈. Уголь, опасный по взрыву пыли, не опасный по внезапным выбросам угля и газа, однако с отметки –620 м необходим прогноз выбросоопасности. Пласт, опасный по горным ударам с отметки –270 м. Ложная кровля представлена углистым аргиллитом и алевролитами мощностью 0,2–0,35 м и имеет повсеместное распространение. Непосредственная кровля состоит из аргиллитов и мелкозернистых алевролитов мощностью 3–10 м. Основная кровля представлена песчаниками и алевролитами мощностью до 20 м. Непосредственная почва представлена тонкослоистым аргиллитом. За пределами неотработанного пространства (по данным геологоразведочных работ) минимальное значение мощности составляет 1,75 м, максимальное – 2,7 м, среднее – 2,35 м. По данным геологоразведочной скважины № 1046, которая находится недалеко от проектируемых скважин заблаговременной дегазации (ЗД), вынимаемая мощность пласта «Тройной» ($n_{14+13+12}$) составит 2,28 м, полезная – 2,18 м. Зольность пласта колеблется от 11 % до 17 % при средней 13–14 %.

Пласт «Четвертый» (n_{11}) является нижней частью пласта «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) после его расщепления. По данным горных работ мощность пласта колеблется от 1,3 м до 1,55 м при среднем значении 1,4 м. Согласно данным геологоразведочной скважины № 1046 мощность пласта принята 1,69 м. Строение пласта простое, зольность колеблется от 11 % до 16,6 % при средней – 14,4 %.

Уголь пласта относится к технологической группе Ж₁₈, опасный по взрыву пыли, не опасный по внезапным выбросам угля и газа, но с отметки –800 м требует прогноза выбросоопасности. Пласт, опасный по горным ударам с отметки –270 м.

Ложная кровля у пласта отсутствует. Непосредственная кровля представлена аргиллитами и мелкозернистыми алевролитами, распространена повсеместно, в нижней части залегает слабоустойчивая пачка средней мощности (1,0–1,5 м), распространена повсеместно.

Основная кровля представлена песчаниками и алевролитами мощностью до 25 м.

Пласт «Пятый» (n_7) расположен ниже пласта «Четвертый» (n_{11}) на 30–35 м. По данным геологоразведки на расстоянии 39 м. Пласт является нерабочим и обрабатывался шахтой № 17 лишь до гори-

зонта – 485 м. Для дальнейшего проектирования представляет интерес с точки зрения газоносности. Как показывают расчеты, пласт «Пятый» (n_7) участвует в газовом балансе при обработке рабочих пластов.

Геологическая мощность пласта «Пятый» (n_7) в среднем составляет 1,2 м, полезная – 1,0 м. Пласт сложного строения, состоит из двух угольных пачек, разделенных прослоем сажистого высокозольного угля мощностью 0,2 м. Мощность верхней пачки равна 0,4 м, нижней – 0,6 м. Зольность угольных пачек от 13 до 25 %, средняя – 16 %. Средняя общепластовая зольность составляет 20–21 %. С генетической точки зрения пласт «Пятый» (n_7) можно рассматривать как относительно выдержанный, с учетом влияния наложенных тектонических деформаций – как невыдержанный.

Характеристика угольных пластов шахт ОАО «Воркутауголь» (средние значения) представлена в табл. 1.3.

Пласт «Восьмой» (n_6). Согласно данным геологоразведки пласт «Восьмой» (n_6) залегает на 14,85 м ниже пласта n_7 . До 1960 г. разрабатывался шахтами № 17, 18 и 26, но в связи с введением новых кондиций в 1959 г. из-за малой мощности отнесен к некондиционным и в настоящее время не отрабатывается. В среднем мощность пласта «Восьмой» (n_6) составляет 0,74 м. Строение пласта повсеместно простое. Среднее значение зольности равно 15 % при колебаниях 11–23 %.

