

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский национальный технический университет  
Факультет горного дела и инженерной экологии  
Кафедра «Горные машины»

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО  
Декан факультета

\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ Кологривко А.А

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**«ГОРНОЕ ДЕЛО»**

для специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование  
(по направлениям)»

Автор:

Костюкевич Е.К., кандидат технических наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании Совета факультета горного дела и инженерной экологии БНТУ 27.05.2024 г., протокол № 9.

Минск БНТУ 2024

УДК 622.002.5.001.63  
ББК 33.16я7  
К72

Рецензенты:

кафедра экологического мониторинга и менеджмента Международного государственного экологического института имени А.Д.Сахарова" Белорусского государственного университета (заведующий кафедрой, доктор сельскохозяйственных наук, профессор С. Е. Головатый ;  
В.И. Глуховский., заведующий научно-исследовательской лабораторией «Экопром», кандидат технических наук

К72

Костюкевич, Е. К. Горное дело.: электронный учебно-методический комплекс для студентов направления специальности: 1-36 10 01-05 «Горные машины и оборудование (электромеханика)». /Е.К. Костюкевич. - БНТУ, Фак. горного дела и инженерной экологии, каф. «Горные машины». – Минск : БНТУ, 2024. – 220 с.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) содержит систематизированные материалы, изучение которых способствует формированию у студентов знаний, умений и профессиональных навыков в области разработки месторождений полезных ископаемых и подготовке к дальнейшему изучению профилирующих дисциплин. ЭУМК может быть использован студентами в качестве справочного материала при курсовом и дипломном проектировании, а также для более углубленного изучения отдельных вопросов.

ЭУМК предназначен для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)».

**УДК 622.002.5.001.63**  
**ББК 33.16я7**

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	5
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	8
1.1. Горное дело. Общие сведения .....	8
1.1.1. История горного дела .....	8
1.1.2. История и способы добычи соли.....	10
1.1.3. Этапы развития горной техники и технологии.....	12
1.2. Общая характеристика и классификация полезных ископаемых.....	18
1.3. Современное состояние и перспективы развития минерально-сырьевые базы Республики Беларусь.....	23
1.4. Подземные горные выработки, их расположение в пространстве и назначение.....	25
1.5. Способы вскрытия шахтного поля.....	30
1.6. Классификация способов вскрытия .....	36
1.7. Факторы, влияющие на выбор формы поперечного сечения подземных горных выработок .....	39
1.8. Краткая геологическая характеристика Третьего калийного пласта Старобинского месторождения .....	42
1.9. Системы разработки рудных месторождений и их классификация..	48
1.10. Системы разработки калийных месторождений .....	50
1.11. Характеристики месторождений калийных руд Республики Беларусь .....	54
1.12. Системы разработки на участках и горизонтах Старобинского месторождения калийных руд .....	57
1.13. Примеры технологических схем систем разработки калийных месторождений .....	62
1.14. Определение оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений .....	95
1.15. Условие прочности опорных целиков при разработке рудных залежей камерными системами .....	102
1.16. Выбор способов охраны и крепления горных выработок .....	115
1.17. Определение параметров анкерной крепи .....	131
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	151
2.1. Подземные горные выработки, их расположение в пространстве и назначение.....	151
2.2. Способы вскрытия шахтного поля.....	153
2.3. Схемы способов вскрытия рудных месторождений .....	159
2.4. Системы разработки пластовых месторождений для различных горно-геологических условий.....	166

2.5. Определение оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений .....	176
2.6. Определение устойчивости подготовительных выработок .....	180
2.7. Определение параметров анкерной крепи .....	183
3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ .....	191
3.1. Вопросы для проверки теоретических знаний .....	191
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ .....	193
4.1. Термины и определения в области горного дела в части подземных горных выработок .....	193
4.2. Общие требования и положения к курсовой работе .....	206
4.3. Рекомендуемая литература .....	212
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	215

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Горное дело» предназначен для студентов для направления специальности: 1-36 10 01-05 «Горные машины и оборудование (электромеханика)».

Комплекс подготовлен в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011 № 167.

Содержание разделов ЭУМК соответствует образовательным стандартам, структуре и тематике учебной программы по дисциплине «Горное дело» для указанной специальности. Главные цели ЭУМК: помощь студентам в организации самостоятельной работы, повышение качества подготовки специалистов и усиление практико-ориентированности учебного процесса по дисциплине.

ЭУМК состоит из следующих разделов.

**Теоретический.** Включает материал для теоретического изучения учебной дисциплины «Горное дело», который наряду с конспектом лекций, может быть использован для самостоятельной подготовки студентов к контрольным заданиям и зачету/ экзамену, при выполнении курсовой работы.

**Практический.** В практический раздел включены материалы для проведения практических занятий. Для работы с графическим материалом при выполнении лабораторных работ представлены технологические схемы, которые принципиально характеризуют тот или иной вариант системы разработки без детального отражения отдельных составляющих и не исключают разработку и применение других схем. При этом каждая технологическая схема в общих чертах дает понятие о способах выполнения и взаимной увязке во времени и пространстве процессов выемки полезного ископаемого и их комплексной механизации, включая транспортирование горной массы и проветривание очистных забоев, а также о способах управления кровлей – полном обрушении или частичной закладке выработанного пространства лав породой при селективной выемке пластов.

ЭУМК разработан с учетом того, что студенты знакомы с общими вопросами горного дела и имеют представление о практическом осуществлении горных работ и характере горнорудных предприятий. Оно может быть использовано студентами в качестве справочного материала при курсовом и дипломном проектировании, а также для более углубленного изучения отдельных вопросов.

Раздел контроля знаний представлен в виде вопросов для проверки теоретических знаний. Описаны формы диагностики и технология определения оценки по дисциплине с учетом текущей успеваемости.

Вспомогательный раздел включает: термины и определения в области горного дела в части подземных горных выработок, общие требования и положения к курсовой работе, рекомендуемую и дополнительную литературу по дисциплине.

Учебная программа по учебной дисциплине «Горное дело» разработана для направления специальности 1-36 10 01-05 «Горные машины и оборудование (электромеханика)».

Целью изучения дисциплины является освоение терминологии, приобретение студентами знаний в области технологии, механизации и организации горных работ, принципов, методов и требований правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых.

Основные задачи дисциплины:

- формирование знания элементов горно-шахтного комплекса; процессов и технологии разработки месторождений полезных ископаемых; основных принципов функционирования и требования правил безопасности при выполнении технологических процессов подземных горных работ;
- формирование умения выбирать схемы вскрытия и подготовки месторождений для различных горно-геологических и горнотехнических условий;
- формирование навыков определения основных параметров ведения горных работ.

Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как: «Математика», «Физика», «Химия», «Информатика», «Теоретическая механика», «Теории машин и механизмов», «Детали машин», «Свойства и разрушение горных пород», «Экологическая и энергетическая безопасность горного производства».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин и дисциплин специализаций, связанных с проектированием и расчетом машин, механизмов, их деталей и узлов и т.п.

В результате освоения курса «Горное дело» студент должен:

**знать:**

- способы добычи полезных ископаемых, их основные этапы;
- сущность, условия и области применения, подземного и открытого способов разработки твёрдых полезных ископаемых;
- процессы и технологии разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом;
- основные принципы функционирования систем горных предприятий;
- объекты горно-шахтного комплекса и их классификацию;
- способы крепления горных выработок;
- основные типы и типоразмеры горных машин и оборудования, их основные характеристики и принцип действия;

**уметь:**

- ориентироваться в горной терминологии;
- применять методы прогноза проявлений горного давления при разработках и предотвращения этих явлений;
- определять базовые требования к безопасному ведению горных работ;
- применять системный и сравнительный анализ;
- применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

**владеть:**

- представлениями об основных физико-механических свойствах горных пород, элементах и условиях залегания месторождений полезных ископаемых и их влиянии на параметры систем разработки месторождений;
- исследовательскими навыками.
- методами определения показателей полноты и качества извлечения полезных ископаемых;
- методами определения основных параметров ведения подземных горных работ.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

УК-1 Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

УК-5 Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности.

СК-8 Применять основные понятия и методологические основы при разработке месторождений полезных ископаемых.

Для организации самостоятельной работы студентов и самоподготовки по курсу рекомендуется размещение программы курса, списка необходимой основной и дополнительной литературы, заданий, методических рекомендаций на доступных сетевых ресурсах факультета и университета. Эффективность самоподготовки студентов целесообразно проверять в виде текущего и итогового контроля знаний в форме опроса по отдельным темам,

При составлении общих и индивидуальных заданий по учебной дисциплине необходимо предусмотреть возрастание их сложности. Задания по учебной дисциплине рекомендуется делить на три модуля:

- задания, формирующие достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания;
- задания, формирующие компетенции на уровне воспроизведения;
- задания, формирующие компетенции на уровне применения полученных знаний.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 1.1. Горное дело. Общие сведения

*Горное дело* - область промышленного производства, которая охватывает разведку месторождений полезных ископаемых, строительство и эксплуатацию горных предприятий для их разработки и первичной переработки минерального сырья.

Обычно под горным делом понимают добычу рудных полезных ископаемых, содержащих в качестве ценных компонентов металлы. Однако горная промышленность поставляет также большое количество нерудных и твердых горючих полезных ископаемых, таких, как ископаемый уголь, сера, калийная и каменная соли, строительные материалы, флюсы и многие другие виды минерального сырья.

Основные принципы горного дела:

- технологичность;
- экономичность;
- экологичность;
- комфортность;
- безопасность условий труда.

#### 1.1.1. История горного дела

Истоки горного дела уходят в доисторические времена, когда человек впервые занялся поиском кремней и их обработкой для использования в качестве скребков, ножей, наконечников для копий и других изделий. Позже орудия труда стали ковать из меди. Для ее извлечения медесодержащие породы истирались с помощью более твердых камней. В других случаях эти породы разрушали нагреванием на огне, а затем охлаждением водой. Позднее аналогичным образом стали добывать золото, серебро и некоторые драгоценные камни.

Добыча камня для древнеегипетских пирамид велась примитивными способами. Первоначально твердыми каменными рубилами в породах создавались узкие врубы, затем в них вставляли деревянные клинья, которые пропитывались водой до тех пор, пока они не разбухали и не раскалывали породы на отдельные блоки.

До изобретения письменности горное искусство уже прошло долгий путь. В библейские времена выплавка железа из руды была уже сложившимся ремеслом, возникшим благодаря случайному открытию способа получения железа в результате воздействия на железную руду раскаленного древесного угля.

Рудники в библейский период систематически разрабатывались с помощью весьма несовершенных орудий. Изучение многих горных выработок того времени показало, что, несмотря на отсутствие надлежащего оборудования, добычные работы проводились в очень большом объеме. Около 700



н.э. на Ближнем Востоке медь и золото выплавляли в продуваемых ущельях в горнах из огнеупорного материала, внутрь которых помещали руду и древесный уголь. Индейцы на севере Мичигана задолго до первых белых поселенцев выплавляли медь из руды, используя в качестве топлива и восстановителя дрова. Еще древние греки и римляне, в том числе Страбон и Плиний Старший, подробно описывали методы горных работ. Один из первых источников информации о горном искусстве - труд Г.Агриколы «О горном деле и металлургии» - был опубликован в 1556.

К 16 в. технология горных работ была достаточно развита. Разрушение скальных пород выполнялось путем попеременного нагревания и резкого охлаждения водой. Этот метод применялся для вскрытия залежей и добычи полезных ископаемых. Подземные выработки обычно укреплялись лесоматериалами и каменной кладкой. На ранней стадии развития горного дела разведывались и разрабатывались наиболее богатые месторождения с высоким содержанием металла. По мере совершенствования способов добычи руды и извлечения из нее металлов стали использовать более бедные руды, относимые ранее к пустым или малоценным породам, в связи с чем многие заброшенные рудники возобновляли свою работу. В горной промышленности стало почти аксиомой, что сегодняшние пустые породы могут завтра оказаться рудами.

Например, в Новом Свете становление горного дела происходило медленно. До появления европейцев индейцы эпизодически вели открытую разработку медных руд в районе Великих Озер и в Аппалачах. В 1790 Б.Франклин, обосновывая введение бумажных денег, заявил: «Золото и серебро не производятся в Северной Америке, не имеющей рудников». Однако позднее и там были найдены месторождения драгоценных металлов и железных руд.

С 1798 началась непрерывная эксплуатация Миссурийского свинцового пояса, открытого в 1720. В 1845 были обнаружены железные руды в районе озера Верхнего. В 1852 были открыты месторождения коксующегося угля, а в 1859 доказана его применимость для выплавки железа. Эти открытия содействовали развитию железнодорожного транспорта; рост дорожной сети стимулировал расцвет горной промышленности. Это происходило в то время, когда в Европе добыча сырья на многих долго эксплуатируемых рудниках уже шла на убыль. Политико-экономический климат в США благоприятствовал свободному предпринимательству, благодаря чему происходил быстрый рост производства. В 18 в. Америка ввозила почти всю необходимую ей горно-металлургическую продукцию, а в 19 в. сама стала крупным экспортером основных металлов и минерального сырья. После открытия в 1848 месторождений золота в Калифорнии последовали многочисленные открытия месторождений руд меди, свинца, цинка и других металлов. Поиски полезных ископаемых стали вестись в тундре и суровых северных районах Канады.

Использование паровой и электрической энергии способствовало изобретению и производству промышленного оборудования. Развитие горнодобывающей техники обеспечивало удовлетворение растущих потребностей в минеральном сырье и позволило разрабатывать месторождения горных пород, добыча и переработка которых ранее считалась нерентабельной. По мере развития промышленности возрастали объемы потребления основных металлов - железа, меди, свинца, цинка, золота и серебра. Вырос также спрос на уголь, серу, фосфаты, гипс, цементное сырье и другую продукцию горного производства. Нашли свое применение в промышленности многие из менее распространенных металлов, такие, как сурьма, кадмий, кобальт, никель, ртуть, вольфрам и ванадий. Можно ожидать, что и другие малозначимые в настоящее время материалы в будущем приобретут жизненно важное значение (как, например, это произошло с ураном в 1942, когда его уникальные свойства были впервые использованы в ядерных реакциях).

После Второй мировой войны значительно возросла роль горнодобывающей промышленности, что обусловлено интеграцией мировой экономики.

### **1.1.2. История и способы добычи соли**

Добычей соли занимаются более 100 стран по всему миру. Соль содержится в соляных озерах, естественных соляных рассолах и в недрах Земли, при этом глубина залегания каменных пластов порой превышает 5 км. Солевой запас вод Мирового океана составляет приблизительно  $5 \times 10^{16}$  тонн. Запасы каменной соли –  $3,5 \times 10^{15}$  т. Известно, что того количества соли, которое содержится в воде морей и соленых озер, хватило бы на то, чтобы покрыть нашу планету пластом 45-метровой толщины.

Образование соляных месторождений происходило на протяжении миллионов лет, а история добычи соли насчитывает уже порядка 7 тысячелетий. Первые сведения о том, что люди занимаются соляным промыслом относятся к V в. до н.э. Во время археологических раскопок в Австрии были обнаружены соляные копи, где минерал добывали уже в бронзовом веке. На протяжении долгого времени добыча соли была нелегким трудом и до начала XX века осуществлялась вручную: лопаты, кирки и тачки были единственными орудиями производства.

Механизировать процесс добычи соли удалось лишь к 20-м годам прошлого века, когда появились первые врубные машины для строительства шахт, соляные комбайны и экскаваторы. В настоящее время получение и производство соли происходит с использованием современных машин и оборудования, что позволяет свести к минимуму использование ручного труда. Более 180 млн. тонн соли производят в мире за год, при этом около половины от общего объема продукции приходится на предприятия солевой промышленности СНГ, США и Китая. Большие солевые запасы найдены на территории Мексики, Франции, Индии, Ирака, Туркменистана и пр.

История добычи соли на территории бывшего Советского Союза уходит своими корнями в 11 в. н.э. – именно тогда, предположительно, был организован солевой промысел. К началу 18 в. солеварение получило широкое распространение, к началу 19 в. из разведанных месторождений добывали почти 350 тыс. тонн соли в год, а уже к началу 20 в. этот показатель вырос до 1,8 млн. тонн в год.

Начиная с XIV в. в качестве удобрений стал применяться древесный поташ (зола). Расцвет производства удобрений из золы пришелся на конец XVIII – середину XIX в., что было связано с расчисткой и освоением земель в Америке и Канаде. Но во второй половине XIX в. этап массового изготовления различных видов золы завершился полным упадком. Причиной стало зарождение и развитие в Германии калийной горнодобывающей промышленности.

Калий впервые был выделен в 1807 г. химиком Г. Дэви, который назвал его «потассий». Название «калий» (от арабского аль-кали, что значит - поташ) предложил Л. Гильберт. Углубленное изучение калия и калийных соединений началось в 40-х гг. XIX в. Особый интерес к калию появился после обоснования важной роли этого элемента в питании растений и необходимости внесения его в почву для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В 1840 г. вышла книга Юстуса Либиха «Химия в приложении к земледелию». В ней были сформулированы основные положения новой теории минерального питания растений, в которой обосновывалось положение о том, что главные питательные вещества растения получают за счет неорганических соединений.

В 1839 г. в Штасфурте началось бурение разведочной скважины на каменную соль. На глубине 247,5 м в 1843 г. был вскрыт калийный горизонт, впоследствии названный «Flöz Staßfurt». В декабре 1851 г. здесь были построены две шахты для добычи каменной соли: «von der Heydt» и «von Manteuffel». Именно они и стали первыми в мире калийными рудниками. При проходке калийного горизонта 600 т калийных пород были направлены в отвал. Анализы, проведенные немецкими химиками Г. Роузом и Р. Ф. Маршандом, показали наличие в складированной породе значительного количества хлористого калия. В это же время в Штрасфурте химиком Адольфом Франком, работающим на свекольном заводе, были выполнены исследования калийных отходов, результаты которых подтвердили эффективность их использования в качестве удобрений. В 1860 г. Франком получен патент на производство калийных удобрений и начато строительство небольшого завода. 1 ноября 1861 г. завод доктора Франка выпустил первую партию калийных удобрений. Эту дату по праву можно считать днем основания мировой калийной промышленности.

Основным потребителем калийных и калийно-магниевых солей является туковая промышленность: свыше 90 % их добычи идет на производство

различных удобрений и лишь 10 % в химическую промышленность. Производятся калийные удобрения с содержанием хлористого калия от 25-40 до 80-95 %. Вырабатываются и сложные калийсодержащие удобрения: «нитрофоска», содержащая азот, фосфор и калий, «потазот», представляющий смесь хлористого калия и хлористого аммония и др. На мировой рынок поступают также сульфатно-магневые калийные удобрения, важнейшим компонентом которых является  $K_2SO_4$ .

Химическая промышленность выпускает свыше 30 различных веществ, в которых основной составляющей является калий. Главнейшие из них: каустический калий, хлористый калий, поташ (углекислый калий), серноокислый калий, калиевая селитра, бертолетова соль, цианистый калий, бромистый калий, йодистый калий и др. Соединения калия находят применение в фармацевтической, лакокрасочной, стекольной, кожевенной и шерстяной промышленности, а также в медицине, пиротехнике, электрометаллургии и т. д.

Металлический магний, извлекаемый из карналлита, применяется в составе различных сплавов, используемых в авиационной, автомобильной, металлургической и других отраслях промышленности.

Экономическую эффективность разработки месторождений определяют следующие горно-геологические параметры:

- 1) запасы калийных руд;
- 2) содержание хлористого калия в руде;
- 3) содержание глинистой примеси (нерастворимого в воде остатка - Н.О.);
- 4) устойчивость вмещающих пород;
- 5) глубина залегания продуктивных пластов;
- 6) мощность продуктивных пластов;
- 7) условия залегания и особенности строения соленосной толщи.

По запасам полезного ископаемого калийные месторождения разделяются на весьма крупные (с разведанными запасами  $K_2O$  более 1000 млн. т), крупные (300-1000 млн. т) и мелкие (менее 100 млн т).

Ежегодные мощности по производству калия в мире, по прогнозам, увеличатся примерно до 66 миллионов тонн в 2025 году с 64 миллионов тонн в 2022 году.

### **1.1.3. Этапы развития горной техники и технологии**

Понятие «техника» происходит от греч. *techne*, означающего умение, мастерство. В античную (от лат. *antiquities* - древность, старина) эпоху это слово ассоциировалось с мастерством художника.

Античность - эпоха становления Древнего Рима и Греции, эпоха развития греко-римской цивилизации. Она охватывает период примерно с конца 2-го тыс. до н. э. до середины 1 тыс. до н. э. Со временем это понятие

расширилось: орудия труда, механизмы, машины также стали относиться к технике. В современной науковедческой литературе технику определяют как систему средств труда.

Техника неразрывно связана с технологией - совокупностью взаимосвязанных процессов производства, в которых осуществляется взаимодействие человека и техники по определённой технологии. Развитие техники обуславливает совершенствование технологии, которая, в свою очередь, влияет на параметры техники.

Горная техника в своём развитии прошла длинный исторический путь совершенствования. Этапы и их эволюция связаны главным образом с использованием различных энергетических источников.

Начальный биоэнергетический этап развития горной техники (человек - инструмент - предмет труда) связан с использованием в качестве энергетического источника мускульной силы человека и животного и энергии ветра и воды. Античная эпоха в целом характеризуется крайне низким техническим уровнем развития производительных сил. Причинами этого являлись: рабовладельческий способ производства; натуральное хозяйство, небольшая численность населения и незначительный его прирост. В этот период технический прогресс был обусловлен, прежде всего, развитием военной и строительной техники, а также потребностями сельского хозяйства и различных ремёсел.

Греческие государства классического периода и позже, на территории которых находились месторождения полезных ископаемых, быстро обогащались и становились могущественными. В античном мире хорошо понимали все выгоды, связанные с обладанием минеральными ресурсами. Поэтому нередко войны, возникавшие в античную эпоху, носили характер борьбы за то или иное месторождение полезных ископаемых. Так, афиняне длительное время вели борьбу за фракийские золотые рудники; лакедемоняне с афинянами - за обладание лаврийскими серебряными разработками; римляне с карфагенянами - за богатые иберийские месторождения серебра, золота, меди; македонский царь Филипп с пергамским царем Атталом - за пергамские золотые прииски. Древнегреческий географ и историк Страбон (64/63 г. до н. э. - 23/24 г. н. э.) отмечает в своём 17-томном труде «География», что причина известного плавания аргонавтов за золотым руном в Колхиду, а раньше - некоего Фрика, совершившего аналогичное плавание, определялась стремлением к захвату россыпных месторождений золота в долине реки Риони на Кавказе.

Помимо использования физической силы в период развития мануфактур широко применялась энергия ветра и воды. Механическая энергия воды приводила в движение механизмы, лес обеспечивал производство топлива. В горном деле повсеместное распространение получил водяной двигатель. Верхнебойные колеса устраивались для насосных установок, подъёма руды и её дробления. В России крупная гидравлическая машина была построена

на Змеиногорском руднике на Алтае выдающимся горным инженером Н.К. Фроловым в 1785 г. и использовалась для откачки воды из шахты.

Использование пороха в горном деле с начала XVII в. дало мощное средство для разрушения горных пород. XVII -XIX века можно отнести к этапу машинного производства (человек - машина - инструмент - предмет труда). Промышленный переворот в этот период связан с изобретением паровой машины, которая открывала путь машинному производству, а машинное производство обусловило расширение масштабов горнодобывающей промышленности. В этот период древесина заменяется углем, водяные колеса - паровым двигателем - энергетической основой промышленности, инструмент рабочего мануфактурного периода - машинами, а железо - сталью - основным материалом крупной промышленности.

В области транспорта началось строительство железных дорог и внедрение паровой тяги.

В XX в. энергетика становится комплексной. Паровые двигатели всё больше вытесняются электрическими. Замена пара электричеством - одно из главных направлений технического прогресса. За счет открытий в области радиотехники и электротехники машины начинают принимать на себя функции контроля и (частично) управления производством.

Этот этап можно характеризовать как этап электрификации, т. к. основой современной техники, механизации и автоматизации производства является электрификация, благодаря которой интенсифицируется производство, увеличивается производительность машин и оборудования. Машине передаются исполнительная и двигательная функции. В технологических процессах за человеком остается функция управления.

Технические устройства, управляющие машинами, олицетворяют собой этапы автоматизации и цифровизации в развитии техники.

Соотношение науки и техники - величина переменная, каждая эпоха характеризуется своим соотношением. До XVII-XVIII вв. наука в своём развитии отставала от техники. Связи науки с производством были слабыми, т. к. орудия и машины являлись в основном претворением в жизнь накопленных эмпирических знаний, а не результатом научных исследований.

В XVIII-XIX вв. наука догоняет технику. Машинное производство дало толчок бурному развитию науки. С середины XX в. наука в своём развитии опережает технику и превращается в непосредственную производительную силу. Она воздействует на предметы труда, её развитие приводит к появлению новых материалов, техники и способов производства.

Все обозначенные выше этапы развития горной техники и технологии систематизированы (по акад. К.Н. Трубецкому) в таблице 1.1.

Таблица 1.1

## Периоды эволюции в освоении недр Земли

Этапы эволюции	Период времени	Основные нововведения в горное дело
Эпоха горных орудий		
Каменные орудия: собирательство	2,5 млн. лет — 35 тыс. лет до н. э.	Каменные и роговые молоты, кайлы, кирки
— изготовление	35 тыс. лет — 6 тыс. лет до н. э.	Начало подземной и открытой добычи кремня
Металлические горные орудия: - медь и бронза	6 тыс. лет до н. э. — 2 тыс. лет до н. э.	Бронзовые кайла, кирки, молоты. Колесные механизмы
— железо	2 тыс. лет до н. э. — XVI в. н. э.	Железные кайла, клинья, молоты, механические приспособления для шахтного подъема и водоотлива
Эпоха горных машин		
Машины на гидроэнергии	VI-VIII вв. — XVIII в.	Примитивные горные механизмы для обогащения, шахтного подъема, водоотлива. Горные машины с приводом от водяного колеса, конной тяги. Рельсовые вагонетки. Взрывобезопасный светильник, система вентиляции (Рисунок 1.8)

Этапы эволюции	Период времени	Основные нововведения в горное дело
Паровые машины	XVIII в. — конец XIX в.	Выемочные горные машины, одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, буровые станки, врубовые машины, транспортные машины с паровым и электрическим приводами. Конвейеры, обогащение полезных ископаемых (Рисунок 1.8, 1.9)
Высокопроизводительные горные машины с ДВС и электродвигателями	начало — середина XX в.	Высокопроизводительные экскаваторы, горные комбайны, буровые установки глубокого бурения. Турбобур, электробур. Подземные самоходные машины
Автоматизация процессов горного производства	с 50-х гг. XX в.	Автоматизированные комплексы горных машин, буровые установки сверхглубокого бурения, морское горнодобывающее оборудование. Циклично-поточное и поточное производство
Внедрение цифровых технологий на действующих горных предприятиях	начало — XXI в.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) автоматическое управление технологическими машинами и оборудованием;</li> <li>2) квантовые вычисления (в частности, в сфере информационной безопасности горных предприятий);</li> <li>3) автоматизированный процесс контроля горных бизнес-процессов, цифровые бизнес-модели горного производства;</li> <li>4) облачные решения;</li> <li>5) интеллектуальная аналитика;</li> <li>6) аналитическая визуализация данных;</li> <li>7) планирование горных работ в реальном времени;</li> <li>8) централизованное дистанционное управление горным производством (перевозка горной массы);</li> </ol>



Этапы эволюции	Период времени	Основные нововведения в горное дело
		9) управление данными в реальном времени (в геологоразведке); 10) облачные и периферийные вычисления; 11) виртуальные тренажеры; 12) планирование финансовых, материальных, трудовых ресурсов горного предприятия; 14) профилактическое обслуживание технологического оборудования; 15) «Интернет вещей» (система удаленного взаимодействия физических объектов между собой и/или с внешней средой, которая реализуется при помощи специализированного оборудования, программного обеспечения (обмен данными в режиме реального времени)); 16) 3D-печать; 17) планирование цепочки поставок; 18) искусственный интеллект; 19) дроны, беспилотники; 20) машинное обучение; 21) автоматизированные, экспертные горные геоинформационные системы (ГИС).

## 1.2. Общая характеристика и классификация полезных ископаемых

**Полезным ископаемым** (минеральным сырьем) принято называть природное минеральное образование земной коры неорганического и органического происхождения, которое при современном уровне техники и экономики может быть пригодно для промышленного использования. Полезные ископаемые формируются в земной коре в результате бесконечно долгих природных геологических процессов, происходящих на протяжении тысяч или миллионов лет.

Залежи горных пород, которые обогащены одним или несколькими минералами (независимо от их практической ценности), получили название просто **минеральных** (геологических) месторождений. Те из них, которые представляют естественные скопления полезных ископаемых, по количеству, качеству и условиям залегания пригодные для промышленного и иного хозяйственного использования, называются **месторождениями полезных ископаемых**. Минеральные скопления с небольшими запасами или бедными рудами (что делает разработку экономически нецелесообразной) принято рассматривать как **рудопроявления**. В случае усовершенствования техники добычи и извлечения полезных компонентов рудопроявления могут перейти в разряд промышленных месторождений.

Полезные ископаемые делятся на горючие, металлические, неметаллические и водоминеральные ископаемые (рисунок 1.1). В зависимости от области хозяйственного применения, они подразделяются на группы:

- топливно-энергетические – нефть, газ, уголь, горючие сланцы, торф, урановые руды т.д.;
- рудные ресурсы – железная и марганцевая руда, бокситы, хромиты, медные, свинцово-цинковые, никелевые, вольфрамовые, молибденовые, оловянные, сурьмяные руды, руды благородных металлов и т.д.;
- природные строительные материалы – известняк, доломит, глины, песок, мрамор, гранит;

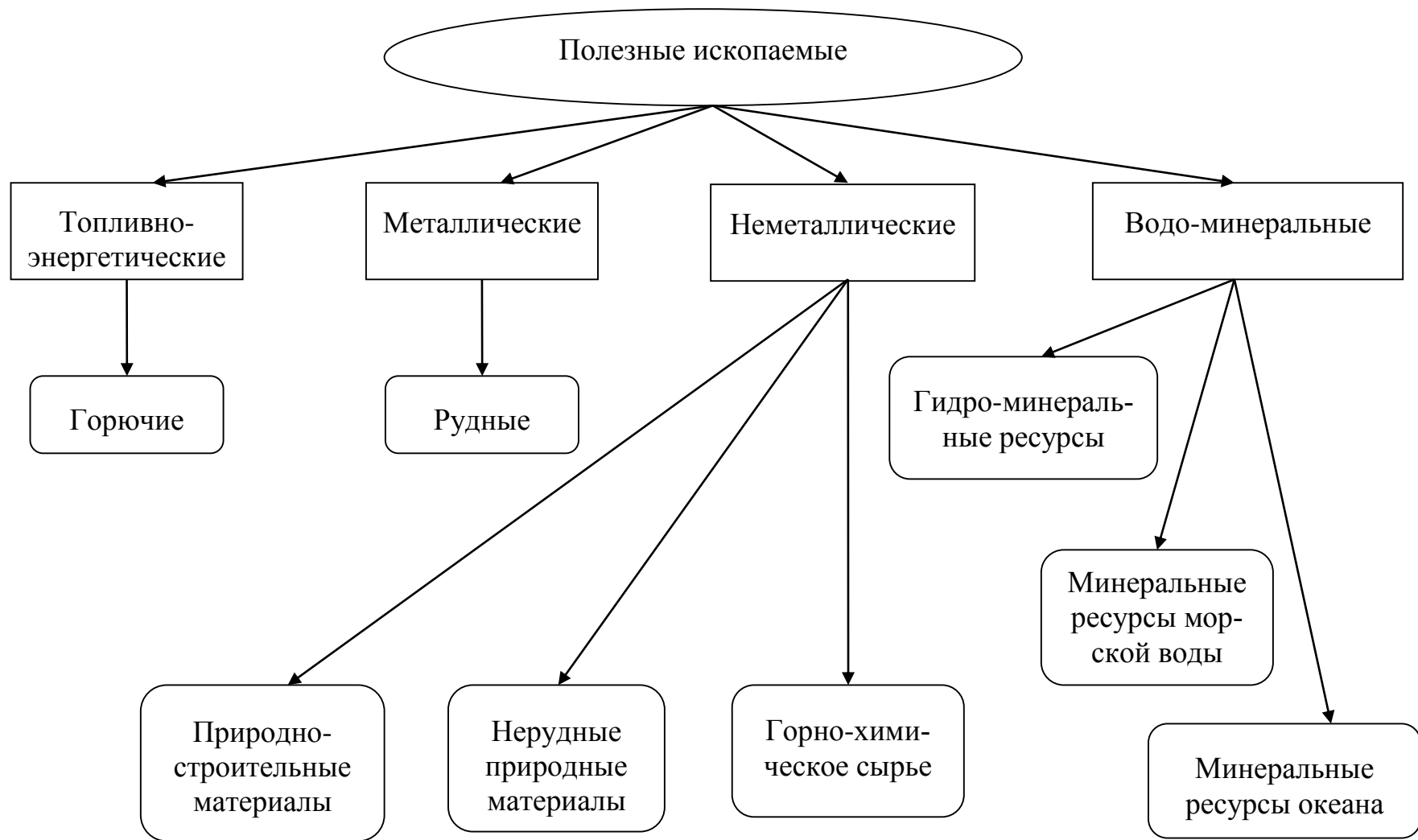


Рисунок 1.1- Классификация полезных ископаемых

– нерудные полезные ископаемые – яшма, агат, горный хрусталь, гранат, корунд, алмазы и т.д.;

– горно-химическое сырье – апатиты, фосфориты, поваренная, калийная соль, сера, барит, бром, йодосодержащие растворы и т. д.;

– гидроминеральные ресурсы – подземные пресные и минерализованные воды;

– минеральные ресурсы океана – рудоносные жилы, пласты континентального шельфа и железомарганцевые конкрекции на глубинах 3-6 км (по прогнозам около 79% минеральных ресурсов находится под водой Мирового океана);

– минеральные ресурсы морской воды – железо, свинец, золото, натрий, хлор, бром, магний, поваренная соль, марганец и т. д.

По характеру использования все добываемые полезные ископаемые можно разделить на три группы:

– ископаемые, используемые в своем естественном состоянии (песок, щебень и другие стройматериалы, вода, газ и т.д.);

– энергосодержащие полезные ископаемые (уголь, торф, сланцы и т.д.);

– ископаемые, содержащие в себе то или иное количество хозяйственно ценного компонента (руды цветных и черных металлов, слюда и т.п.), извлечение которого связано с энергозатратами.

Анализ общего баланса вещества, ежегодно извлекаемого в настоящее время из литосферы показывает, что наиболее существенной частью минерально-сырьевого комплекса является индустрия строительных материалов. Добыча их более чем в полтора раза превышает добычу всего вместе взятого рудного и энергетического сырья (рисунок 1.2).

Группировка минерально-сырьевых ресурсов носит условный характер, так как области хозяйственного использования одних и тех же полезных ископаемых могут быть различными. Например, нефть и газ – не только экономичные виды топлива, но и важнейшее технологическое сырье для химической промышленности.

Количественная оценка минеральных ресурсов выражается запасами полезных ископаемых, выявленных и разведанных.

Величина разведанных запасов минерального сырья изменяется в зависимости от объемов добычи полезных ископаемых, степени разведанности (прироста разведанных запасов), а также от развития геологических знаний о строении земной коры и возможных концентрациях полезных ископаемых в различных ее частях.

Данные геологической разведки позволяют вычислять объем тел полезных ископаемых, а при умножении объема на плотность определять запасы полезных ископаемых в весовом исчислении.

При подсчете запасов жидких и газообразных полезных ископаемых помимо объемного метода применяется способ расчета по притокам в скважинах.

Для некоторых месторождений полезных ископаемых, кроме того, подсчитывается количество содержащихся в них запасов ценных компонентов, например, запасы металлов в рудах.

Запасы полезных ископаемых в недрах земли измеряются в кубических метрах (строительные материалы, горючие газы и др.), в тоннах (нефть, уголь, руда), в килограммах (благородные металлы), в каратах (алмазы).

В Республике Беларусь и странах СНГ по степени разведанности (изученности) и количественной определенности месторождения полезных ископаемых делят на четыре категории: *A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>*:

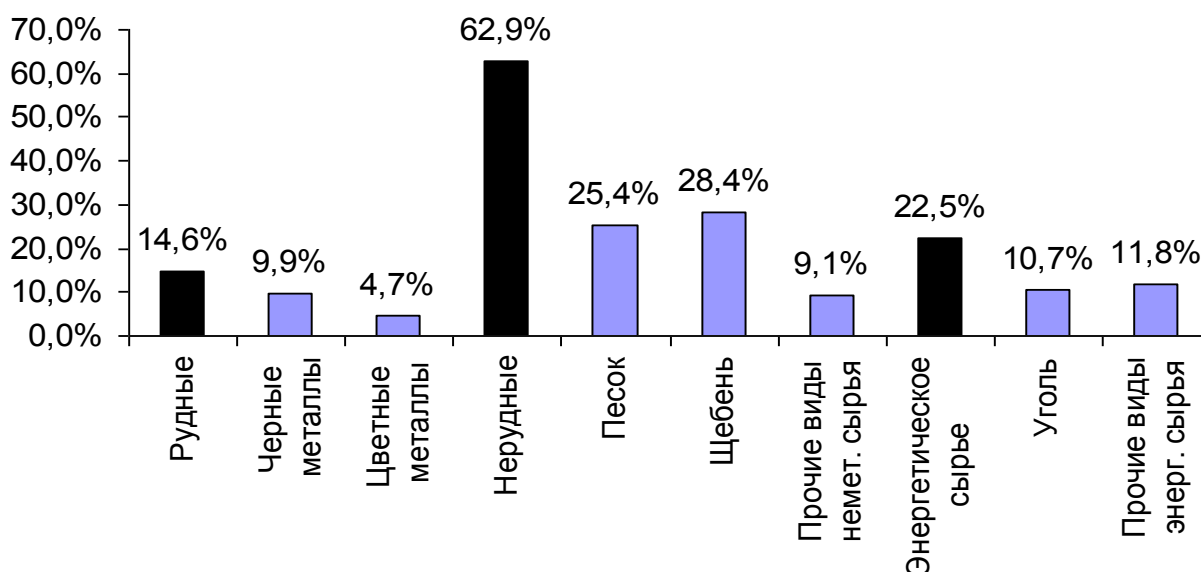


Рисунок - 1.2. Структура добываемых из литосферы полезных ископаемых

- к категории *A* относятся детально разведанные месторождения, с точными определенными границами залегания и подготовленными к добыче;
- к категории *B* относятся предварительно разведанные месторождения;
- к категории *C<sub>1</sub>* относятся слабо разведанные месторождения;
- к категории *C<sub>2</sub>* относятся месторождения, границы, которых неопределены.

Как правило, запасы полезных ископаемых категории *A* и *B* используются для выполнения текущих планов развития народного хозяйства. Остальные категории запасов (*C<sub>1</sub>* и *C<sub>2</sub>*) используются для обоснования проектов определения капитальных вложений в строительство предприятий по добыче и переработке минерального сырья, учитываются при разработке перспективных заданий, для обоснования общих перспективных планов, для планирования геологоразведочных работ. Кроме указанных категорий запасов выделяют также перспективные *C<sub>3</sub>* и также прогнозные ресурсы (категории *P<sub>1</sub>*, *P<sub>2</sub>* и *P<sub>3</sub>*) геологических запасов, оцениваемых приближенно в качестве возможных.

Месторождение является **промышленным**, если его разработка целесообразна. Главными показателями промышленной ценности месторождений являются: запасы, качество, горно-геологические условия залегания полезного ископаемого, его географическое положение.

Одна из важнейших характеристик при оценке эффективности использования месторождений полезных ископаемых - **кондиции** на минеральное сырье, которые представляют собой совокупность требований к качеству полезных ископаемых в недрах. Кондиции дают возможность разделить все запасы месторождения по их народнохозяйственному значению на балансовые и забалансовые. Они устанавливаются по данным детальной или эксплуатационной разведки на основании технико-экономических расчетов. Кондиции по каждому месторождению периодически пересматриваются с учетом достижений научно-технического прогресса в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, изменения состояния сырьевой базы и оптовых цен.

Запасы полезных ископаемых подразделяют также по их пригодности для использования в народном хозяйстве на балансовые и забалансовые.

**Балансовые запасы полезных ископаемых** - это запасы, использование которых экономически целесообразно при существующей или осваиваемой прогрессивной технологии добычи и переработки минерального сырья с соблюдением требований законодательных актов по рациональному использованию недр и охране окружающей среды. В группу балансовых запасов включаются запасы, удовлетворяющие требованиям кондиций по качеству, количеству, технологическим свойствам минерального сырья и горнотехническим условиям эксплуатации месторождения.

**Забалансовые запасы полезных ископаемых** - это запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно или технически или технологически невозможно, но которые в дальнейшем могут быть переведены в балансовые. Забалансовые запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются и учитываются, если в технико-экономическом обосновании кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

Ценность отдельных видов минеральных ресурсов определяется в зависимости от области их применения (для получения энергии, в машино- и приборостроении, при производстве товаров народного потребления), а также от того, насколько редко они встречаются. Минеральное сырье, необходимое для обеспечения оборонной промышленности и бесперебойного функционирования ее сырьевой базы, иногда называют **стратегическим**.

### **1.3. Современное состояние и перспективы развития минерально-сырьевые базы Республики Беларусь**

В недрах Беларуси выявлено свыше 4000 месторождений минерального сырья. По степени изученности их можно разделить на две группы.

Первая включает в себя месторождения с разведанными запасами минерального сырья, разработка которых либо осуществляется, либо является технически возможной и с учетом требований экологической безопасности экономически целесообразной в настоящее время. В эту группу входят следующие месторождения:

- топливно-энергетических ресурсов (нефть, бурые угли, торф);
- агрохимического сырья (калийная и каменная соли, сапропели, доломиты для производства известковых удобрений);
- разнообразных строительных материалов (сырье для производства цемента и извести, строительный и облицовочный камень, пески строительные, силикатные, стекольные, песчано-гравийные смеси, глины керамические, огнеупорные и для производства легких заполнителей);
- формовочных песков и глин;
- пресных и минеральных подземных вод.

На базе месторождений первой группы в Беларуси созданы и функционируют горнодобывающая и нефтедобывающая промышленности, переработка нефти, производство калийных и карбонатных удобрений, строительных материалов и др.

Вторая группа включает в себя месторождения, степень изученности которых еще не позволяет проектировать их освоение, а для установления такой целесообразности требуется проведение геологоразведочных работ, зачастую с параллельной разработкой новых нетрадиционных способов выемки полезного ископаемого и его технологического передела. Сюда входят месторождения железной руды, редких металлов, горючих сланцев, фосфоритов, цеолитсодержащих силицитов, гипса, комплексные месторождения алюминиевого и содового сырья и др.

Характеристика минерально-сырьевой базы Республики Беларусь по основным видам полезных ископаемых и ее динамика за последнее пятилетие приведены в таблице 1.2.

Однако в связи с ограниченностью минерально-сырьевых ресурсов республика ввозит из других регионов значительное количество сырья, в частности, нефть, газ, уголь, горючие сланцы, стекольные пески, глины формовочные, трепел, гипс, каолин, кальцинированную соду, сырье для производства минеральных удобрений, блочный камень для облицовочных плит, высокопрочный щебень и др.