Пласт n_1 расположен на 60–70 м ниже пласта «Восьмой» (n_6). С 1952 г. разрабатывался шахтами № 17 и 18 и на очень ограниченных площадях шахтами № 25 и 26, но в связи с введением новых

Таблица 1.3

Угольный пласт	Мощность, м	Влага аналитическая, %	Общая сера, %	Нижшая теплота сгорания, МДж/кг
«Мощный» ($n_{14+13+12+11}$)	3,74–4,68	0,9–3,0	0,5	25,38
«Тройной» ($n_{14+13+12}$)	2,04–2,79	0,9–2,7	0,5–0,8	25,36–35,0
«Двойной» (n_{13+12})	1,0–1,78	1,2–1,4	0,6–0,8	35,4–37,4
«Четвертый» (n_{13})	1,22–1,52	0,9–3,8	0,6–0,8	25,4–35,2
«Пятый» (n_7)	0,8–0,93	0,9–4,3	0,6–1,2	25,31
«Первый» (n_{14})	1,10–1,82	0,9–1,2	0,6	34,0

кондиций в 1959 г. из-за малой мощности и высокой зольности отработка его прекращена. Мощность пласта n_1 колеблется и в среднем составляет 0,65 м, полезная мощность – 0,55 м. Пласт расщеплен на два маломощных прослоя угля, разделенных аргиллитом и углистым аргиллитом. Мощность верхней пачки составляет 0,25 м, нижней – 0,20 м.

Площади распространения рабочей мощности пласта имеют довольно прихотливые контуры. Пласт n_1 отнесен к группе невыдержанных пластов.

Интинская свита содержит 72 угольных пласта мощностью до 0,5 м, но эти пласты отличаются сложностью строения, повышенным содержанием золы в углях. Их зольность не ниже 20–35 %. Угли эти более прочные. Так, по данным ситового анализа, содержание мелочи (класс 6–0 мм) не превышает 30 %. Характерно, что зола по классам крупности распределена равномерно, чем исключается возможность обогащения угля путем сортировки. Зола тугоплавкая (1200–1400 °С). Влажность товарного угля 4–7 %, минеральные примеси распределены в угле равномерно, что усложняет обогатимость. Содержание серы 1,2–4,1 %, количество фосфора составляет 0,018–0,114 %. Выход летучих 32–37 %. Величина пластического слоя 10–15 мм. По показателям угли этих пластов соответствуют марке жирных углей Ж₁₀, но из-за зольности отнесены к энергетическим.

Характеристика мощности и качества угольных пластов печорской, интинской свит и пакета M рудницкой подсвиты приведены в табл. 1.4 (по данным геологоразведочных работ).

Для всех угольных пластов рудницкой и интинской свит характерно наличие *ложной кровли* мощностью 0,05–0,4 м. Ложная кровля представлена тонкослоистыми листовыми микротрещиноватыми аргиллитами с обилием обугленных растительных остатков и линз угля или рыхлым мятым аргиллитом до углистого аргиллита, что характерно для пласта «Тройной».

Непосредственная кровля пластов на большей части месторождения сложена среднеслоистыми и неслоистыми аргиллитами. Мощность аргиллитового слоя колеблется от 0,5 до 2 м, редко увеличивается до 5–9 м. Выше по разрезу залегает слой мелко- и крупнозернистых алевролитов преимущественно тонко- и средне-