Таблица 1.2

Запасы основных видов полезных ископаемых в Республике Беларусь  
(по состоянию на начало 2023 г.)

Полезные ископаемые	Всего месторож- дений	Количество раз- рабатываемых месторождений	Балансовые за- пасы категорий ABC <sub>1</sub>	Единица измерения
Бурый уголь	4	0	141272	тыс.т
Гипс	1	0	233860	тыс.т
Глина, суглинок, супесь (кроме огнеупорных, тугоплавких, формовочных, красочных, бентонитовых, кислотоупорных и каолина, а также используемых для производства фарфорово-фаянсовых изделий, цемента)	221	10	225882,27	тыс. м <sup>3</sup>
Глина тугоплавкая	6	2	51658,5	тыс.т
Глина, используемая для производства цемента	14	3	165727,2	тыс.т
Глина бентонитовая, используемая в качестве формовочной	1	0	12282	тыс.т
Горючие сланцы	2	0	422338	тыс.т
Доломит (кроме пильного, облицовочного, а также используемого для производства стекла, в металлургической и химической промышленности)	1	1	888038,89	тыс.т
Железные руды	2	0	275445	тыс.т
Калийные соли	5	2	7694568,7	тыс.т
Каменная соль	3	2	21275886,4	тыс.т
Каолин	1	0	591	тыс. м <sup>3</sup>
Мел, используемый для производства цемента	7	3	676991,52	тыс.т
Мергель, используемый для производства цемента	1	1	541126,1	тыс.т
Мел и мергель (кроме мела и мергеля, используемых для производства цемента)	30	0	242964,93	тыс.т
Нефть	94	53	44775	тыс.т
Облицовочный камень	1	1	3219,7	тыс. м <sup>3</sup>
Валунно-гравийно-песчаной смесь	213	93	769357,2485	тыс. м <sup>3</sup>
Песок, используемый для производства стекла	5	1	63529,7	тыс.т
Песок, используемый в качестве формовочного	5	3	46281,021	тыс.т
Песок (кроме песка, используемого в качестве формовочного, для производства стекла, фарфоро-фаянсовых изделий, огнеупорных материалов, цемента)	525	173	805352,942	тыс. м <sup>3</sup>



Полезные ископаемые	Всего месторождений	Количество разрабатываемых месторождений	Балансовые запасы категорий АВС <sub>1</sub>	Единица измерения
Песок, супесь, используемые для производства цемента	9	4	28159,4	тыс.т
Сапропель	95	8	72241,33427	тыс.т
Строительный камень	3	2	629759,4	тыс. м <sup>3</sup>
Торф	91	36	171744,551	тыс.т
Трепел, используемый для производства цемента	1	1	30490,02	тыс.т
Базальты и туфы	1	0	36208,8	тыс.т
Пресные подземные воды	662	350	2329,778	тыс.м <sup>3</sup> /год
Минеральные подземные воды	245	122	22483,88	тыс.м <sup>3</sup> /год

#### 1.4. Подземные горные выработки, их расположение в пространстве и назначение

**Разработка месторождения** – совокупность работ по вскрытию и подготовке месторождения, очистной выемке полезного ископаемого и транспортировке его на поверхность, вентиляции, водоотливу и пр.

**Рудное тело** – естественное скопление руды, ограниченное со всех сторон и приуроченное к определенному структурно-геологическому элементу или комбинации таких элементов.

Положение рудных тел в пространстве и их размеры определяются элементами залегания: простиранием, углом падения, мощностью, глубинами залегания и распространения от земной поверхности (рисунок 1.3).

**Линия простирания** – воображаемая линия пересечения рудного тела с горизонтальной плоскостью.

**Угол падения** – угол, образованный при пересечении горизонтальной плоскости с перпендикуляром к линии простирания, расположенным в плоскости рудной залежи. Классификация по углу падения представлена на рисунке 1.4.

**Мощность рудного тела** – это расстояние по нормали между его висячим и лежащим боками.

Если это расстояние измеряют по нормали, то мощность называют *истинной*, если же ее измеряют по вертикали или горизонтали, то мощность соответственно называют *вертикальной* или *горизонтальной*.

Вертикальной мощностью пользуются для пологопадающих рудных тел, горизонтальной – для крутопадающих.

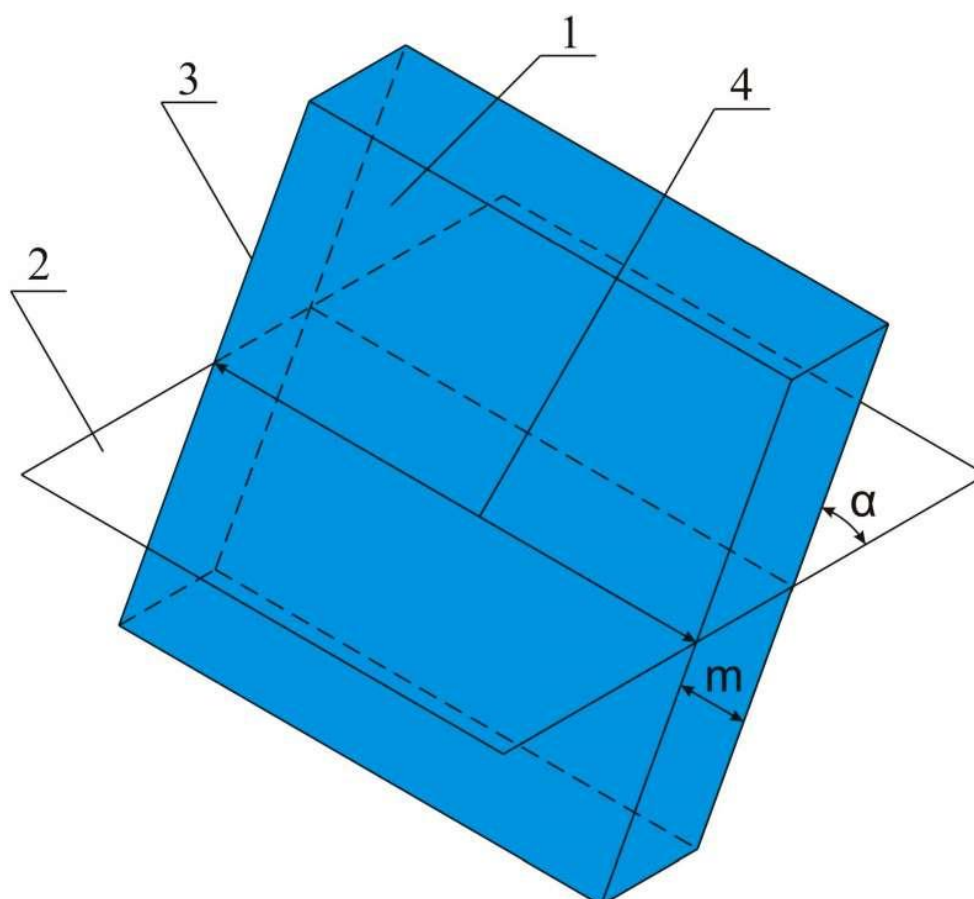


Рисунок 1.3 - Элементы залегания рудного тела: 1 – рудное тело; 2 – горизонтальная плоскость; 3 – линия падения; 4 – линия простирания;  $m$  – мощность рудного тела;  $\alpha$  – угол падения рудного тела

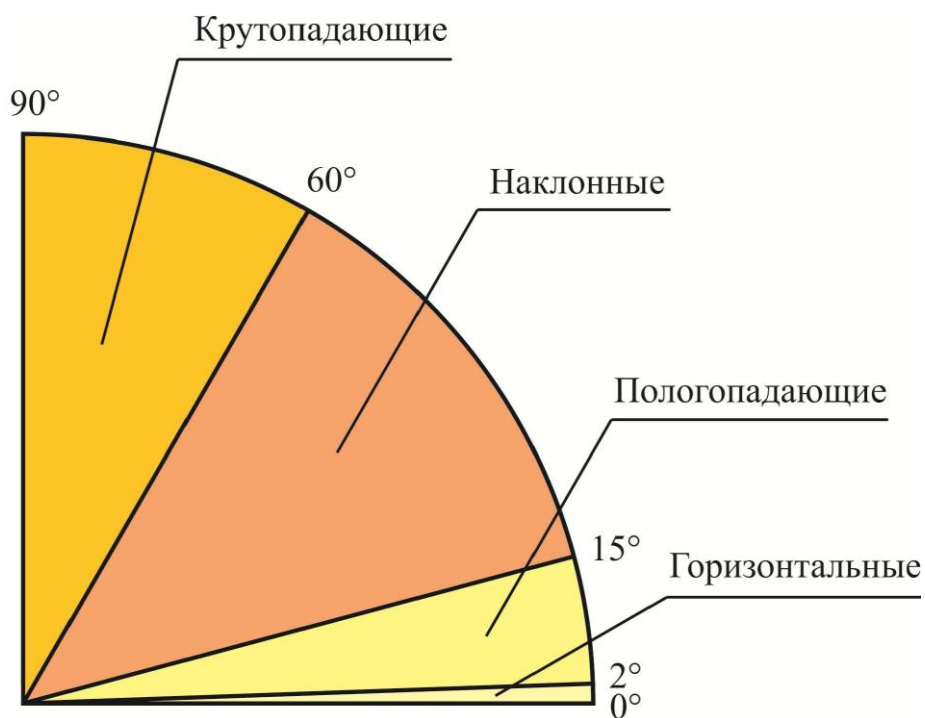


Рисунок 1.4 - Классификация залежей по углу падения

Это деление связано с изменением условий разработки и применением при разных углах падения различных способов очистной выемки.

**Шахта** – горнопромышленное предприятие, осуществляющее добычу полезного ископаемого подземным способом. В понятие «шахта» включаются наземные сооружения и совокупность горных выработок, предназначенных для разработки месторождения в пределах шахтного поля.

**Рудник** – горнопромышленное предприятие по добыче руд.

**Горная выработка** – искусственная полость в земной коре, образуемая в результате ведения горных работ. Горные выработки служат для разведки, добычи полезных ископаемых и строительства подземных сооружений (метрополитена, автомобильных или железнодорожных туннелей, подземных хранилищ и др.) (рисунок 1.5, 1.6).

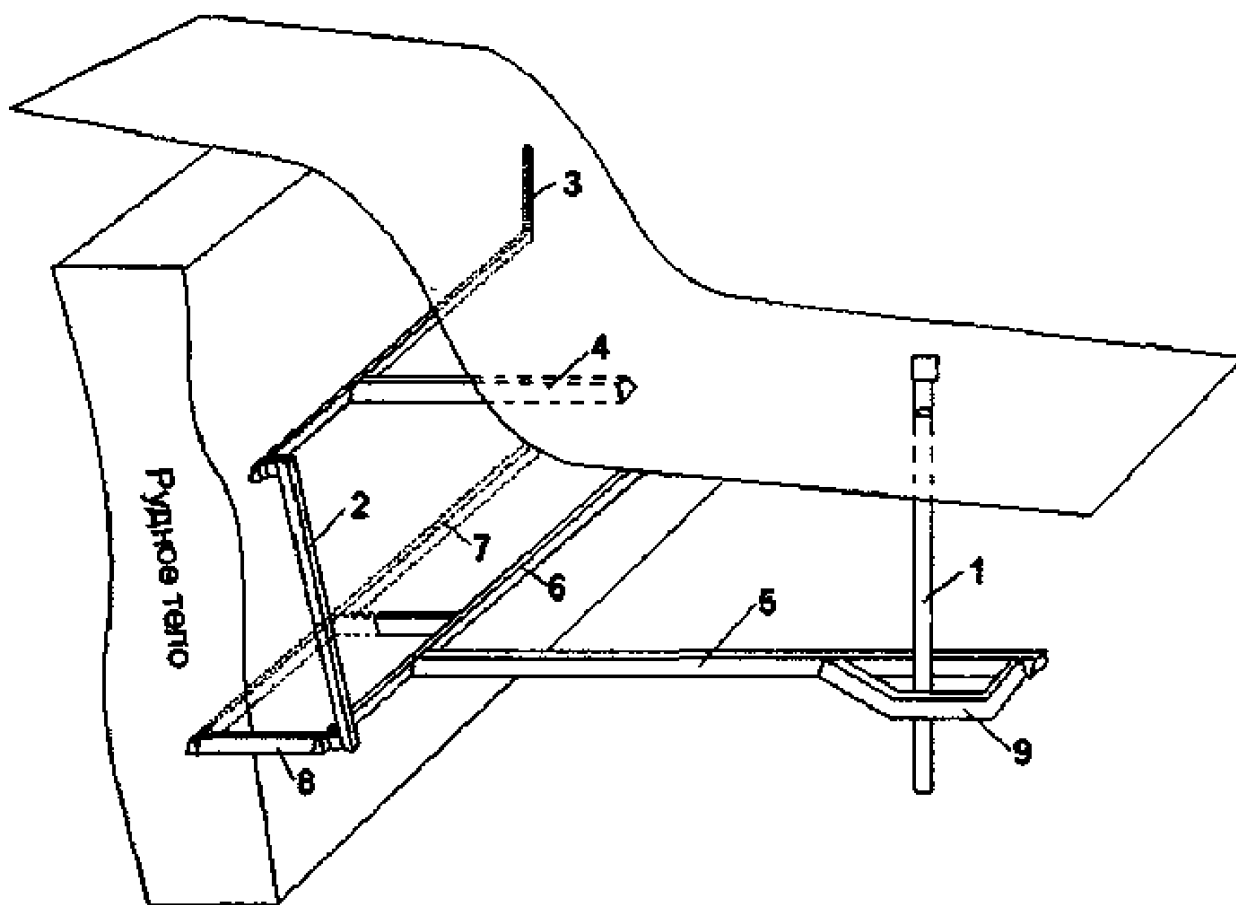


Рисунок 1.5 - Подземные горные выработки: 1 - вертикальный ствол; 2 - восстающий; 3 - шурф; 4 - штольня; 5 - квершлаг; 6 - полевой штрек; 7 - рудный штрек; 8 - орт; 9 - околоствольный двор; 10 - слепой вертикальный ствол; 11 - слепой наклонный ствол

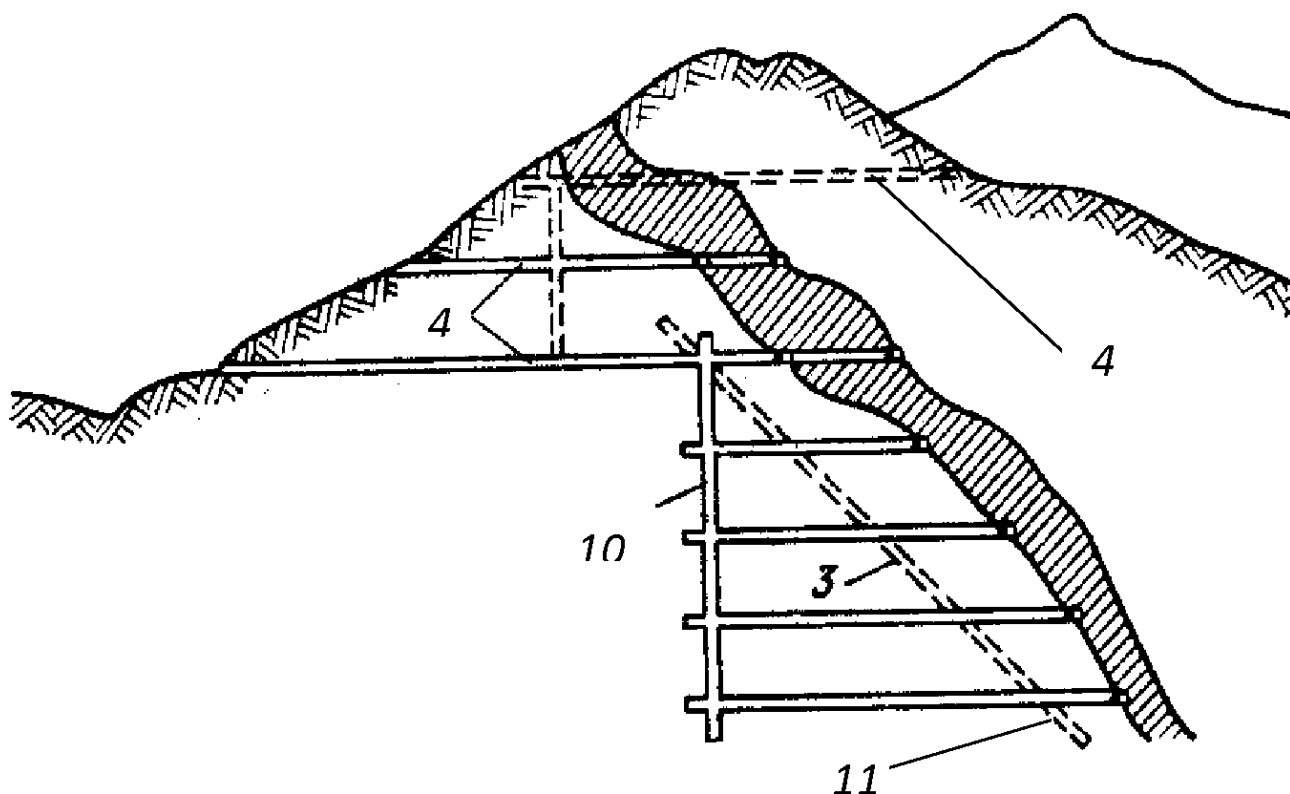


Рисунок 1.6 - Подземные горные выработки: 1 - вертикальный ствол; 2 - восстающий; 3 - шурф; 4 - штольня; 5 - квершлаг; 6 - полевой штрек; 7 - рудный штрек; 8 - орт; 9 - околоствольный двор; 10 - слепой вертикальный ствол; 11 - слепой наклонный ствол

Элементами горных выработок являются (рисунок 1.7):

**забой** – перемещающаяся в пространстве поверхность горных пород, ограничивающая горную выработку в направлении ее подвигания;

**устье** – начало горной выработки, являющееся местом выхода ее на поверхность земли или в другую выработку;

**подошва или почва** – поверхность горных пород, ограничивающая горную выработку снизу;

**бока или стенки** – поверхности горных пород, ограничивающие горную выработку с боков;

**кровля** – поверхность горных пород, ограничивающая горную выработку сверху.

**Стол** – вертикальная или наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность. В зависимости от назначения столы могут быть главными, вспомогательными и вентиляционными. *Главный* стол служит для подъема полезного ископаемого и породы на поверхность; *вспомогательный* используют для спуска и подъема людей, машин, материалов, выдачи породы; *вентиляционный* предназначен для подачи в шахту (рудник) свежего или выдачи загрязненного воздуха.

**Слепой ствол** – выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ (подъем полезного ископаемого, вентиляция, спуск и подъем людей).

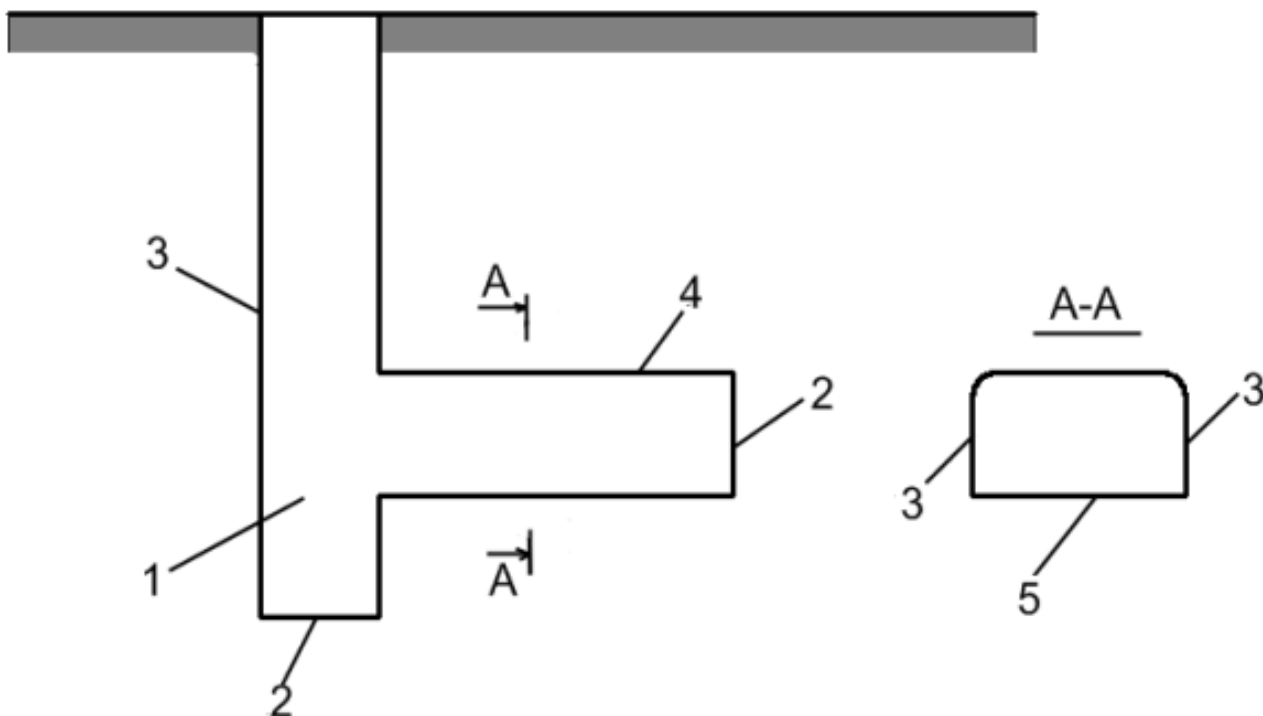


Рисунок 1.7 - Элементы горных выработок: 1 – устье; 2 – забои; 3 – стенки (бока); 4 – кровля; 5 – почва (подошва)

**Восстающий (гезенк)** – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и предназначенная для спуска горной массы с верхнего горизонта на нижний под действием собственного веса, для передвижения людей и пр.