Таблица 1.4

Пласт	Мощность, м		Число прослоев породы	Зольность, %	
	угольных пачек	горной массы		угольных пачек	горной массы
l_4	<u>1,90–2,89</u> 2,26	<u>2,10–3,23</u> 2,58	<u>1–6</u> 3	<u>27,0–36,0</u> 31,7	<u>31,4–38,9</u> 35,3
g_{10+11}	<u>0,52–1,49</u> 0,9	<u>0,58–2,01</u> 1,64	<u>1–6</u> 3	<u>18,1–29,9</u> 24,9	<u>18,1–36,5</u> 28,7
g_7	<u>0,53–1,47</u> 1,04	<u>0,53–1,57</u> 1,43	<u>0–2</u> 1	<u>23,1–31,8</u> 28,3	<u>23,1–39,6</u> 30,9
h_{12}	<u>0,50–0,85</u> 0,65	<u>0,55–0,90</u> 0,71	<u>0–2</u> 1	<u>25,0–31,0</u> 29,0	<u>29,0–37,0</u> 33,7
h_{12+11}	<u>0,90–1,25</u> 1,07	<u>1,10–1,55</u> 1,34	<u>1–7</u> 3	<u>27,0–30,0</u> 28,9	<u>37,0–40,0</u> 38,8
h_{11}	<u>0,50–0,75</u> 0,62	<u>0,60–0,85</u> 0,73	<u>0–2</u> 1	<u>23,0–32,0</u> 28,2	<u>31,3</u>
k_2	<u>0,50–0,80</u> 0,60	<u>0,50–0,80</u> 0,60	<u>0</u>	<u>21,3–35,0</u> 24,7	<u>21,3–35,0</u> 24,7
m_9	<u>0,50–1,05</u> 0,81	<u>0,50–1,15</u> 0,87	<u>0–1</u> 0	<u>15,0–25,0</u> 19,7	<u>18,0–27,0</u> 22,9

Примечание. В числителе приведен диапазон значений, в знаменателе – среднее значение.

слоистых. Породы, слагающие непосредственную кровлю, как правило, трещиноватые, полосчатые и взаимно переслаивающиеся. Характерным признаком является наличие большого количества конкреционных образований – полосок, линз и желваков. Мощность пород непосредственной кровли составляет от 2–3 м (пласт «Пятый») до 10–12 м (пласт «Мощный»).

Основная кровля всех пластов представлена неслоистыми массивными алевролитами мелко- и крупнозернистого состава. Алевролиты преимущественно однородные, нетрещиноватые, крепкие. Доминирующее положение в составе пород основной кровли занимают песчаники тонко- и мелкозернистые с резко подчиненным количеством средне- и крупнозернистых разностей. В разрезе пород основной кровли нередко отмечаются мощные конкреционные линзы (0,5–3,5 м) песчано-известково-аргиллитового состава, очень крепкие.

Кровля пласта «Мощный» на большей части месторождения сложена алевролитами и аргиллитами и относится в основном к

среднеобрушаемой. И лишь в северной части месторождения отмечены обширные участки, где основная кровля относится к труднообрушаемой.

Породы кровли пласта «Тройной» также относятся к среднеобрушаемым, а непосредственной кровли – к ниже среднеустойчивым; выявлены участки, на которых кровля по геологическим признакам относится к труднообрушаемой.

Кровля пласта «Четвертый» почти на всех шахтных полях сложена песчаниками, из-за высокой прочности и мощности которых основная кровля относится к труднообрушаемой.

Кровля пласта «Пятый» на большей части месторождения относится к легко- и среднеобрушаемой, а непосредственная – к ниже среднеустойчивой. И лишь на небольших участках распространен тип труднообрушаемой кровли.

Вмещающие породы пластов рудницкой свиты представлены слоистыми трещиноватыми аргиллитами, алевролитами, песчаниками, которые на глубине более 1000 м отличаются повышенной напряженностью и пониженной устойчивостью. Соотношение granulометрических групп в пакете N (%) следующие: песчаники – 41,7, алевролиты 43,0, аргиллиты 8,9, угли 6,4.

1.2.4. ТЕКТОНИКА

Воркутинское месторождение в виде брахисинклинальной складки вытянулось своей длиной осью на северо-восток (30 км) и имеет форму почти равнобедренного треугольника. Все шахты заложены по периферии складки на ее западном, северном и восточном крыльях. Южное замыкание мульды не разрабатывается, но подготавливается детальной разведкой (шахта № 33) к шахтному строительству. Крылья складки отличаются непостоянными и повышенными углами падения угленосной толщи. В общем виде углы падения пластов увеличиваются с юга (5–8°) на север, где они достигают 40–50°. Углы падения на западном крыле несколько положе (5–18°), чем на восточном борту (6–30°). Максимальная глубина погружения угленосной толщи в осевой части мульды не превышает 1250 м. В общем простое геологическое строение Воркутской мульды осложнено пликативными и дизъюнктивными нару-

шениями. Складки более низких порядков располагаются как по простиранию, так и вкрест их простирания и часто сопровождаются флексурами и разрывами. Основные разрывы морфологически выражены сбросами и имеют преимущественно северо-восточное или близкое к широтному простирания. Плоскости сбрасывателей имеют в основном южные и юго-восточные падения. Амплитуды основных крупных нарушений (E , E_2 , L , J , $J_{ю}$, L_n , K и др.) в большинстве случаев составляют 50–150 м. В зоне сочленения Воркутской мульды с Воргашорской проходит два крупных взбрососдвиговых нарушения (A и Γ), амплитуды которых достигают 500–600 м. Крупные разрывные нарушения мульды представляют собой, как правило, не единый разрыв, а зону или систему из целой серии разрывов, расположенных кулисообразно как по простиранию, так и по падению. Помимо крупных нарушений с системами оперяющих и сопровождающих их более мелких нарушений, на месторождении отмечаются и другие самостоятельные системы дизъюнктивов, приуроченные к местам резких изменений направления простирания, крыльям складок и флексурным изгибам. Это преимущественно мелкие или мельчайшие нарушения, значительно реже – нарушения средней амплитуды. Протяженность их обычно невелика, а ориентировка зависит от простирания пород в осложняемой ими структуре. Характерным для них являются небольшая нарушенность разреза, приуроченность к какому-либо узкому стратиграфическому горизонту, в связи с чем они в противоположность нарушениям систем крупных разрывов, поражая один пласт, могут почти ничем не проявлять себя на соседнем пласте или, в крайнем случае, создать на нем лишь небольшую складку. Нередки случаи, когда на двух сближенных пластах подобные нарушения, совмещаемые в плане, имеют не только различные простирания, но и прямо противоположные направления перемещения крыльев при значительно крутых сместителях. Мельчайшие (до 3 м) разрывы особенно характерны для северо-восточного центрoклинального замыкания Воркутской мульды. При переходе от субмеридиального простирания пород к северо-западному и последнего к широтному залегание угольных пластов на участках переходов нарушено мелкими разрывами, причем разорванным оказывается пласт «Тройной» ($n_{14+13+12}$) или он же вместе со сближенным пластом «Четвер-

тый» (n_{11}). В общем виде мельчайшие разрывы и складки имеют широтное распространение в Воркутской мульде. В большинстве случаев такие вскрытые разрывы по полю шахты «Воркутинская» носят сбросовый характер с крупнопадающими сместителями. Такой характер указывает на то, что они образовались из флексур, которые в ряде случаев оказались не разорванными. Несколько сложнее проявляются разрывы по пласту «Первый» (n_{14}) на шахте «Воркутинская». Наряду со сбросами ступенчатого характера имеются мельчайшие взбросы, зоны дробления и перемятости. В ряде случаев по пласту «Пятый» (n_7) взбросы сопровождаются подворотами всячего бока. Такая картина нарушенности фиксируется по пласту «Тройной» ($n_{14+13+12}$) на поле шахты «Заполярная», которая развита в зоне крупного разрыва 3. По полю шахты «Юр-Шор» по пласту «Пятый» (n_7) проявляются разрывы в виде микрогорстов на флексурной складке.

Тектоническую природу имеют пережимы, утонения и раздувы угольных пластов. Наиболее часто такая нарушенность угольных пластов проявляется на северо-восточном центриклинальном замыкании мульды, а также вблизи линий развития крупных разрывов мульды. В зонах перехода раздувов пласта к утонениям наблюдаются апофизные клинья, что свидетельствует о подвижках масс угля под воздействием сил сжатия. Кроме крупных складок, мульда изобилует развитием мелко- и микроамплитудных складок антиклинального и синклинального вида, что придает волнистость в залегании пластов. Нередко в зонах резкого перехода простирания угленосной толщи в угольных пластах и породах наблюдаются полойные перемещения (рис. 1.2).