**Шурф** – вертикальная или наклонная выработка небольшого сечения глубиной до 50–60 м, имеющая непосредственный выход на земную поверхность, предназначенная для разведки полезного ископаемого или для обслуживания подземных работ (спуска крепи, вентиляции, подачи закладочного материала).

**Скважина** – выработка, пройденная для вентиляции, для подачи закладочного материала, имеющая круглое сечение диаметром до 2 м.

**Штрек (этажный)** – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проводимая по простиранию пласта или залежи полезного ископаемого. По назначению штреки делятся на откаточные и вентиляционные.

Следует отметить, штрек проводят по простиранию рудного тела, квершлаг и орт – вкрест простиранию, причем квершлаг проводят только по пустым породам, а орт – по руде. Штрек может располагаться как в пустых породах – в этом случае его называют **полевым**, так и в рудном теле – называемый **рудным**.

**Квершлаг** – горизонтальная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и проводимая по пустым породам вкрест простирания или под углом к простиранию месторождения. Квершлаг выполняют те же функции, что и штреки.

**Просек** – выработка, проводимая параллельно штреку по пласту полезного ископаемого. Используется при проветривании забоя штрека в период его проведения, а также для транспортирования полезного ископаемого.

**Штольня** – горная выработка, проводимая к месторождению с поверхности горизонтально или с незначительным подъемом и имеющая выход на поверхность.

**Бремсберг** – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, расположенная по падению пласта и предназначенная для спуска различных грузов при помощи механических устройств.

**Уклон** – наклонная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, пройденная по падению пласта и предназначенная для подъема полезного ископаемого и различных грузов с нижних горизонтов на верхний.

**Ходок** – выработка для подачи воздуха, перевозки людей и грузов. Ходки обычно проводят параллельно бремсбергу (уклону) на расстоянии 20–30 м от него.

**Скат** – выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, проведенная по падению пласта и предназначенная для спуска полезного ископаемого под действием собственного веса.

**Печь** – выработка, проводимая по восстанию пласта и предназначенная для проветривания, передвижения людей, транспортирования грузов. Чаще всего печь соединяет откаточный штрек с просеком.

**Орт** – горизонтальная выработка, пройденная вкрест простирания рудного тела.

На рисунке 1.8 показаны горные выработки комбинированного способа вскрытия.

Все подземные горные выработки занимают определенное положение в пространстве, имеют или не имеют непосредственный выход на дневную поверхность, определенно проводятся по отношению к полезному ископаемому или вмещающим породам, имеют определенное назначение.

## 1.5. Способы вскрытия шахтного поля

**Вскрытием** называется проведение комплекса подземных выработок, обеспечивающих доступ с поверхности к залежи полезного ископаемого.

**Системой вскрытия** шахтного поля называется порядок проведения комплекса вскрывающих выработок при строительстве и эксплуатации горнорудного предприятия, для обеспечения доступа к запасам руды с земной поверхности. Система вскрытия состоит из способа и схемы.

**Способ вскрытия** шахтного поля характеризуется типом основных и подземных главных вскрывающих выработок и их расположением относительно рудной залежи (в лежащем боку, по месторождению, в висячем боку), а графическим изображением способа вскрытия является схема вскрытия.

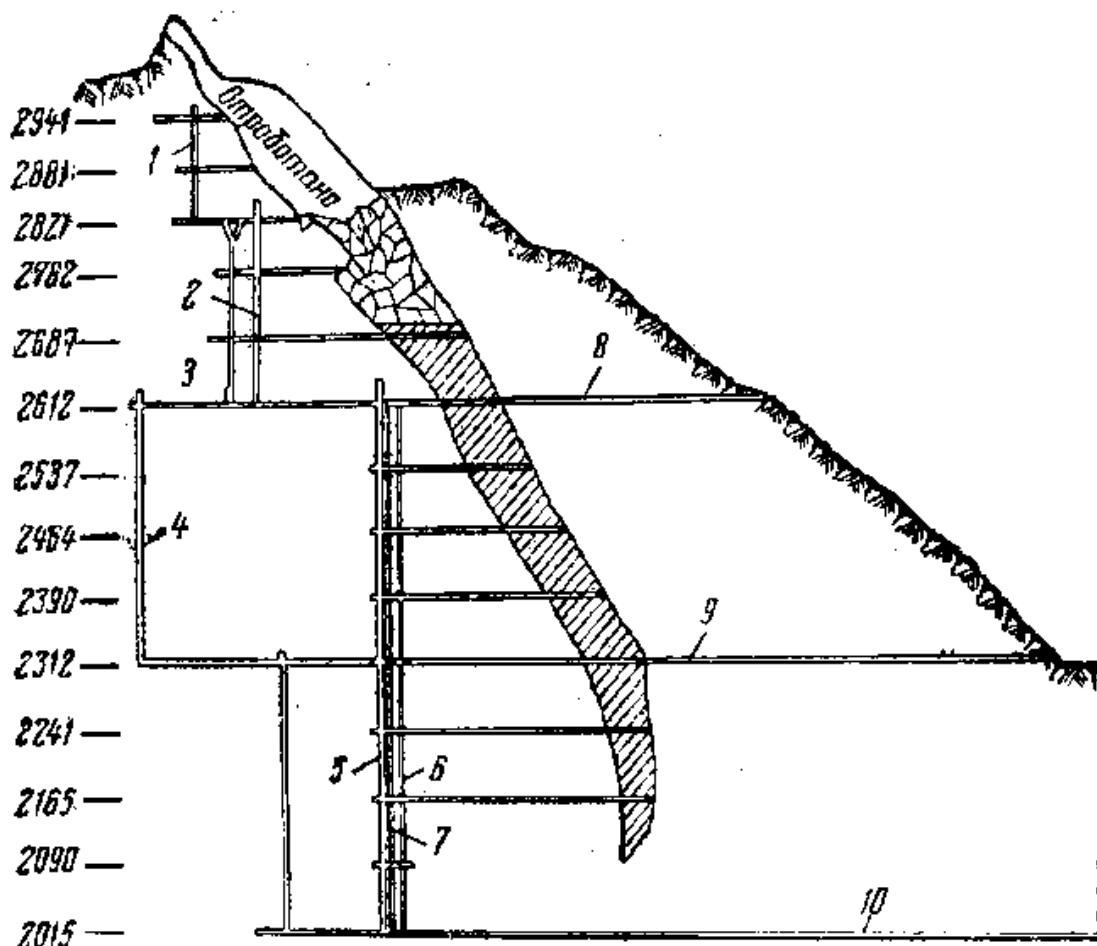


Рисунок 1.8- Комбинированный способ вскрытия при помощи штольни, слепого ствола шахты и капитальных рудоспусков (рудник Тырны-Ауз): 1 – ствол шахты «Пик»; 2 – слепой ствол шахты № 1; 3 – рудоспуск № 3; 4 – вентиляционный ствол шахты; 5 – слепой ствол шахты «Капитальная»; 6 – рудоспуск № 1; 7 – Рудоспуск № 2; 8 – штольня «Капитальная»; 9 – штольня «Змейка»; 10 – штольня «Главная»

**Схемой вскрытия** шахтного поля называется графическое изображение расположения главных и вспомогательных вскрывающих выработок относительно рудной залежи.

Если вскрытие осуществляется выработками одного типа, то оно относится к простым способам, а если для подъема руды с нижних горизонтов используются слепые стволы, то к комбинированным. Классификация способов вскрытия рудных месторождений представлена в таблице 1.3, где  $\alpha$  – угол падения залежи,  $H$  – глубина ведения горных работ.

Сущность простых способов вскрытия состоит в том, что вскрытие месторождения производится главной вскрывающей выработкой на всю глубину разработки.

## Классификация способов вскрытия рудных месторождений

Способ вскрытия	Группа способа вскрытия	Схема вскрытия	Условия применения	Достоинства схемы вскрытия	Недостатки схемы вскрытия
Простой	Вертикальным стволом	Вертикальным стволом, расположенным в лежащем боку залежи	$\alpha \geq 40^\circ$ , $H \leq 2000$ м	Отсутствие охранных целиков, отработка которых сопряжена с высокими потерями руды и необходимостью консервации значительных запасов	Большая длина квершлагов с увеличением глубины горных работ
		Вертикальным стволом, расположенным в висячем боку залежи	Наличие на поверхности со стороны пород лежащего бока охраняемых объектов, породы лежащего бока неустойчивы, обводнены, $\alpha \geq 40^\circ$ , $H \leq 2000$ м	Уменьшение длины квершлагов с увеличением глубины горных работ	Большая суммарная длина квершлагов, первый квершлаг получается наиболее длинным, это задерживает ввод в эксплуатацию месторождения, незначительное увеличение глубины залегания месторождения приводит к тому, что зона сдвижения пород захватывает ствол
Простой	Вертикальным стволом	Вертикальным стволом, пересекающим залежь	$\alpha \leq 60^\circ$ , залежь должна иметь значительные горизонтальные размеры, $H \leq 2000$ м	Запасы в охранном целике незначительны по сравнению с общими запасами месторождения, сокращается длина квершлагов	Необходимость оставлять полезные ископаемые в охранном целике для предохранения ствола от разрушения
		Вертикальным стволом с концентрационными горизонтами	$\alpha \geq 60^\circ$ , $H \leq 2000$ м	Сокращение объема горно-капитальных работ за счет уменьшения числа дробильных установок, приемных бункеров скипового подъема, водо-	Необходимость проходки и оборудования дополнительных выработок (восстающих, рудоспусков) для сбойки



Способ вскрытия	Группа способа вскрытия	Схема вскрытия	Условия применения	Достоинства схемы вскрытия	Недостатки схемы вскрытия
				отливных установок, которые сооружают только на основном горизонте. Наличие руды в перепускных восстающих положительно сказывается на работе транспорта и шахтного подъема	этажных откаточных выработок с капитальным квершлагом, значительные затраты на поддержание рудоспусков, дополнительные расходы на перегрузку руды, доставку материалов и оборудования, усложнение спуска и подъема рабочих, нарушаются условия нормального проветривания
Простой	Наклонным стволом	Наклонным конвейерным стволом, расположенным в лежачем боку залежи	$\alpha \leq 60^\circ$ (наиболее целесообразно применение такой схемы вскрытия при $\alpha \leq 35^\circ$ ), $H \leq 700$ м	Конвейер позволяет выдать через один ствол большое количество руды более 12 млн т руды в год независимо от длины ствола, полная конвейеризация транспорта от забоя до поверхности	Большая длина ствола, высокая стоимость крепления и поддержания ствола, дорогой водоотлив из-за большой длины трубопровода
	Наклонным стволом	Наклонным скиповым стволом, расположенным в лежачем боку залежи	Наиболее целесообразно применение такой схемы вскрытия при $\alpha = 10-35^\circ$ , $H \leq 700$ м	Меньшая длина вскрывающих квершлагов или полное их отсутствие	Большая длина ствола, высокая стоимость крепления и поддержания ствола, дорогой водоотлив из-за большой длины трубопровода, не высокая надежность работы подъема
		Наклонным стволом по месторождению	$\alpha \leq 60^\circ$ , $H \leq 400$ м	Полное отсутствие вскрывающих квершлагов, стоимость проходки наклонного ствола частично окупается попутно добываемой рудой	Большая длина ствола, высокая стоимость крепления и поддержания ствола, дорогой водоотлив из-за большой длины трубопровода, необходимость оставлять охранный

Способ вскрытия	Группа способа вскрытия	Схема вскрытия	Условия применения	Достоинства схемы вскрытия	Недостатки схемы вскрытия
					целик с обеих сторон от ствола
Комбинированный	Автомобильным съездом или уклоном	Автомобильным съездом или уклоном, пройденным в лежачем боку или на фланге залежи	$\alpha \leq 90^\circ$ , $H \leq 400$ м	Транспортирование руды от забоя до поверхности осуществляется шахтными самосвалами без перегрузки	Небольшая глубина ведения горных работ, большая длина автомобильных съездов или уклонов, дорогая и сложная их эксплуатация
	Штольной	Штольной, расположенной в лежачем боку залежи. Штольной, расположенной в висячем боку залежи	Гористый рельеф местности, $\alpha \geq 40^\circ$	Простая схема транспортирования руды, отсутствие пунктов перегрузки руды и связанных с ними устройств, возможность применения автотранспорта в подземных условиях, меньшая стоимость поверхностных сооружений у устья штольни, отсутствие затрат на водоотлив	Ограниченная область применения, сложность выбора места заложения устья штольни
	Вертикальным стволом и вертикальным слепым стволом	Вертикальным стволом с поверхности переходом в вертикальный слепой ствол	$\alpha \geq 40^\circ$ , $H \leq 1000$ м	Отсутствие охранных целиков, увеличение производительности подъема, уменьшение длины квершлагов на нижележащих горизонтах	Большая суммарная длина квершлагов, многоступенчатость подъема
Комбинированный	Вертикальным стволом и наклонным слепым стволом	Вертикальным стволом с поверхности с переходом в наклонный слепой ствол	$\alpha \leq 60^\circ$ , $H \leq 1000$ м	Меньшая длина вскрывающих квершлагов или полное их отсутствие на нижележащих горизонтах	Большая длина, высокая стоимость крепления и поддержания наклонного слепого ствола, дорогой водоотлив из-за большой длины трубопровода, не высокая надежность работы подъема

Способ вскрытия	Группа способа вскрытия	Схема вскрытия	Условия применения	Достоинства схемы вскрытия	Недостатки схемы вскрытия
	Наклонным стволом и наклонным слепым стволом	Вскрытие наклонным стволом с поверхности с переходом в наклонный слепой ствол	$\alpha \leq 60^\circ$ , $H \leq 1000$ м	Меньшая длина вскрывающих квершлагов	Большая длина наклонных стволов, высокая стоимость крепления и их поддержание, дорогой водоотлив и невысокая надежность работы подъема
	Штольной и вертикальным слепым стволом	Штольной с переходом в вертикальные слепые стволы	Гористый рельеф местности, $\alpha \geq 45^\circ$ , залежь распространяется на глубину ниже уровня штольни	Более простая схема транспортирования руды, меньшая стоимость поверхностных сооружений у устья штольни ввиду отсутствия копра, надшахтного здания и подъемной машины, отсутствие затрат на водоотлив	Ограниченная область применения, сложность выбора места заложения устья штольни, оборудование пунктов перегрузки руды, большая длина квершлагов на нижележащих горизонтах
Комбинированный	Штольной и наклонным слепым стволом	Штольной с переходом в наклонные слепые стволы	Гористый рельеф местности, $\alpha \leq 60^\circ$ , залежь распространяется на глубину ниже уровня штольни	Более простая схема транспортирования руды, меньшая стоимость поверхностных сооружений у устья штольни ввиду отсутствия копра, надшахтного здания и подъемной машины, отсутствие затрат на водоотлив, меньшая длина вскрывающих квершлагов на глубоких горизонтах	Ограниченная область применения, сложность выбора места заложения устья штольни, большая длина наклонного слепого ствола, высокая стоимость его крепления и поддержания, невысокая надежность работы подъема, оборудование пунктов перегрузки руды и связанных с ними устройств

Сущность комбинированных способов вскрытия заключается в том, что верхнюю часть месторождения вскрывают одной главной выработкой, а нижнюю – другой с выдачей руды на поверхность последовательно по обоим главным выработкам. Такие способы вскрытия целесообразно применять в тех случаях, когда месторождение по падению распространяется на значительную глубину и подъем по одной главной выработке не обеспечивает заданной производительности рудника.

**Вскрывающие выработки** – это выработки предназначенные для вскрытия шахтного поля на первых и всех последующих откаточных и вентиляционных горизонтах. Проведение вскрывающих выработок называется горнокапитальными работами, а сами выработки – капитальными. К вскрывающим выработкам относятся: вертикальные и наклонные стволы, штольни, квершлагги, околоствольные двory, капитальные рудоспуски и породоспуски, шурфы, автомобильные съезды и уклоны, обслуживающие основные горизонты и т. д.

Вскрывающие выработки по расположению относительно земной поверхности подразделяются на две группы:

- 1) **основные**, имеющие непосредственный выход на земную поверхность;
- 2) **подземные**, не имеющие непосредственного выхода на поверхность.

По выполняемым функциям вскрывающие выработки подразделяются на:

- а) **главные** – служащие для транспортировки и подъема руды;
- б) **вспомогательные** – все остальные выработки.

К основным главным вскрывающим выработкам относятся: вертикальные и наклонные шахтные стволы, штольни, автомобильные съезды, выполняющие основные функции по подъему или транспортировке полезного ископаемого, а к основным вспомогательным – вертикальные и наклонные стволы, штольни, предназначенные для вентиляции, передвижения людей, доставке материалов и т. д.

## 1.6. Классификация способов вскрытия

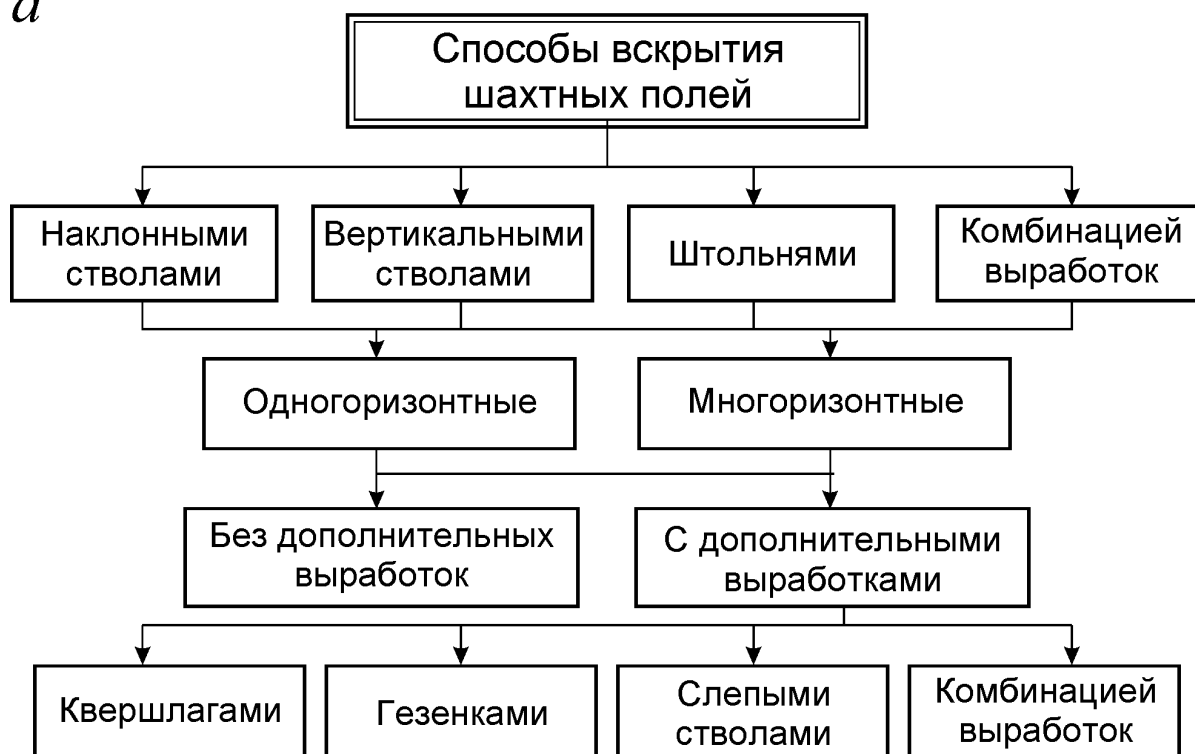
Большое количество факторов, влияющих на выбор способа вскрытия шахтного поля, затрудняют создание единой общепринятой классификации способов вскрытия. Существует множество классификаций как отечественных, так и зарубежных ученых в зависимости от того, каким факторам авторы отдают предпочтение.

В основу классификации, представленной на рисунке 1.8, положены следующие признаки:

- вид главных вскрывающих выработок;
- число транспортных (подъемных) горизонтов;
- наличие дополнительных вскрывающих выработок.

По виду главных вскрывающих выработок различают следующие способы вскрытия шахтных полей:

*a*



*б*



Рисунок 1.8 – Классификация (а) и графическая интерпретация (б) способов вскрытия шахтных полей

- наклонными стволами (графическая интерпретация представлена на рисунке 1.8, б-1);
- вертикальными стволами (рисунок 1.8, б-2);
- штольнями (рисунок 1.8, б-3);
- комбинацией главных выработок (комбинированные способы вскрытия — рисунок 1.8, б-4).

По числу транспортных горизонтов, вскрываемых главными выработками, все способы вскрытия разделяются на одноразовые и многоразовые. При одноразовых способах все запасы шахтного поля отрабатываются на один транспортный горизонт, при многоразовых в шахтном поле имеется несколько транспортных горизонтов, которые могут работать одновременно или последовательно.

По наличию дополнительных вскрывающих выработок различают способы вскрытия без дополнительных выработок и с дополнительными вскрывающими выработками.

В первом случае вскрытие пластов осуществляется самими главными выработками, во втором — дополнительными выработками.

По виду дополнительных вскрывающих выработок различают способы вскрытия квершлагами, гезенками, слепыми стволами и комбинацией указанных выработок.

На выбор способа и схемы вскрытия оказывают влияние горногеологические условия и горно-технические факторы:

- морфология залежей;
- параметры залежей (мощность, длина по простиранию, длина по падению и глубина залегания);
- условия залегания и характеристика вмещающих пород (углы падения рудных тел, углы сдвижения вмещающих пород, наличие пльвунов, тектонических разломов и т. д.).

**Сопряжение выработок** - место соединения, разветвления или пересечения подземных горных выработок. Взаимное расположение выработок определяет тип сопряжения по конфигурации (рисунок 1.9). Сопряжения вертикальных выработок с горизонтальными и камерными имеют сложную конфигурацию.

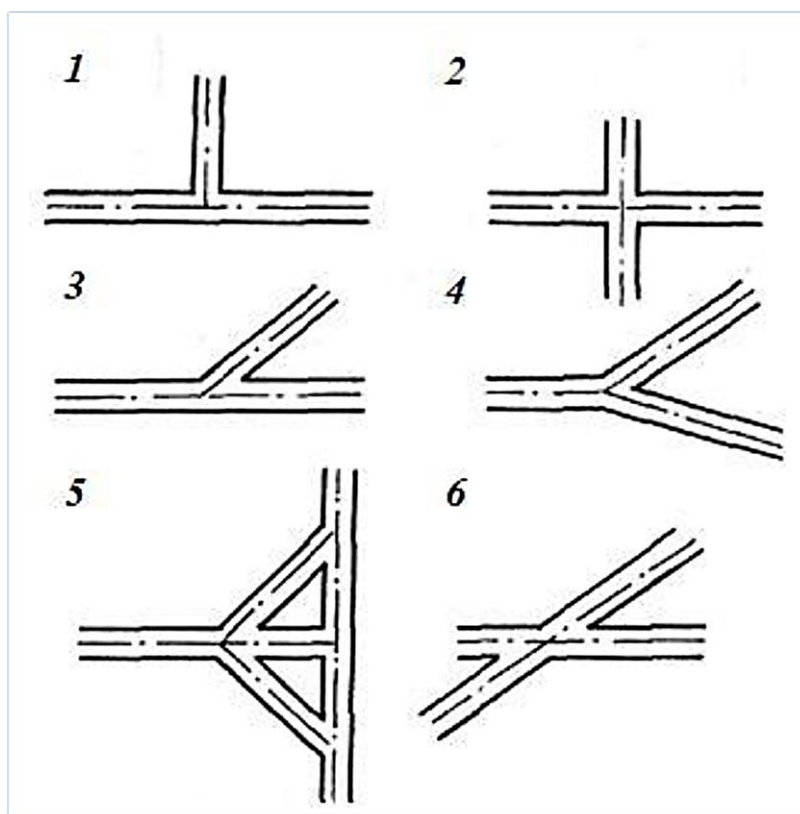


Рисунок 1.9 - Сопряжения выработок: 1 - прямое; 2 - прямое пересечение; 3 - косое; 4 - двухстороннее косое; 5 - треугольный узел; 6 - косое пересечение с расшатровкой (сопряжения клетевых стволов с выработками околовствольных дворов), в виде примыкания (сопряжения ствола с бункером скипового подъема) и др.

## 1.7. Факторы, влияющие на выбор формы поперечного сечения подземных горных выработок

Горизонтальные горные выработки по своему назначению разделяются на горно-капитальные и подготовительно-нарезные. Проходка выработок относится к наиболее трудоёмким и дорогостоящим видам горных работ, поскольку требует применения ручного труда на многих вспомогательных операциях, дополнительного проветривания тупиковых забоев, проведения мероприятий по предупреждению горных ударов и снижению заколообразования. Сказывается на условиях проходки и удалённость от основных коммуникаций.

Эффективность технологии проходки горных выработок и последующего их поддержания в период эксплуатации зависит от того, насколько правильно принята форма и определены размеры поперечной выработки, выбрана и рассчитана постоянная крепь, составлен паспорт буровзрывных работ. Все расчёты должны выполняться с учётом характеристик применяемого оборудования.

**Форма сечения горной выработки** - это геометрическая форма её поперечного сечения. Форма выработки выбирается с учётом свойств пересекаемых ею пород, величины и направления горного давления, конструкции крепи, срока службы, размеров выработки, а также способа её проведения. При прочных устойчивых породах, когда крепь не требуется, выработке может быть придана любая форма. Чаще применяют сводчатую, прямоугольную и трапециевидную формы. Примеры существующих форм поперечного сечения выработок представлены на рисунке 1.10.

**Размеры поперечного сечения горных выработок** зависят от геологических, горно-технологических и организационно-технических факторов (рисунок 1.11).

**Геологические факторы** - мощность, размеры, количество рудных тел - определяют грузооборот горного предприятия, а с учетом разрыхляемости пород можно найти грузопоток или объем горной массы, предназначенной для транспортировки к пункту разгрузки.

Под **грузооборотом** понимается количество груза (полезное ископаемое, пустые породы и хозяйственные грузы), перемещаемого в единицу времени, а под **грузопотоком** - количество определенного вида груза, перемещаемого в определенном направлении в единицу времени.

Такие факторы, как категория крепости, устойчивость руд и пород, влияют на способ поддержания выработок, а он, в свою очередь, - на размеры сечения выработки в черне (проектная площадь).

Фактор «скорость воздушной струи» при расчете размеров сечения горно-разведочных выработок не учитывается, так как вентиляционные системы их имеют небольшую протяженность и простую сеть вентиляционных соединений. Другие геологические, горно-технологические и организационно-технические факторы значительного влияния на размеры площади поперечного сечения выработок не оказывают.

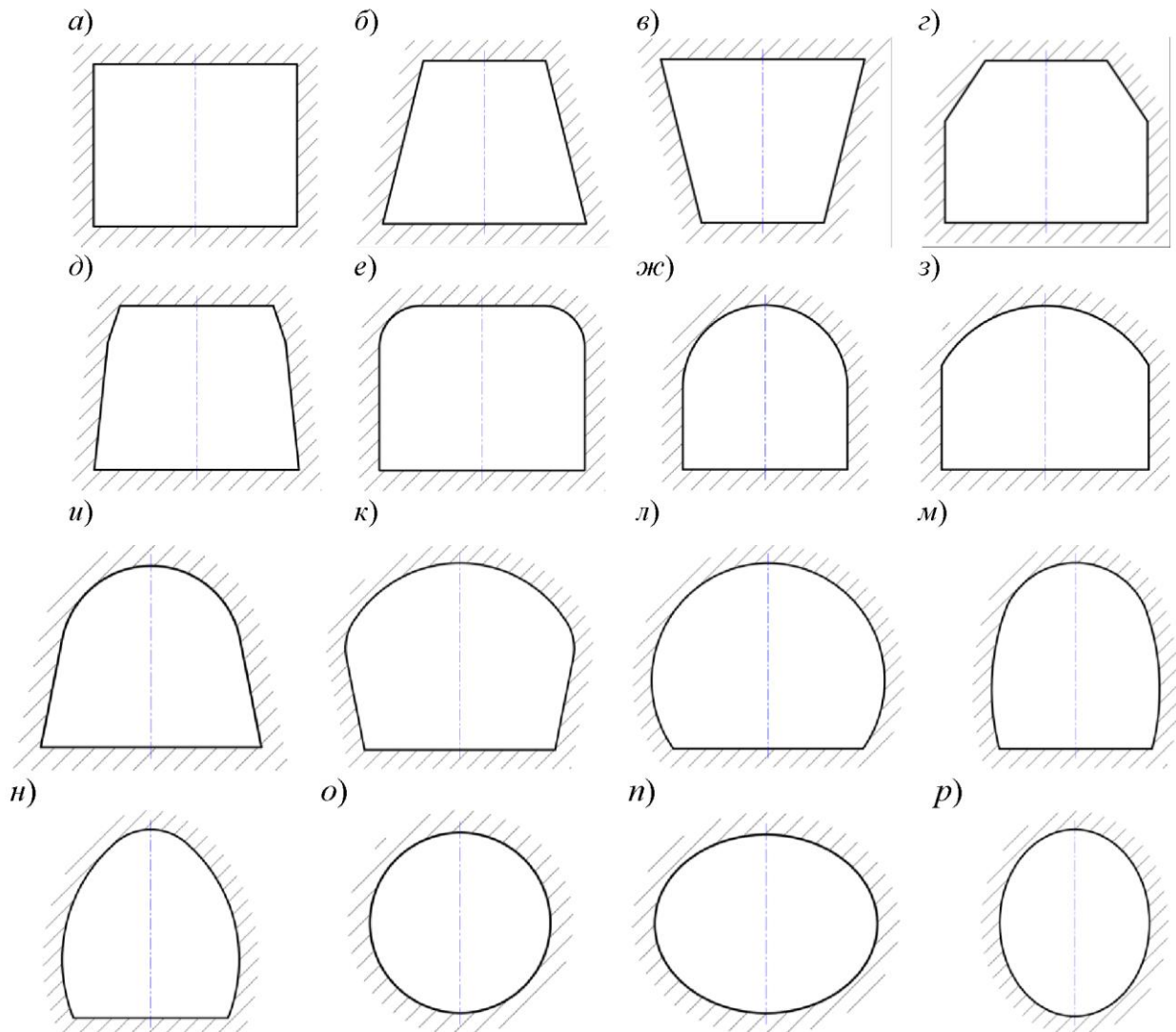


Рисунок 1.10 - Формы поперечного сечения выработок: а - прямоугольная; б, в - трапециевидная; г - полигональная; д - бочкообразная; е, ж - трехцентровой пониженный и полуциркульный свод с вертикальными стенками; з - сводчатая; и - циркульный пониженный свод с наклонными стенками; к - *полуциркульный* свод; л, м, н - подковообразные; о - круговая; п, р - эллиптическая



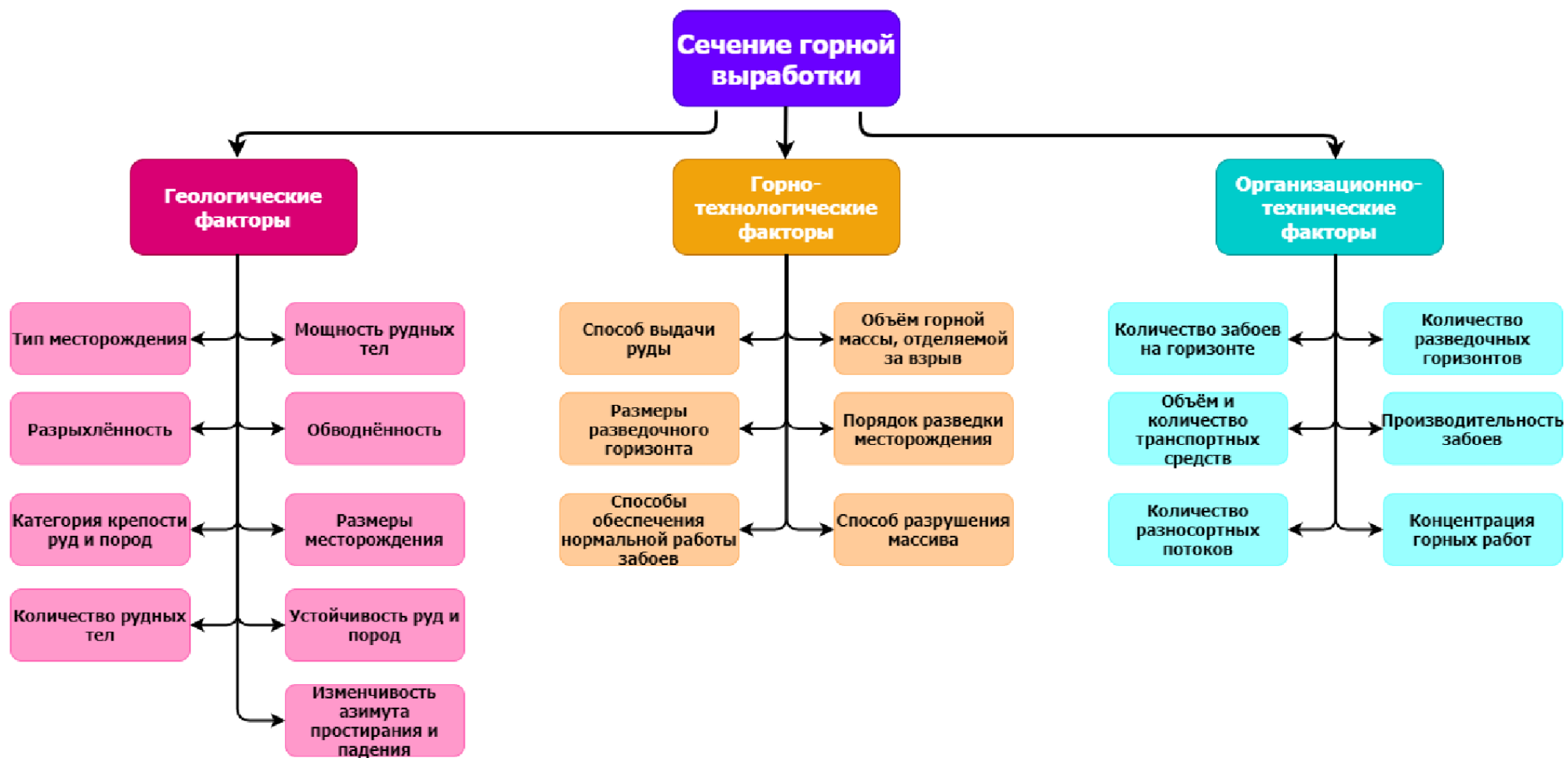


Рисунок 1.11 - Факторы, влияющие на размеры сечения выработок

Размеры поперечного сечения выработок в основном зависят от их назначения, крепости, устойчивости руд и пород (тип, конструкция крепи), условий проведения (мягкие, средней крепости, крепкие, талые, мерзлые, пучащие, водонасыщенные породы).

В горизонтальных выработках при деревянной, металлической и сборной железобетонной крепях из прямолинейных элементов применяют прямоугольную, трапециевидную и полигональную формы, а при арочных металлических и сборных железобетонных крепях - сводчатую с вертикальными и наклонными стенками.

При неустойчивых породах в кровле и бортах выработки используют сводчатые и подковообразные крепи из металла, монолитного бетона и железобетона, а также тубингов или блоков. Как правило, в неустойчивых породах для повышения безопасности работ применяют временную крепь.

При всестороннем давлении используют сводчатую и подковообразную крепи с обратным сводом, а в слабых неустойчивых породах - кольцевые или эллиптические крепи, т.е. замкнутые крепи.

## **1.8. Краткая геологическая характеристика Третьего калийного пласта Старобинского месторождения**

Старобинское месторождение калийных солей расположено в краевой части северо-западной оконечности Припятской впадины. На месторождении выделены западный, центральный и восточный блоки. В центральном блоке расположены три шахтных поля рудников 1 РУ, 2 РУ, 3 РУ, в восточном – одно шахтное поле рудника 4 РУ. Падение пластов месторождения северо-восточное, угол падения составляет 2-3°. Стратиграфический разрез Старобинского месторождения представлен на рисунке 1.12.

В геологическом строении основную роль играют осадочные комплексы палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений.

Месторождение слагается верхнедевонскими, верхнемеловыми, третичными и четвертичными отложениями. В северо-восточной части месторождения имеются следы юрских отложений, которые полностью отсутствуют только в пределах шахтного поля Второго рудоуправления.

Глинисто-мергелистая свита слагается глинами и мергелями, содержащими прослойки доломита, доломитизированного известняка и песчаника. Глубина залегания кровли глинисто-мергелистой свиты колеблется от 103 до 183 м. Мощность свиты изменяется от 234 до 461 м и в среднем по месторождению она составляет 270 м.

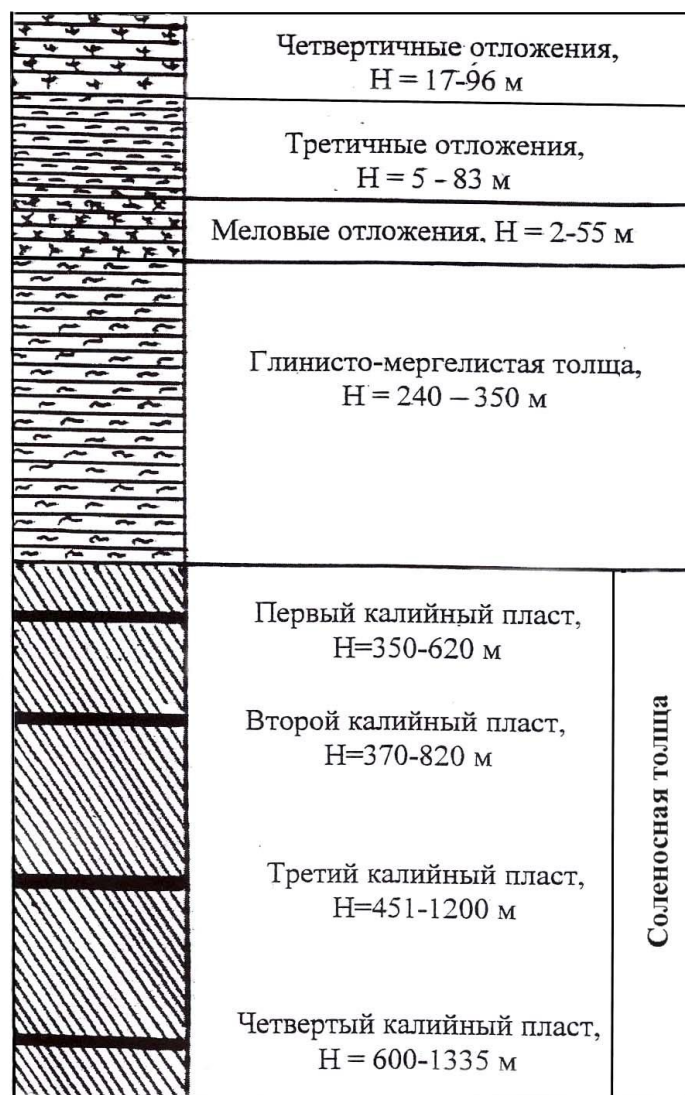


Рисунок 1.12 – Стратиграфический разрез Старобинского месторождения

Верхнемеловые отложения (сеноманский, сенонский и туронский ярусы) распространены на всей территории месторождения. Они залегают на поверхности глинисто-мергелистой свиты верхнего девона, а в северо-восточном углу месторождения – на юрских отложениях. Верхнемеловые отложения слагаются (снизу вверх) меловым песчаником (несколько метров) и писчим мелом (14-27 м). Глубина залегания кровли верхнемеловых отложений колеблется от 88 до 115 м.

Третичные отложения также распространены на месторождении повсеместно. Непосредственно на верхне-меловых отложениях залегают палеогеновые темно-зеленые кварцево-глауконитовые мелко- и темно-зернистые пески с гравием и мелкой галькой оренния, фосфорита и кварца мощностью около 5 м.

Выше залегают мелко и среднезернистые кварцевые пески неогена, содержащие местами прослой и линзы супеси и глины мощностью до 0,9 м. Кровля этих отложений залегает на глубине 64-66 м. Мощность неогеновых песков составляет 23-24 м.

Четвертичные отложения слагаются, в основном, флювиогляциальными и ледниковыми песчано-глинистыми и гравийными отложениями, а также древними и современными аллювиальными отложениями.

Суммарная мощность четвертичных отложений в пределах месторождения изменяется от 50 до 110 м.

Общая мощность рыхлых отложений мезозоя и кайнозоя изменяется от 100 до 150 м.

Породы соленосной свиты залегают спокойно, без заметных нарушений, с общим весьма пологим наклоном с юго-запада на северо-восток.

Верхнедевонские отложения, относящиеся к феменскому ярусу, подразделяются (снизу вверх) на известняковую, доломитовую, соленосную и глинисто-мергелистую свиты.

Известняковая и доломитовые свиты сложены доломитизированным известняком и доломитами с прослойком глин, песчаников и ангидритов. Мощность этих отложений составляет около 200 м при глубине залегания кровли доломитовой свиты (в южной части месторождения) 588,9 м.

Соленосная свита слагается пластами каменной соли, многократно чередующимися с пачками глинисто-карбонатных пород, в основном глин и мергелей с подчиненным прослоем глинистых доломитов, доломитовых мергелей и песчаников. К некоторым пластам каменной соли приурочены горизонты калийной соли (в основном сильвинита). Мощность пластов каменной соли достигает 41 м, преобладают пласты мощностью 5-20 м. Максимальная мощность глинисто-карбонатных пачек составляет 43 м.

Наиболее мощные пласты каменной соли залегают в нижней части соленосной свиты. Пласты каменной соли содержат прослойки глин и мергелей.

Суммарная мощность пластов каменной соли в центральной части месторождения составляет около 57 % от общей мощности соленосной свиты.

Суммарная мощность пачек глинисто-карбонатных пород колеблется от 68 до 85 м. Глубина залегания кровли соленосной свиты изменяется от 342 до 557 м. Общая мощность ее, по данным разведочного бурения, не превышает 579 м.

Калийные соли приурочены к верхней части соленосной свиты. Расстояние по вертикали между калийными горизонтами составляет: Первым и Вторым – от 50 до 80 м; Вторым и Третьим – от 140 до 250 м; Третьим и Четвертым – от 150 до 240 м. Калийные горизонты имеют неодинаковую площадь распространения. Наиболее широко распространен Третий горизонт, а наименьшую площадь занимает Первый горизонт. Четвертый калийный горизонт пока не оконтурен и площадь его распространения не определена.

Первый калийный горизонт залегает на глубине от 352 до 667 м от земной поверхности. Горизонт полого падает на северо-восток. Распространен горизонт в центральной части месторождения на площади около 100 кв. км. Кровлей горизонта является, как правило, каменная соль, содержащая тонкие прослойки глины и мергеля, а подошвой его служит каменная соль с тонкими прослойками глины. Южная часть площади распространения Первый горизонт непосредственно покрывается отложениями глинисто-мергелистой свиты.

Мощность горизонта колеблется в пределах от 1,25 до 8,0 м. Средняя мощность по месторождению составляет 4,5-5,5 м.

Первый калийный горизонт сложен чередующимися слоями каменной соли, кирпично-красного сильвинита и глины. В северной части месторождения в слоях каменной соли наблюдаются вкрапления сильвинита.

Второй калийный горизонт залегает на глубине от 367 до 698 м, имеет пологое падение на восток и северо-восток и распространен на большей части месторождения на площади 310 кв. км. Мощность соленосной толщи между Первым и Вторым калийными горизонтами изменяется от 61 до 76 м.