На Воркутинском месторождении имеются три антиклинальные структуры (табл. 1.5), первая из которых (антиклиналь Д-Е) находится целиком в пределах поля шахты «Комсомольская», вторая (антиклиналь «Северная») – в пределах северной части поля шахты «Воркутинская», третья (антиклиналь «Центральная») – вблизи осевой части Воркут-

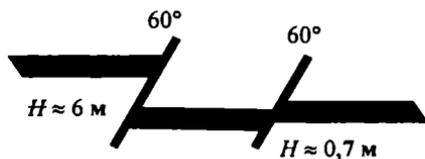


Рис. 1.2. Дизъюнктивное нарушение Ж-Л₁ на поле шахты «Комсомольская»

Показатели	Антиклиналь в пределах поля шахты		
	Д-Е	«Северная»	«Центральная»
	«Комсомольская»	«Воркутинская»	
Размеры структуры:			
длина, км	2	3	4
ширина, км	1	0,8	1,5
площадь, км ²	2	2,4	6
амплитуда, м	50-150	90	70
Глубина распространения структуры:			
абсолютные отметки, м	От -625 до -800	От -720 до -820	-
глубина от дневной поверхности, м	До 1080	От 910 до 1050	От 900 до 1175
Оценка ресурсов метана в обнаженных скоплениях свободного газа, млн м ³	144	131	410

ской синклинали, около нижней границы поля шахты «Воркутинская».

1.2.5. МЕРЗЛОТНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В криологическом отношении Воркутинское месторождение представляет собой переходную область от сплошного к островному распространению зоны многолетней мерзлоты. Гидрогеологический разрез Воркутинского месторождения (по данным гидрогеологической скважины) приведен в табл. 1.6.

Мерзлотные участки чередуются с талыми, наблюдается прерывистость мерзлой зоны и появляются сплошные многолетние талики. Верхняя и нижняя границы залегания мерзлоты также изменчивы и непостоянны. Температурный режим составляет 0 – минус 2,5 °С, но преобладает минус 1 °С. Характер развития зоны мерзлоты определяет в значительной степени специфику гидрогеологических и инженерно-геологических условий, а также обводненность шахтных полей.

Таблица 1.6

Масштаб, м	Геологический возраст	Породы	Глубина залегания слоя, м	Мощность слоя, м	Геологический разрез	Категория по буримости	Предполагаемый водоносный горизонт и его уровень, м	Конструкция скважины				
								Диаметр долота, длина колонны, мм/м	Диаметр и длина обсадной колонны, мм/м			
5	Q	Пылеватые суглинки, суглинки с гравием и галькой, с прослоями песка, супеси. Ниже 50 м валунные суглинки. Мерзлые	80.0	80.0		V	↑	Ø 244,5 расширение до Ø 394	Ø 260			
10												
15												
20												
25												
30												
35												
40												
45												
50												
55												
60										VI	Ø 190 расширение до Ø 295,3	Ø 260
65												
70												
75												
80												
85	VII	Песчаник мелкозернистый	80.0	18.0		VII	-	Ø 190	Ø 219			
90												
95	Алевролит мелкозернистый Аргиллит Аргиллит углистый Алевролит крупнозернистый Песчаник мелкозернистый Аргиллит Песчаник мелкозернистый Аргиллит Алевролит мелкозернистый Алевролит мелкозернистый Уголь Аргиллит	80.0	18.0	20.0		VI	-	Ø 190	Ø 168			
100												
105												
110												
115												
120												
125												
130												
135												
140												
145												
150												

Подмерзлотные воды приурочены к валунно-гравийно-галечным отложениям на контакте с пермскими породами. Они отмечены во всех разведочных скважинах и проходимых стволах. Мощность их составляет 0,5–30 м. Водообильность средняя, дебиты 0,03–0,45 л/с. Воды горизонта обладают большими напорами. На большей части площади они залегают на водовмещающих породах пермского возраста и тесно связаны с водами пермского комплекса.