В разрезе соленосной толщи Второй калийный горизонт приурочен к 25-й соленосной пачке. Горизонт подстилается и перекрывается пластами каменной соли. В кровле пласта залегает пласт каменной соли с чередованием прослоев галопелитов, мощностью 10-12 м. Пласт каменной соли в почве горизонта мощностью 17-19 м также содержит прослойки галопелитов, однако в меньшем количестве, чем в кровле. Мощность горизонта изменяется от 1,0 до 4,4 м при средней мощности на всей площади 2,68 м.

Второй калийный горизонт представлен верхним и нижним сильвинитовыми слоями, а также средним галитовым.

Нижний сильвинитовый слой сложен чередованием прослоев сильвинита и каменной соли, отделенных друг от друга прослоями галопелитов. В его разрезе могут быть до 8 прослоев сильвинита. Слои с наиболее полным строением развиты в западной части месторождения и на востоке (4-е шахтное поле и Нежинский участок), т.е. в основной части Старобинской синклинали зоны к северу и югу от нее полнота разреза сокращается, главным образом за счет замещения верхних сильвинитовых пакетов каменной солью. Мощность прослоев колеблется от 0,5-1,0 до 4-5 см. Для сильвинитовых прослоев характерна красная, кирпично-красная окраска. На востоке 4-го шахтного поля отмечено появление более светлых сильвинитов, вплоть до молочно-белых. В целом нижние слои сильвинита имеют более светлую окраску, чем верхние. Мощность нижнего сильвинитового слоя изменяется от 0,88 до 1,1 м и в среднем составляет около 1,01 м. Содержание КСl в слое колеблется от 18,13 – 25,36 до 46,5 – 49,1%, а нерастворимого остатка от 0,71 – 0,87 до 11,7 – 12,04%.

Верхний сильвинитовый слой имеет мощность от 0,75 до 1,15 м, в среднем 0,95 м. Распределение его в целом согласуется с мощностями нижнего слоя. В разрезе верхнего сильвинитового слоя выделяются 8 пакетов. Сильвиниты верхнего слоя по окраске, текстуре и структурным особенностям аналогичны нижнему сильвинитовому слою. Содержание хлористого калия колеблется от 16,29 до 51,32 %. В верхнем сильвинитовом слое содержание нерастворимого в воде остатка несколько выше, чем в нижнем.

Внутрипластовая каменная соль имеет мощность от 0,24 до 1,22 м. Отмечается возрастание мощности в северном направлении, что обусловлено как замещением сильвинитовых пакетов верхнего и нижнего сильвинитовых слоев каменной солью и включением этой части в состав промежуточного слоя, так и

увеличением количества и мощности прослоев галопелитов и появлением новых прослоев в нижней части слоя.

Третий калийный горизонт (объект исследований) является основным на месторождении. С ним связано около 80% запасов калийных руд. Глубина залегания горизонта от 350 до 900 м, мощность от 5 до 28 м.

В северо-западной части Припятской впадины 3-й калийный горизонт образует две пологие синклинали складки. К северу и на юге месторождения горизонт выклинивается и замещается глинисто-мергелистыми отложениями. Площадь распространения горизонта около 300 км<sup>2</sup>, которой соответствует распространение нижнего сильвинитового (продуктивного) пласта. А всего в разрезе горизонта выделены три пласта или петрографические зоны:

- нижний сильвинитовый, мощностью от 2,0 до 6,5-8,5 м;
- средний глинисто-карналлитовый, мощностью 4,0-20,0 м;
- верхний сильвинитовый, мощностью 0,8-4,4 м.

Сверху и снизу горизонта залегают пласты каменной соли с прослойками глины. Мощность подстилающего пласта колеблется от 3,5 до 6,8 м. Мощность покрывающего пласта каменной соли – 11,7 м. Промышленное значение имеет нижний сильвинитовый пласт, который как по мощности, так и по содержанию основных компонентов (прослой некондиционных руд мощностью до 3 см включаются в подсчет запасов) отвечает требованиям кондиций:

- 1) содержание КСl в руде продуктивного пласта не менее 16 %, MgCl не более 3,5 %, нерастворимого остатка не более 10 %;
- 2) бортовое содержание КСl в пробе для оконтуривания запасов руд по мощности пласта – не менее 10 т;
- 3) минимальная мощность пласта – не менее 1,5 м.





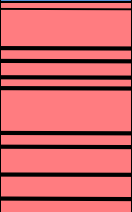
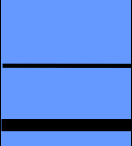
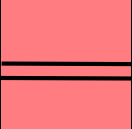




В разрезе нижнего сильвинитового пласта на преобладающей площади распространения выделяются три сильвинитовых слоя 2, 3 и 4, однако, на отдельных участках прослеживаются еще три – 1, 5 и 6. Слои каменной соли 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 расположены между слоями сильвинита.

Характеристики слоев III калийного горизонта представлены на рисунке 1.13.

Объемный вес сильвинитовой руды – 2,15 т/м<sup>3</sup>, пористость – 3,31 %, естественная влажность – 0,73%.

Строение III пласта в пределах месторождения изменчиво. Так на шахтных полях 1 и 2 РУ распространены все шесть сильвинитовых слоев, однако по ряду причин (слабая устойчивость кровли, наличие газопроявлений, а также ухудшение качества руды) в настоящее время селективно или с валовой выемкой слоя 2-3 отрабатываются слои 2, 3 и 4.

На шахтном поле 4 РУ в связи с наличием неустойчивой кровли 4 слоя в северной части отрабатываются только слои 2, 2-3, 3. На остальных участках отрабатывается и слой 4.

Индекс слоя	Разрез	Мощность, м			Содержание KCl, %			Содержание н.о., %		
		от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6		0,17	0,60		10,00	44,70		3,00	17,00	
5-6		0,60	0,80		2,44	7,00		2,50	19,50	
5		0,15	0,60		14,82	51,54		1,00	1,79	
4-5		0,60	0,80		1,87	8,79		5,00	18,00	
4		0,60	1,60	1,18	23,00	41,40	30,1	3,00	14,90	5,27
3-4		0,75	1,30	1,11	0,80	5,00	2,79	3,00	17,20	6,26
3		0,50	1,00	0,84	19,50	53,00	36,98	2,40	13,60	4,45
2-3		0,40	1,00	0,51	3,00	13,30	6,75	2,50	17,30	6,90
2		0,40	1,00	0,68	34,80	56,80	44,58	0,90	14,00	2,75
1-2		0,30	0,70		0,50	7,80		1,30	15,50	
1		0,10	0,40		18,90	41,00		1,00	11,00	

Условные обозначения

 – сильвинит;  – галит;  – глина

Рисунок 1.13. – Геологический разрез, состав и строение Третьего калийного пласта

Четвертый горизонт представляет собой пластовую залежь моноклиналильного залегания на глубине 600-1335 м. Пласт сильвинита мощностью 25-35 м по мощности представлен чередованием прослоев сильвинитов, каменной соли и галеопелитов. Выше сильвинитового пласта залегает каменная соль мощностью 7,40 м. На породах каменной соли залегает ангидрит с прослойками глины, мощностью 2,60 м. Над соленосной толщей на высоту 90-200 м располагаются глинисто-мергелистые отложения мощностью 200-550 м с включением пластов доломита и песчаника мощностью до 4,0 м. Подстилающие горизонт породы на глубину до 10 метров предоставлены каменной солью с прослойками глины.

## 1.9. Системы разработки рудных месторождений и их классификация

**Система разработки** – это порядок ведения подготовительных и очистных выработок, увязанный во времени и пространстве, который обеспечивает безопасность ведения горных работ, высокую концентрацию производства, экономичность и минимальные потери полезного ископаемого, надежную изоляцию горных выработок от проникновения в них подземных и поверхностных вод.

Важнейшими характеристиками различных видов систем разработок являются: нарезка панелей, форма очистных выработок, способ управления кровлей, способ выемки и транспортирования полезного ископаемого от забоя до поверхности и т. д.

Все системы разработки являются совокупностями горных выработок с определенным порядком и технологией их проведения, увязанными во времени и пространстве, что может быть основой для их классифицирования, т. е. разделения и систематизации.

**Подготовительные выработки** – это выработки, проводимые в процессе подготовки шахтного поля к очистной выемке.

**Очистное пространство** – это горная выработка, при создании которой осуществляется добыча полезного ископаемого в промышленных масштабах, т. е. очистная выемка.

**Рабочее очистное пространство** – это часть очистного пространства или все очистное пространство, где находится работающий человек, участник того или иного технологического процесса очистной выемки (или всех трех).

**Очистная выемка** – комплекс работ по извлечению полезного ископаемого из очистных забоев. Очистная выемка включает отбойку, погрузку, доставку отбитого полезного ископаемого из забоя до конвейерного штрека лавы, поддержание призабойного пространства и управление кровлей. Различают совместную (валовую) и отдельную (селективную) очистные выемки. Валовая очистная выемка производится без выделения прослоев породы, а селективная – с отдельным извлечением породных прослоев и полезного ископаемого.

**Очистные выработки** – выработки, проводимые по пласту или залежи полезного ископаемого (как правило, без подрывки боковых пород), в которых осуществляется выемка.



**Призобойное пространство** – пространство, образованное выемкой полезного ископаемого (как правило, комбайном) и расположенное между забоем и завальным концом перекрытия забойной крепи, имеющим контакт с кровлей.

Последовательная классификация систем разработки представлена в таблице 1.4.

Эффективность системы во многом определяется и наличием деления на стадийные элементы, и подготовкой выемочного участка, и исполнением технологических комплексов очистной выемки.

Сущность комбинированных систем рассматривается с позиции сочетания двух способов управления горным давлением при разделении выемочного участка на структурно связанные элементы (камера и целик), обрабатываемые в первую и вторую очередь.

Таблица 14

Последовательная классификация систем разработки рудных месторождений

I. Системы разработки рудных месторождений с сохранением статически равновесного состояния окружающего массива	
Системы с естественным поддержанием окружающего массива в статически равновесном состоянии	Системы без разделения функций целиков по поддержанию очистного и рабочего пространства
	Системы с разделением функций целиков по поддержанию очистного и рабочего пространства
Системы с искусственным поддержанием окружающего массива в статически равновесном состоянии	Системы с горной крепью конструктивно различного исполнения
	С искусственными массивами: временными или постоянными, из отбитой руды или закладки с различной прочностной характеристикой
II. Системы разработки рудных месторождений с обрушением окружающего массива	
Системы с обрушением вмещающих пород	Системы слоевого обрушения с выемкой лавами или заходками и с различными типами крепления рабочего очистного пространства
	Системы с обрушением без разделения на слои и с различными типами крепления рабочего очистного пространства
	Системы принудительного (этажного или подэтажного) обрушения руды и вмещающих пород
Системы с обрушением руды и вмещающих пород	Системы этажного принудительного обрушения руды и вмещающих пород
	Системы подэтажного обрушения руды и вмещающих пород
III. Комбинированные системы разработки рудных месторождений	
Комбинации: I + II I – для выемки камерных запасов; II – для выемки целиковых запасов	

Принято считать, что применение комбинированных систем при валовом способе очистной выемки характерно для отработки мощных рудных тел в сложных горно-геологических условиях там, где рациональная разработка одним способом затруднена.

### **1.10. Системы разработки калийных месторождений**

Минеральные удобрения являются одним из основных источников повышения плодородия почв и увеличения производства сельскохозяйственной продукции.

Условия разработки соляных руд существенно отличаются от выемки большинства пластовых месторождений полезных ископаемых. Забой характеризуется высоким сопротивлением резанию вынимаемых пластов (до 450 кН/м) и повышенной вязкостью. Существенно отличается характер проявления в забоях горного давления. Необходимо считаться с опасностью обводнения горных выработок и возможным проявлением газодинамических явлений.

За основу классификации систем разработки калийных месторождений принимают различные признаки.

По горнотехническим условиям их разработки все калийные месторождения разделяют на четыре группы:

**I группа** – месторождения, представленные горизонтальными или пологими пластами с небольшими геологическими нарушениями. Непосредственная и основная кровля пластов сложена прочной каменной солью. Большая мощность водозащитной толщи позволяет использовать камерную систему разработки, не допускающую значительных сдвижений пород кровли.

**II группа** – месторождения, представленные горизонтальными или пологими пластами. Мощная толща покровных пород допускает плавное опускание кровли, что предполагает возможность применения камерной и камерно-столбовой систем разработки.

**III группа** – месторождения, при разработке которых исходят из допущения, что в вышележащих породах отсутствуют водоносные горизонты. Такие месторождения могут разрабатываться сплошной, столбовой или комбинированной системами разработки. Способ управления породами кровли – полное обрушение.

**IV группа** – месторождения, представленные наклонными и крутыми пластами, на которых могут применяться системы разработки, типичные для рудных месторождений.

На практике наибольший удельный вес в добыче калийных солей имеют рудники, разрабатывающие месторождения I и II групп.

В зависимости от способности отдельных слоев пород кровли к самообрушению, а также от расположения их по отношению к пласту различают ложную, непосредственную и основную кровлю.

**Ложная кровля** – слой или несколько слоев слабых пород кровли незначительной мощности, залегающих непосредственно над пластом и обрушающихся при выемке полезного ископаемого.

**Непосредственная кровля** – толща пород, находящихся непосредственно над залежью полезного ископаемого.

**Основная кровля** – толща пород, залегающая над непосредственной кровлей и обрушающаяся при выемке полезного ископаемого на значительной площади.

**Закладка** – процесс заполнения выработанного пространства закладочным материалом при разработке полезного ископаемого подземным способом.

**Обрушаемость горных пород** – свойство пород обрушаться при их обнажении.

**Камерные системы разработки** – системы разработки с поддержанием очистного пространства чередующимися (регулярными) целиками, как рудными (отрабатываемыми и не отрабатываемыми), так и искусственными. Такие системы применяют на пластах средней мощности с углом падения до  $10^\circ$ .

Системы разработки с короткими очистными забоями подразделяются на камерные и камерно-столбовые, в основу деления которых положена конфигурация целиков (целики ленточного типа при камерной и столбчатого – при камерно-столбовой системе разработки).

К камерным относят системы разработки с короткими (до 8 м) очистными забоями, движущимися по направлению от транспортного штрека, с оставлением охранных целиков для управления кровлей.

Камерные системы разработки могут иметь или не иметь рабочее очистное пространство. Рабочее очистное пространство принимается равным по размерам очистному пространству, ограниченному охранными целиками. Таким образом, оно зависит от устойчивости руд и пород и определяется размерами технологического оборудования. При этом у целиков может быть или не быть разделение функций по поддержанию всего очистного пространства и рабочего очистного пространства.

К основному достоинству камерных систем разработки относится возможность применения как для очистных работ, так и для проведения подготовительных выработок одного и того же недорогостоящего комплекса оборудования, а к основным недостаткам следует отнести значительные потери полезного ископаемого в целиках, а также высокую температуру и запыленность воздуха из-за ведения очистных работ в тупиковом забое.

По способу поддержания горных выработок (управления кровлей) камерные системы разработки подразделяются на системы с жесткими и податливыми целиками.

**Сплошные системы** – системы разработки без предварительного деления участка на выемочные единицы, с совмещением во времени подготовки и очистной выемки.

При сплошной системе разработки выемочные столбы отрабатываются в прямом порядке, а подготовительные выработки в этаже (панели, ярусе) проводятся одновременно с осуществлением в них очистных работ с небольшим (5–

10 м) опережением очистного забоя и затем поддерживаются в выработанном пространстве с использованием усиленного крепления или бутовых полос, выкладываемых вдоль выработок.

Областью применения сплошной системы разработки являются пласты мощностью до 2 м с любым углом падения. Очистной забой при сплошной системе может подвигаться как по простиранию, так и по падению (восстанию).

**Столбовая система** – система разработки, которая предполагает разделение в пространстве и во времени очистных и подготовительных работ. При классическом варианте столбовой системы все подготовительные выработки в выемочном столбе проводят до начала очистной выемки. Столб отрабатывается в обратном порядке. В некоторых случаях для ускорения начала отработки столба очистные работы в нем начинают в прямом порядке короткими столбами.

Столбовая система применяется при любых углах падения пластов.

Основные преимущества столбовой системы разработки по сравнению со сплошной:

- забои подготовительных и очистных выработок разобщены, что устраняет взаимную помеху при работе в этих выработках;
- проведение подготовительных выработок дает ценные разведочные данные для очистных работ;
- уменьшение загазованности поступающего в очистной забой воздуха, так как он подается по выработкам, поддерживаемым в массиве;
- погашение подготовительных выработок по мере подвигания очистных забоев позволяет извлекать крепь погашаемых штреков, что очень важно при дорогостоящей металлической крепи;
- возможность предварительной дегазации отрабатываемого столба через скважины, пробуренные из подготовительных выработок.

Основные недостатки столбовой системы разработки по сравнению со сплошной:

- большой объем проведения подготовительных выработок до начала очистных работ, что увеличивает срок окупаемости капиталовложений;
- сложность проветривания длинных подготовительных выработок, что усложняет вентиляционную сеть рудника (шахты).

Благодаря указанным выше преимуществам в настоящее время столбовая система является основной при разработке пластовых месторождений.

**Комбинированная система разработки** предполагает применение в пределах этажа (панели, яруса) двух систем, сочетающихся между собой в определенной последовательности. В практике наибольшее распространение получила камерно-столбовая система разработки, при которой подготовку панели производят длинным столбом по простиранию, а отработку ведут камерной системой с оставлением целиков.

Систему применяют при устойчивых и средней устойчивости вмещающих породах с мощностью пластов от 1,5 до 3,0 м и углами падения до 15°. Основное достоинство – возможность применения как для очистных работ, так и для про-

ходки подготовительных выработок одного и того же недорогостоящего комплекса оборудовании. Основной недостаток – большие потери полезного ископаемого в целиках, а также высокая температура и запыленность воздуха из-за ведения очистных работ в тупиковом забое.

В *слоевых системах* рабочее очистное пространство, прирастает поступательно в одном или двух (редко – в трех) направлениях, уступами или с поддержанием сплошного забоя.

Одним из возможных классификационных признаков систем разработки является соотношение между полной и вынимаемой мощностью пласта, другим – длина очистных забоев.

По первому признаку выделяют системы разработки с выемкой пласта на полную мощность и с разделением на слои, по второму – системы разработки с длинными и короткими очистными забоями (таблица 1.5).

Таблица 1.5

Классификация систем разработки, применяемых на калийных рудниках, по длине очистных забоев

Наименование системы	Область применения		Метод управления кровлей		
	Падение пластов	Мощность пластов			
<b>Система разработки с короткими очистными забоями</b>					
Камерная	Пологое	От тонких до мощных	С открытым выработанным пространством	С закладкой	–
Камерная, с почвоуступной выемкой	Пологое и крутое	Средние и мощные	С открытым выработанным пространством	–	–
Камерная, с потолкоуступной выемкой	Пологое и крутое	Средние и мощные	–	С закладкой	–
Камерно-столбовая	Пологое	Тонкие и средние	С открытым выработанным пространством	–	С обрушением
<b>Система разработки с длинными очистными забоями</b>					
Столбовая	Пологое	Тонкие и средние	–	С закладкой	С обрушением
Сплошная	Пологое	Тонкие и средние	–	С закладкой	С обрушением
Комбинированная	Пологое	Тонкие и средние	–	С закладкой	С обрушением

Выбор системы разработки осуществляют на основании технико-экономических расчетов, в результате которых определяют основные параметры: производительность труда, потери полезного ископаемого, разубоживание, расход материалов и др.

### 1.11. Характеристики месторождений калийных руд Республики Беларусь

В недрах Республики Беларусь сосредоточены большие запасы минеральных солей. Они представлены Старобинским, Петриковским и Октябрьским месторождениями. Залегают калийные соли в Припятском прогибе на глубинах от 350 до 4000 м.

Промышленные запасы калийных солей Старобинского и Петриковского месторождений составляют 7,46 млрд т, прогнозные – свыше 80 млрд т.

Старобинское месторождение расположено в северо-западной части Припятского прогиба. Площадь месторождения – около 350 км<sup>2</sup>. Падение пластов – северо-восточное (угол падения 6°).

Строение Старобинского месторождения калийных солей представлено на Рисунке 1.14. Калийная залежь включает четыре пласта (горизонта). Нумерация пластов – сверху вниз. Расстояние между пластами в разрезе соленосной толщи изменяется от 50 до 200 м. Суммарная мощность соляных пачек составляет 182 м.

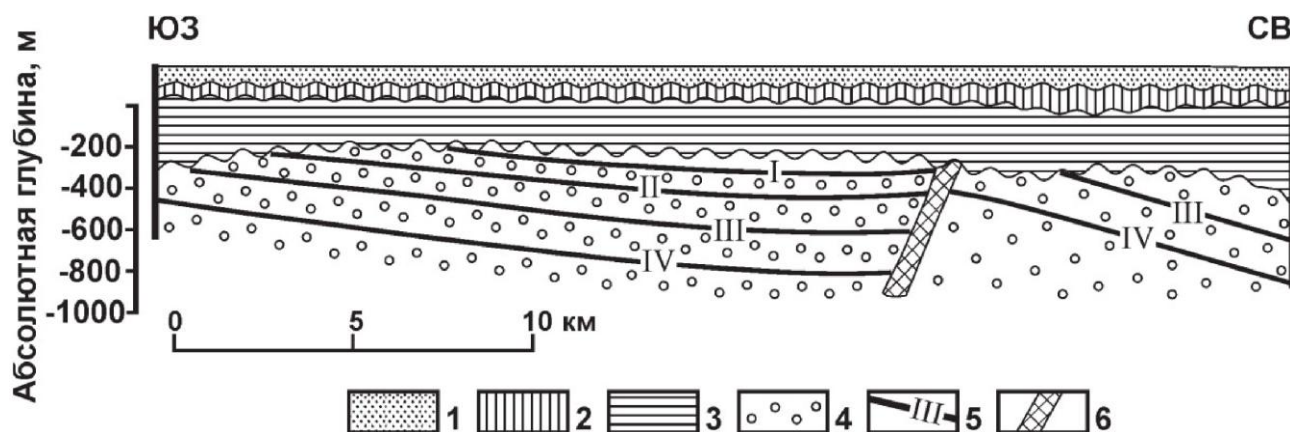


Рисунок 1.14 - Строение Старобинского месторождения калийных солей (по Э. А. Высоцкому, В. З. Кислику). Отложения: 1 – кайнозойские; 2 – мезозойские; 3 – девонские надсолевые; 4 – верхнесолевые; 5 – калийные горизонты и их номера; 6 – разлом

Разрез соленосной толщи Старобинского месторождения представлен на рисунке 1.15. Первый горизонт в основном расположен в центре месторождения. Глубина залегания – 350–620 м, мощность калийного пласта – 2–5 м, содержание КС1 – 15,9–23,7 %, нерастворимого остатка – до 9–21 %.

Второй горизонт распространен на значительно большей площади. Представлен двумя (верхним и нижним) слоями сильвинита и одним (средним) слоем каменной соли. Глубина залегания пород – 380–700 м. Мощность верхнего слоя – 0,6–0,9 м, содержание хлористого калия – до 40 %. Средний слой мощностью

0,4–1,0 м (содержание КСl 2–5 %) залегает непосредственно над нижним сильвинитовым слоем мощностью 0,7–1,0 м, содержащим 31–33 % хлористого калия. Общая мощность второго горизонта 2,1–2,7 м, содержание КСl – 27–32 %, нерастворимого остатка – 3–8 %.

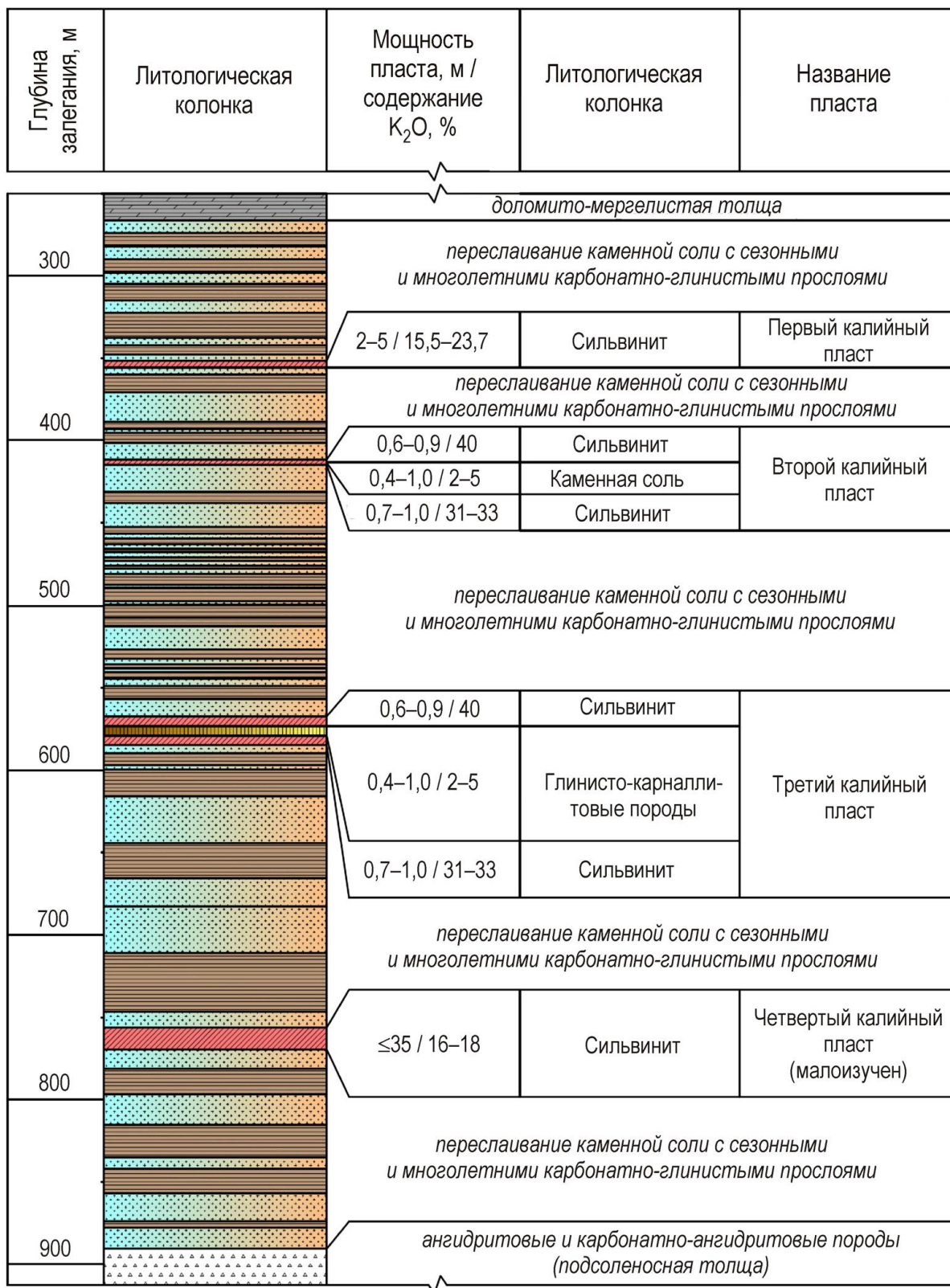


Рисунок 1,15. Разрез соленосной толщи Старобинского месторождения калийных солей

Третий горизонт залегает на глубине 450–1200 м и представлен тремя пластами: верхним сильвинитовым, средним глинисто-карналлитовым и нижним сильвинитовым. Мощность пластов сверху вниз: 13–16 м; 4,5–17,0 м и 7–8 м. Продуктивным является только нижний пласт, состоящий из шести (сверху вниз) сильвинитовых слоев каменной соли мощностью 0,1–1,3 м. Из сильвинитовых слоев промышленное значение имеют только второй, третий и четвертый слои суммарной мощностью 4,0–4,5 м с содержанием хлористого калия 21–24 %, нерастворимого остатка – 2–10 %.

Четвертый горизонт находится на глубине 600–1350 м. Геологическое строение этого горизонта мало изучено. В средней части залегает мощный пласт сильвинита (25–35 м) с содержанием КС1 16–18 %.

Петриковское месторождение расположено на западе центральной зоны Припятского прогиба. Прогнозные запасы калийных солей в нем – 2,2 млрд т. Промышленное значение имеет только один из горизонтов, залегающий на глубине 520–1200 м. Мощность его варьируется от 3 до 25 м. В его разрезе, в свою очередь, промышленное значение имеет нижний пласт с содержанием КС1, достигающим 40–55 %.

Петриковское месторождение, как и Старобинское, относится к пластовым пологозалегавшим месторождениям с углом падения пластов от 0° до 18°, имеет более сложные горно-геологические условия залегания калийных горизонтов. Промышленный горизонт залегает глубже и углы падения более крутые. Структура калийных пластов, мощность сильвинитовых слоев и межслоевых слоев каменной соли существенным образом отличаются от Старобинского месторождения. Предел прочности на одноосное сжатие для сильвинитовых пород Старобинского месторождения составляет 28–32 МПа, в то время как для Петриковского месторождения – 15–18 МПа. Предел прочности пород каменной соли на одноосное сжатие для Старобинского месторождения составляет 24–26 МПа, для Петриковского – 18–22 МПа. В промышленных пластах Старобинского месторождения встречаются глинистые прослойки с содержанием от 3–4 % до 16–18 % нерастворимого осадка (Н.О.). На Петриковском месторождении содержание глинистых прослоев в промышленных слоях не превышает 1,0 %. В то же время, в пластах (слоях) Петриковского месторождения отмечается наличие карналлита с содержанием до 5,0 %, который существенным образом отрицательно влияет на устойчивость контура горных выработок из-за высокой гигроскопичности.

Уровень современного развития технологических схем отработки пластов и применяемого горнодобывающего оборудования позволяет осуществить экономически эффективную выемку калийных пластов и слоев мощностью от 1,0 м традиционным шахтным методом.

Для отработки запасов Петриковского месторождения применяется столбовая система разработки, обеспечивающая наилучшие показатели в области рационального использования недр и наиболее эффективного производства конечного продукта.



## 1.12. Системы разработки на участках и горизонтах Старобинского месторождения калийных руд

При разработке калийных месторождений применяют в основном системы разработки с короткими и длинными очистными забоями. Обе системы предусматривают валовую или селективную выемку пластов с породными прослоями.

**Селективная выемка** применительно к разработке калийных месторождений предусматривает раздельную выемку в забое слоев полезного ископаемого (сильвинита) и породных прослоев (галита) с закладкой последних в выработанное пространство.

**Валовая выемка пласта** ведется без разделения на слои. Системы разработки с короткими очистными забоями подразделяются на камерные и камерно-столбовые в зависимости от конфигурации междукамерных целиков: целики ленточного типа при камерной и столбчатого – при камерно-столбовой системе разработки.

Применительно к разработке калийных месторождений различают следующие основные варианты столбовой системы:

- валовая выемка пласта на полную мощность (без разделения на слои);
- селективная выемка пласта на полную мощность (с разделением на слои и общей подготовкой лав по всем слоям).

На Старобинском месторождении по результатам изучения геологического строения и прочностных свойств пород кровли Второго и Третьего калийных горизонтов (пластов), а также характера обрушения кровли при выемке пластов введены следующие понятия непосредственной и основной кровли:

- **непосредственная кровля** – одна или несколько пачек (слоев) пород мощностью до 10 м, залегающих непосредственно над отработываемым пластом, не способных (как правило) образовывать больших зависаний и обрушающихся при передвижке крепи лав. Шаг ее самопроизвольного обрушения составляет, как правило, 3–5 м;
- **основная кровля** – одна или несколько пачек (слоев) пород, залегающих над непосредственной кровлей на высоте 10–20 м и имеющих в своем составе более прочные, чем в непосредственной кровле, пачки (слои) пород. Шаг ее самопроизвольного обрушения в несколько раз больший шага обрушения непосредственной кровли, преимущественно 10–25 м.

В зависимости от конкретных горно-геологических и горно-технических условий при столбовой системе разработки могут применяться различные технологические схемы с разделением пластов на слои (слоевая выемка) с общей и раздельной подготовкой слоевых лав и без разделения на слои (валовая, селективная и частично селективная выемка одной лавой на всю мощность пластов) с управлением кровлей полным обрушением и частичной закладкой выработанного пространства разрушенной породой, попутно добываемой при селективной (частично селективной) выемке пластов.

Технологические схемы при столбовой системе разработки пластов Первого, Второго и Третьего калийных горизонтов Старобинского месторождения могут быть разделены на классы, приведенные в таблице 1.6.

**Лава** – подземная очистная выработка большой протяженности (от 30–40 до 200–300 м), один бок которой образован массивом полезного ископаемого (забоем лавы), а другой – обрушенными породами выработанного пространства или закладочным материалом. Лава имеет выход на конвейерный (транспортный) и вентиляционный штреки.

В настоящее время калийные пласты столбовой системой (лавами) обрабатываются только на Старобинском месторождении (ранее – в Испании и Франции), все остальные месторождения в мире – камерной системой. В отличие от отечественных, зарубежные калийные месторождения отличаются большей мощностью продуктивных пластов (до 10 м и более) и менее благоприятными условиями водозащиты (в основном из-за меньшей мощности водозащитной толщи), о чем свидетельствует большое количество случаев затопления калийных рудников в мировой практике. Системы разработки на Старобинском калийном месторождении можно разделить на камерные, комбинированные, столбовые.

В камерной системе разработки можно выделить два класса: с оставлением жестких целиков (междуходовых – 3 м – и междукамерных – 5 м) при ширине и высоте очистных ходов 3 м, с оставлением податливых целиков шириной 1,2–2,0 м при ширине очистных ходов 4,1 м и высоте 2,1–2,6 м.

Основными параметрами камерной системы разработки являются ширина и высота очистной камеры, размеры междукамерного и междуходового целика, длина камеры. Все указанные параметры определяются в основном горно-геологическими и горнотехническими условиями, а также типом очистного комбайна и используемыми транспортными средствами для доставки руды от очистного комбайна до места ее разгрузки. В силу широкого диапазона горно-геологических условий ширина камеры (очистного хода) изменяется от 9 до 18 м при длине 150–200 м, а ширина целиков от – 3 до 18 м. Выработанное пространство камер закладывается отходами обогащения, подаваемыми с поверхности гидравлическим способом, а также породой от проходки подготовительных выработок. Применение закладки вызвано недостаточной мощностью водозащитной толщи.

**Комбинированная система** получила свое название вследствие того, что верхний и нижний слои Третьего пласта обрабатывались различными системами. Верхний 4 сильвинитовый слой – столбовой системой, а нижний (слои 2, 2-3, 3) слой – камерной системой под защитой межслоевой пачки соли III–IV и с подготовкой панелей по панельной и панельно-блоковой схемам.

При **столбовой системе** разработки выделено несколько классов технологических схем. В основу классификации положены следующие признаки:

- способ выемки в лаве (валовый, селективный, частично селективный, слоевой);
- количество обрабатываемых лавой сильвинитовых слоев (от одного до трех);
- подготовка лав (общая или раздельная);
- способ управления кровлей в лаве (полное обрушение или частичная акладка).

Таблица 1,6

Классификация основных технологических схем столбовой системы разработки Старобинского месторождения, разрабатываемых рудниками ОАО «Беларуськалий»

Класс системы	Выемка	Калийный горизонт (пластов)	Отрабатываемые сильвинитовые слои <sup>1</sup>	Подготовка лав	Управление кровлей
1	Валовая	Первый	4, 4-5, 5 слоев (без отработки сильвинитового слоя 3)	—	Полное обрушение
		Второй	1-2		
		Третий	2, 2-3 и 3 слоев (без отработки сильвинитового слоя 4) или 3, 3-4 и 4 слоев (без отработки сильвинитового слоя 2)		
2	Селективная	Первый	3, 4, 5	—	С закладкой разрушенного галита в выработанное пространство лав в виде породных полос
		Второй	1, 2		
		Третий	2, 2-3 и 3 слоев (без отработки сильвинитового слоя 4) или 3, 3-4 и 4 слоев (без отработки сильвинитового слоя 2)		
3	Слоевая селективная	Второй	1 и 2 (сближенные на 4,5–6,1 м лавы)	Общая	Полное обрушение
4	Слоевая валовая	Третий	4 за ним 2-3 последовательно или с отставанием не менее 400 м (слоевая выемка пласта Третьего калийного горизонта с валовой отработкой слоев 2, 2-3 и 3 нижней лавой)	Раздельная	Полное обрушение
5	Слоевая селективная	Третий	4 за ним 2, 3 последовательно или с отставанием не менее 400 м (слоевая выемка пласта Третьего калийного горизонта с селективной отработкой слоев 2, 2-3 и 3 нижней лавой)	Раздельная	Полное обрушение и частичная закладка
6	Слоевая совместная	Третий	4+3-2 лавами переменной вынимаемой мощности (лава-ступенька)	—	Полное обрушение
7	Слоевая селективная или частично селективная	Третий	4+3, 2 (сближенные на 6–12 м лавы)	Общая	Частичная закладка

Класс системы	Выемка	Калийный горизонт (пластов)	Отрабатываемые сильвинитовые слои <sup>1</sup>	Подготовка лав	Управление кровлей
8	Селективная или частично селективная	Третий	2, 3, 4 (выемка на полную мощность)	–	Частичная закладка
9	Одного слоя (при недостаточной мощности водозащитной толщи, выклинивании пластов или замещении сильвинита в слоях галитом)	Второй	1 или 2 слой	–	Полное обрушение
		Третий	2 или 3 или 4 слой		
10	Слоевая с подработкой через длительный (не менее 25 лет) промежуток времени после его подработки лавой по слоям 2, 2-3 и 3	Третий	4 слоя после отработки 2-3	Раздельная	Полное обрушение

<sup>1</sup> Значение знаков между вынимаемыми сильвинитовыми слоями:

« - » – валовая с выемкой промежуточного слоя каменной соли;

« , » – селективная выемка со складированием промежуточного слоя каменной соли;

« + » – совместная выемка верхнего и нижних сильвинитовых слоев



### 1.13. Примеры технологических схем систем разработки калийных месторождений

#### *Камерные системы разработки*

Камерной системой была начата разработка Старобинского месторождения калийных руд, которая нашла повсеместное распространение для отработки пластов Первого, Второго и Третьего калийных горизонтов.

В настоящее время применяется в основном для доработки охранных целиков, при работе в краевых и тектонических зонах и в местах, где невозможно применить столбовую систему разработки.

Используются следующие варианты камерной системы:

- с оставлением податливых целиков (междукамерный целик 1,2–2,0 м, предполагает такой характер деформирования очистного хода, при котором обеспечивается его безопасное состояние в течение заданного периода времени);
- с оставлением жестких целиков.

Вариант камерной системы разработки с оставлением податливых целиков шириной не более 1,5 м (рисунок 1.16) предполагает такой характер деформирования очистной выработки, при котором обеспечивается ее безопасное состояние лишь в течение заданного периода. По его истечении податливые целики, набрав критические деформации, разрушаются.

Вариант камерной системы разработки с плавным опусканием кровли на податливых целиках позволяет достичь высокого (до 65–70 %) извлечения запасов из недр, однако отличается сложностью поддержания подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ. Он может применяться на большинстве участков месторождения, где имеется достаточная мощность водозащитной пачки.

Ширина междуходовых целиков, оставляемых по технологическим соображениям для обеспечения эффективной работы комбайна и повышения устойчивости кровли, принимается равной 0,6–1,6 м. Ширина междукамерного целика зависит от ширины камеры, мощности пласта, состава и свойств руды, глубины разработки и положения целиков относительно границ шахтного поля. Поскольку целики при наличии в пластах глинистых прослоек не обеспечивают жесткого поддержания покрывающей толщи и допускают ее значительные (до 2 м) оседания, то для предотвращения разрыва сплошности водозащитной толщи у границ шахтных полей, околоствольных и околоскважинных целиков предусматриваются так называемые «зоны смягчения», способствующие плавному прогибу покрывающей толщи в районе указанных границ. В зонах смягчения у границы с неподработанным массивом ширина междукамерного целика принимается максимальной и по мере отхода от этой границы уменьшается до проектных размеров. Потери руды в таких зонах смягчения достигают наибольшей величины. При работе с податливыми целиками также предусматриваются зоны смягчения, но ширина целиков в зонах «нормальной выемки» уменьшается до 1,5–2 м.

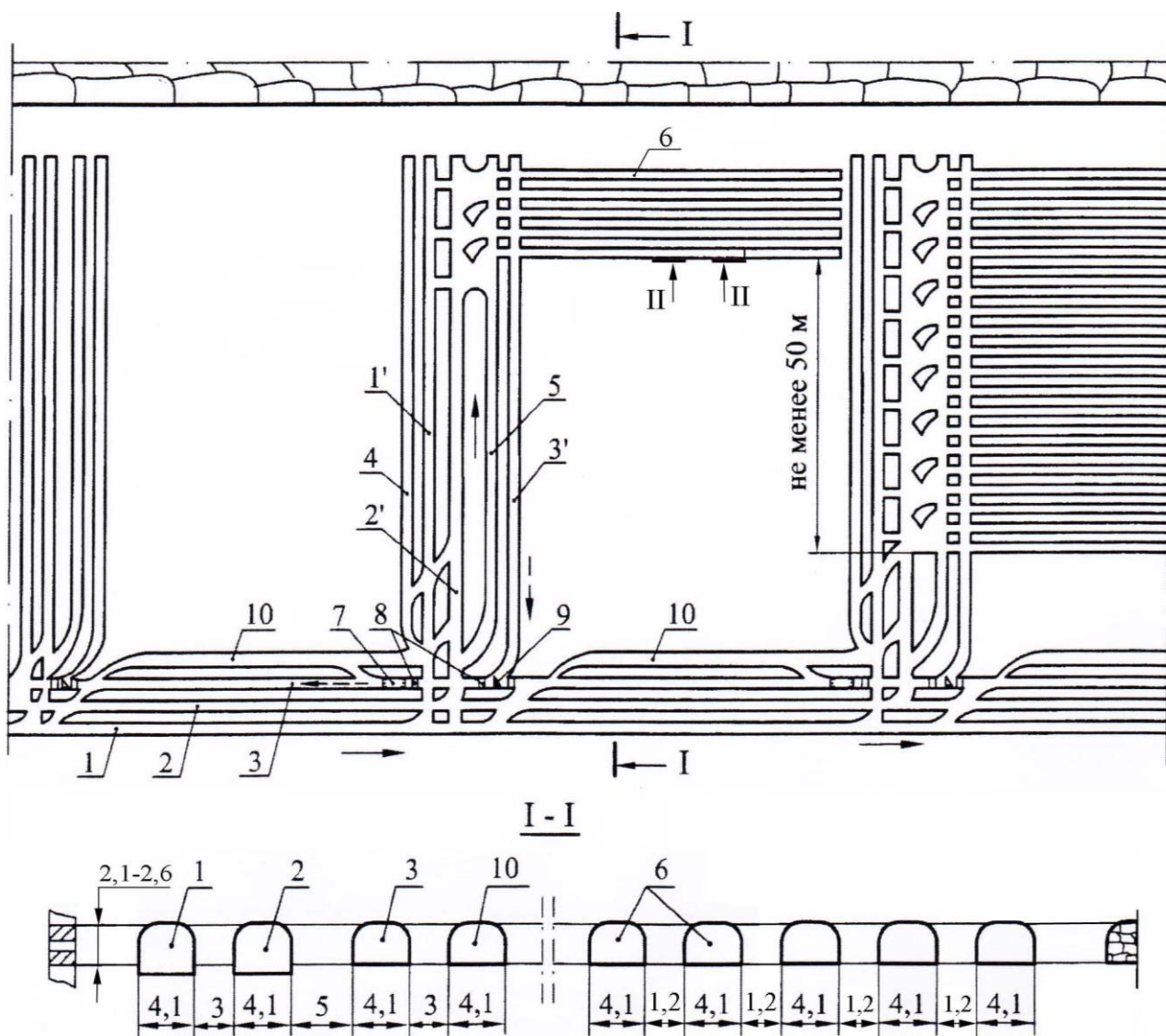


Рисунок 1.16 - Камерная система разработки с податливыми целиками:

1, 2, 3 и 1', 2', 3' – панельные и блоковые конвейерные, транспортные и вентиляционные штреки; 4 – разгружающая выработка; 5 – стартовый штрек; 6 – очистные камеры; 7 – полукроссинги; 8 – вентиляционные переемы; 9 – вентиляционные восстающие; 10 – выработки складирования породы; II – проходческо-очистной комбайн

На рисунке 1.17 представлена схема камерной системы разработки с оставлением столбчатых целиков и применением самоходного оборудования на Карлсбадском месторождении. Карлсбадское месторождение – крупнейшее месторождение калийных солей в США – расположено на юго-востоке штата Нью-Мексико и содержит свиту из 35 пластов. Разрабатываются горизонтально залегающие пласты: сильвинитовый на глубине 244–457 м мощностью 1,5–4,0 м с содержанием  $K_2O$  16–28 % и лангбейнитовый мощностью 1,2–3,5 м с содержанием  $K_2O$  8,4–15,5 %. Промышленные запасы  $K_2O$  – около 100 млн т. Добыча калийных солей ведется подземным способом камерной, камерно-столбовой системами разработки и столбовой системой с длинными очистными забоями и обрушением кровли.