В гидрогеологическом отношении Воркутинское месторождение входит в обширный Усинский Артезианский бассейн, относящийся к Печорской группе гидрогеологических структур Арктики. По геологоразведочным данным подземные воды залегают в подстилающей толще карбона, угленосной перми и неоген-четвертичных рыхлых отложениях.

Таким образом, в пределах Воркутского субартезианского бассейна выделяются водоносный комплекс четвертичных отложений и водоносный комплекс пермских отложений.

Водоносный комплекс четвертичных отложений широко распространен на площади шахтного поля и включает в себя несколько разрозненных горизонтов по отношению к многолетней мерзлоте.

Водоносный комплекс пермских отложений приурочен к конгломератам, песчаникам и трещиноватым алевролитам. Наибольший интерес для нас представляют подземные воды в отложениях рудничкой подсветы, которая имеет несколько водоносных горизонтов, приуроченных к угленосной перми и неоген-четвертичным рыхлым отложениям.

Трещиноватые песчаники и алевролиты в пермской толще являются водовмещающими комплексами, а глинистые сланцы, аргиллиты, пласты и прослойки угля служат их воупорами. В отдельных случаях в зоне интенсивного проявления нарушенности угленосной толщи перечисленные воупоры могут представлять хорошую водопроводящую систему. В рыхлой неоген-четвертичной толще водоносными являются талые гравийногалечники, пески, супеси, а воупоры представлены глинами, суглинками и комплексом мерзлых пород.

Обводненность при проведении горных работ в шахтах в основном связана с водоносными горизонтами, которые залегают в от-

ложениях рудничкой подсвиты и интинской свиты перми, а также частично с отложениями рыхлого покрова.

Как показывает опыт эксплуатации полей шахт «Комсомольская» и «Воркутинская», при отработке угля на глубоких горизонтах приток воды следует ожидать лишь на отдельных участках и размеры его не превысят $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. Общешахтный водоприток с учетом обводненности верхних горизонтов не превысит $500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Подземные воды в отложениях рудничкой подсвиты имеют несколько водоносных горизонтов, достаточно хорошо выдержанных. Водоносные горизонты, локализуясь в песчаниках и алевролитах, как правило, приурочиваются к кровлям угольных пластов. Особенность подземных вод рудничкой подсвиты заключается в увеличении водоносных горизонтов в пакете *N* на юге в направлении расщепления пласта «Мощный». По характеру залегания водоносные горизонты относятся к артезианским подмерзлотным. Выше в пакете *M* основной водоносный горизонт также залегает в трещиноватых песчаниках мощностью от 25 до 50 м, которые развиты повсеместно и хорошо маркируются фаунистическими горизонтами M_2 и M_3 .

Расстояние от почвы водоносного горизонта до рабочего пласта «Мощный» ($n_{14+13+12+11}$) (или его расщепленных аналогов) по вертикали составляет 70–85 м. Удельные расходы разведочных скважин при опробовании водоносного горизонта – от 1 до 7–18 л/с, самоизлив дренажных скважин, пробуренных в горные выработки шахт (пакет *M*), составляет $100\text{--}300 \text{ м}^3/\text{ч}$. Установлено, что наибольшая водообильность отложений пакета *M* наблюдается в условиях пологого залегания ($5\text{--}7^\circ$) водоносных песчаников. Мощность водоносных песчаников пакета *N* составляет 10–25 м, и горизонты эти лежат на 15–30 м выше отрабатываемых пластов. Притоки воды в горные выработки шахт за счет обводненности песчаников пакета *N* достигали $200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Низы пакета *N* обводнены значительно меньше, чем верхи, что обуславливается уменьшением мощности песчаников в этой части разреза. Ниже в пакете *O* в почве пласта n_1 также залегают водоносные песчаники, отличающиеся хорошей выдержанностью по площади мульды. Притоки воды в горные выработки шахт по западному и северному крыльям достигали 15–