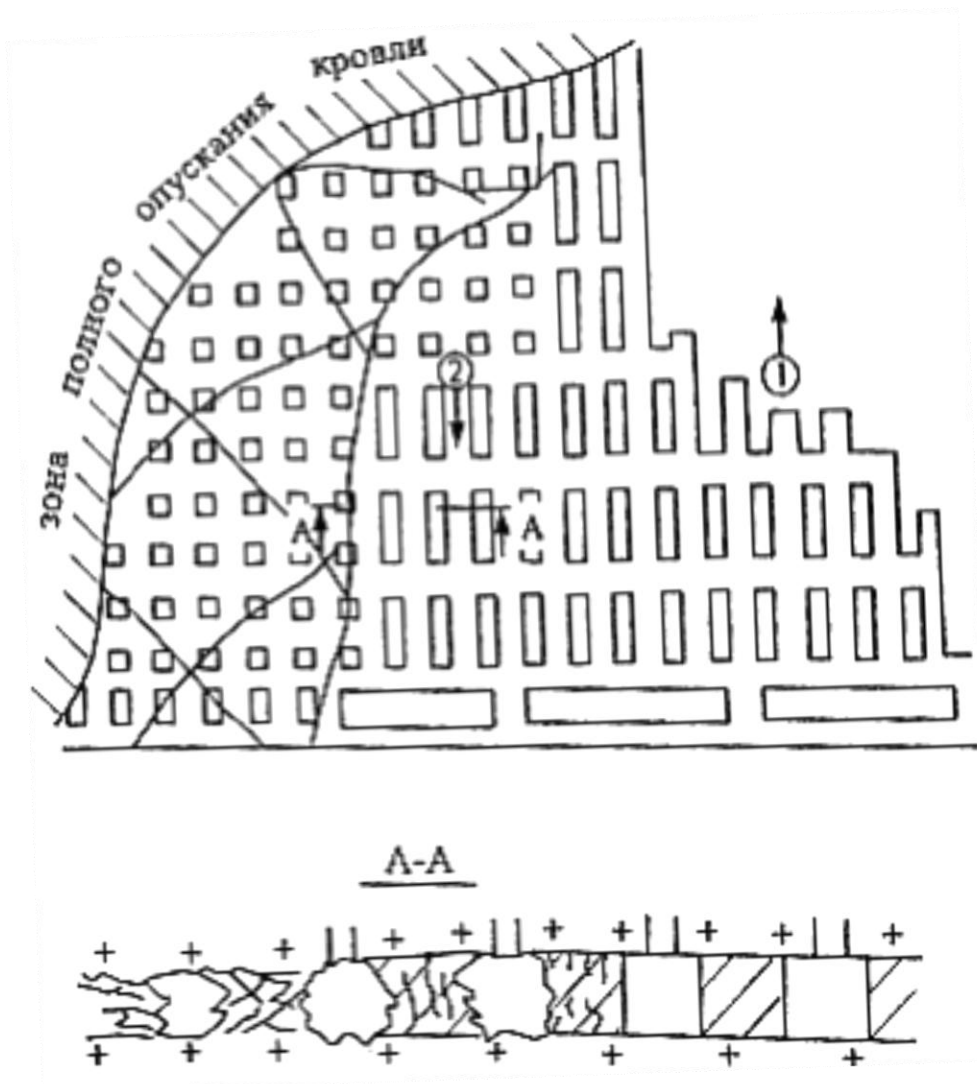


Рисунок 1.17 - Камерная система разработки с оставлением столбчатых целиков и применением самоходного оборудования на Карлсбадском месторождении: 1 – направление очистных работ на первой стадии; 2 – направление очистных работ на второй стадии

Применяются комбайновый и буровзрывной способы отбойки руды. Доставка руды из забоев осуществляется самоходными вагонами и ленточными конвейерами. Благоприятная гидрогеологическая обстановка позволяет осуществлять выемку руды из пластов на уровне 92 %.

При камерных системах отсутствует технологический процесс управления кровлей, а процесс крепления сведен к минимуму. Главные функции по поддержанию кровли при этих системах выполняют конструкции из природного материала – целики, а трудоемкость работ по креплению и управлению кровлей почти в двадцать раз ниже, чем при системах разработки длинными очистными забоями, поэтому производительность труда рабочего при камерных системах значительно выше.



Малый расход крепежных материалов, отсутствие поддерживающих и оградительных крепей в очистных и подготовительных выработках при камерных системах, наряду с высокой производительностью труда, обуславливают и низкую себестоимость добычи.

На рисунке 1.18 представлен вариант разработки сильвинитовых пластов в Канаде, осуществляемый камерной системой разработки с регулярным оставлением технологических целиков шириной от 6 до 18 м и мощных опорных целиков (от 45 до 90 м) на группу очистных камер.

Вследствие сложных горно-геологических условий и горнотехнических факторов, коэффициент извлечения запасов из пластов составляет 20–40 %. Руда из забоя транспортируется одним из трех способов:

- с использованием телескопических раздвижных конвейеров в очистных камерах (рисунок 1.18, а, д);

- с использованием самоходных вагонов в очистных камерах и конвейеров постоянной длины, устанавливаемых в панельных выработках (рисунок 1.18, б– г) (устанавливается линия из конвейеров постоянной длины, на которые подается самоходными вагонами руда от комбайнов);

- с использованием самоходных вагонов.

На рисунке 1.19 показана технология ведения очистных работ на калийных рудниках Франции.

### **Столбовые системы разработки с длинными очистными забоями**

На рудниках Старобинского месторождения система разработки длинными столбами с одно- или двухслоевой выемкой пласта мощностью 2,3–2,5 м с обрушением кровли применяется на Втором калийном горизонте и в меньшей степени на Третьем. При общей панельной схеме подготовки шахтного поля подготовка при данной системе разработки осуществляется путем проведения панельных вентиляционных, транспортных и конвейерного штреков от главных штреков (перпендикулярно к ним) до границы шахтного поля. Панель отрабатывается блоками длиной 400 м или выемочными участками длиной до 1500 м.

Представленные ниже технологические схемы принципиально характеризуют тот или иной вариант системы разработки без детального отражения отдельных узлов и не исключают разработку и применение других схем. При этом каждая технологическая схема в общих чертах дает понятие о способах выполнения и взаимной увязке во времени и пространстве процессов выемки полезного ископаемого и их комплексной механизации, включая транспортирование горной массы и проветривание очистных забоев, а также способах управления кровлей – полным обрушением или частичной закладкой выработанного пространства лав породой при селективной выемке пластов.

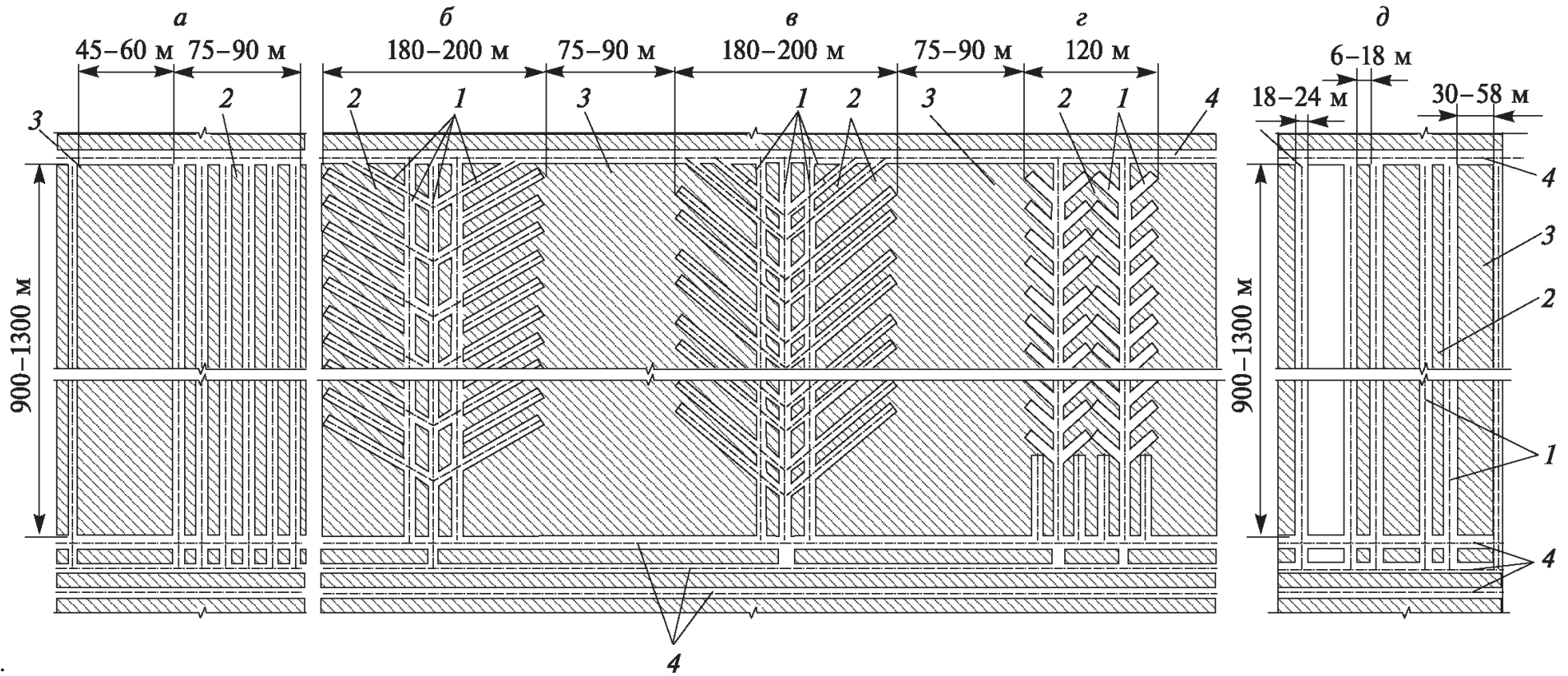


Рисунок 1.18. Схема ведения добычных работ на канадских рудниках:

*a* – схема очистных работ с доставкой руды при помощи телескопических конвейеров; *б-г* – очистная выемка с доставкой отбитой руды при помощи самоходных вагонов и/или конвейеров постоянной длины;

*д* – схема ведения очистных работ для рудников месторождения Эстерхези;

*1* – очистная камера; *2* – междукамерный целик; *3* – опорный целик; *4* – панельные выработки

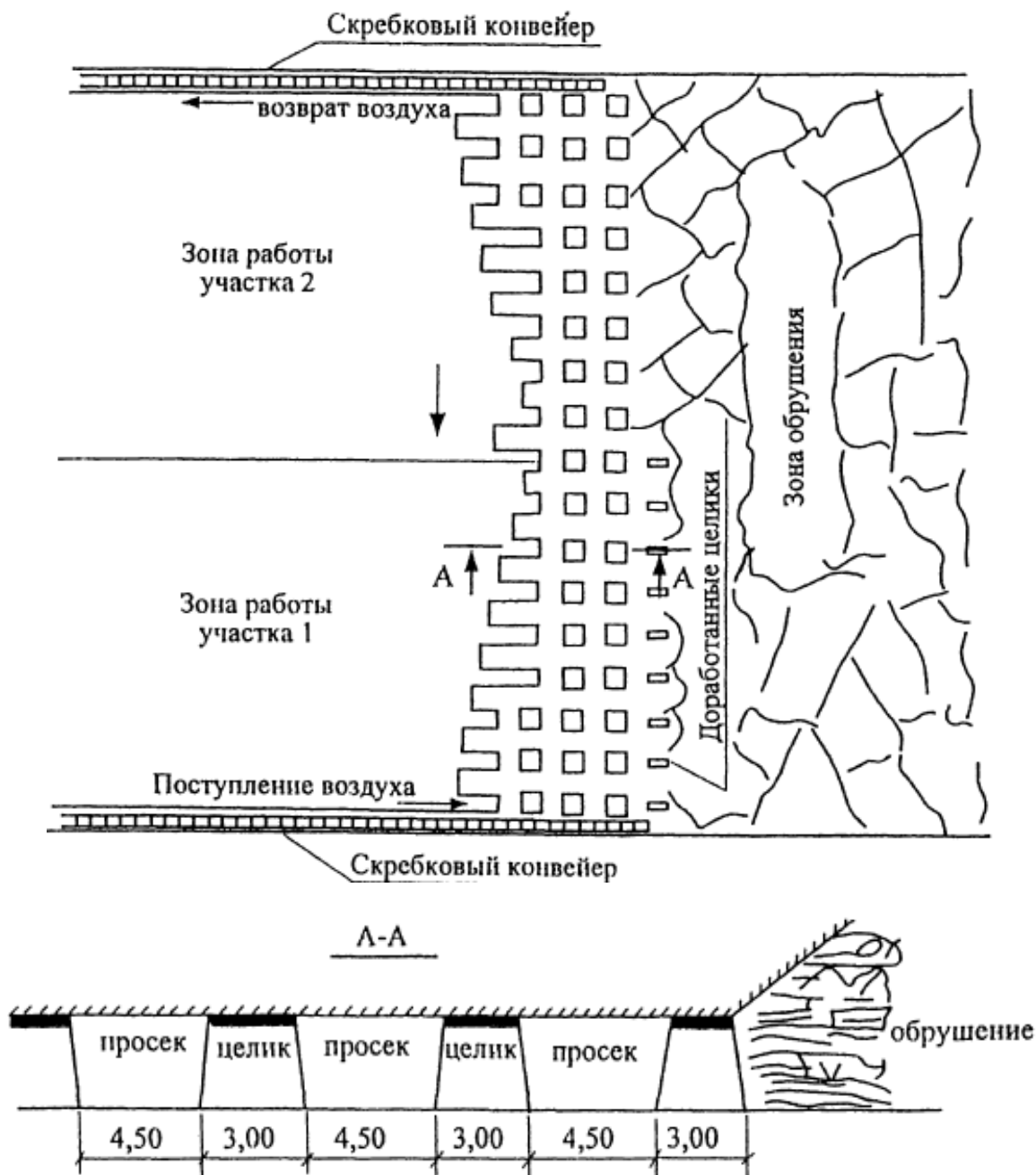


Рисунок 1.19- Технология ведения очистных работ на калийных рудниках Франции

***Валовая выемка пластов Первого, Второго калийных горизонтов и слоев 2, 2-3, 3 пласта Третьего калийного горизонта (без отработки 4 сальвинитового слоя) Старобинского месторождения калийных солей с полным обрушением кровли***

Подготовка панели при валовой выемке пластов с обратным порядком отработки выемочных столбов (рисунок 1.20) ведется в следующей последовательности: проводятся панельный конвейерный штрек 1, конвейерный 2 и вентиляционный 3 штреки лавы. При этом для проведения вентиляционного 3 штрека проводятся вспомогательные выработки б, которые используются в дальнейшем для проходки разгружающего 5 и транспортного 4 штреков лавы.

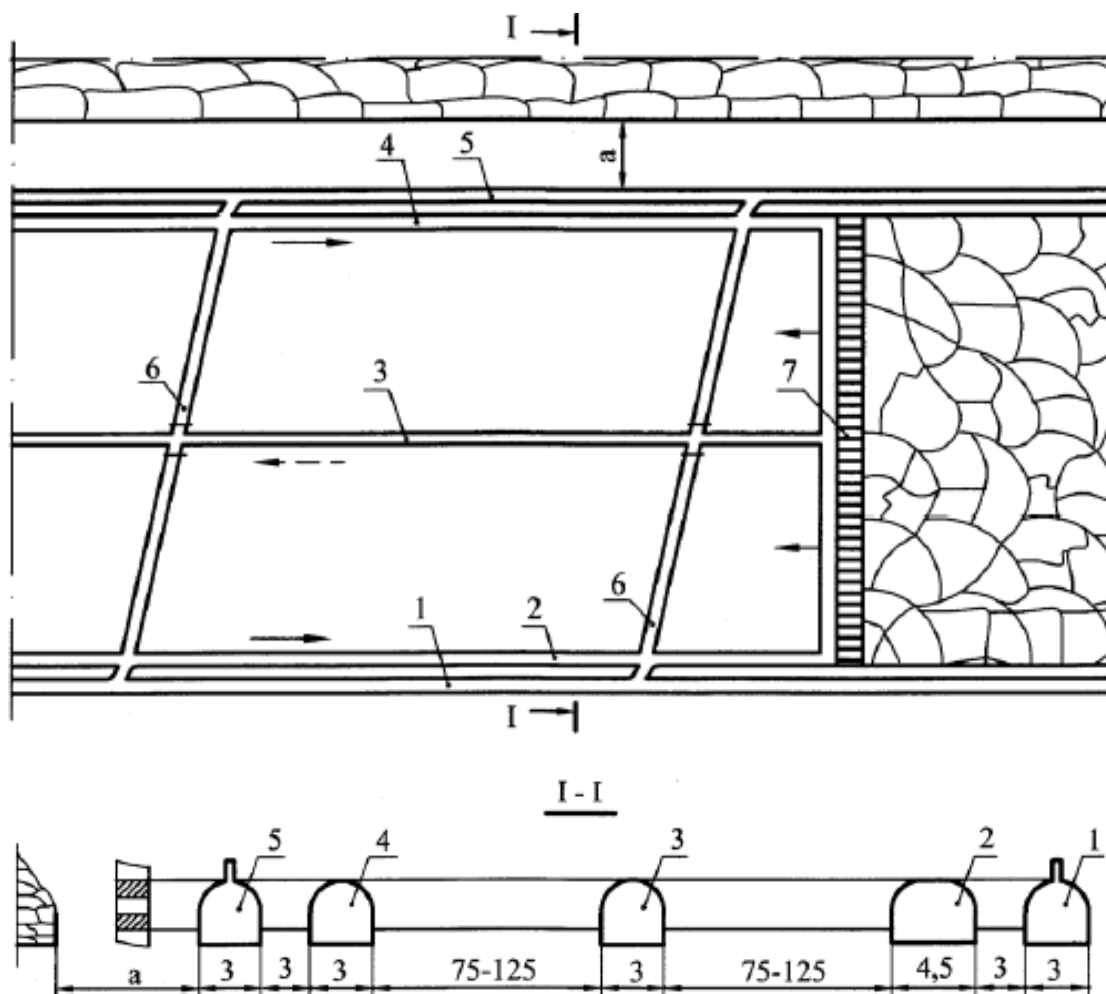


Рисунок 1.20 - Технологическая схема валовой выемки пластов с обратным порядком отработки выемочных столбов:  
 1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3 и 4 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штрек; 5 – разгружающий штрек;  
 6 – вспомогательные выработки; 7 – забойная крепь

Для проветривания подготовительных и очистных забоев свежая струя воздуха поступает по панельному конвейерному 1 штреку, транспортному 4 и конвейерному 2 штрекам лавы, а исходящая струя воздуха уходит по вентиляционному 3 штреку лавы, который в процессе подготовки панели изолируется от свежей струи вентиляционными перемычками. Оработка панели ведется двухкомбайновой лавой, а в случае исключения из подготовки вентиляционного штрека – однокомбайновой лавой.

Подготовка панели при валовой выемке пластов с одновременной обработкой межстолбового целика очистным забоем смежной лавы (рисунок 1.21) ведется трехштрековой 1, 2, 3 группой с проведением вентиляционного 3' штрека смежного столба со стороны массива с оставлением временного целика *a* размером, обеспечивающим сохранение устойчивости вентиляционного штрека при повторном его использовании для смежной лавы. Временный целик частично извлекается очистным комбайном в концевом участке лавы длиной до 25,0 м или

полностью с выходом шнека комбайна на транспортный штрек смежной опережающей лавы с использованием транспортного штрека этой лавы только для проветривания прилегающей к нему части очистного забоя отстающей лавы (без передвижения по нему людей и оборудования очистного комплекса). В данном случае сбойки между конвейерным  $1'$  и транспортным  $2'$  штреками опережающей лавы изолируются перемычками, исключая проникновение горючих газов в рабочую зону отстающей лавы, а ширина целика между конвейерным  $1'$  и транспортным  $2'$  штреками при этом должна быть увеличена с 3 до 8–10 м.

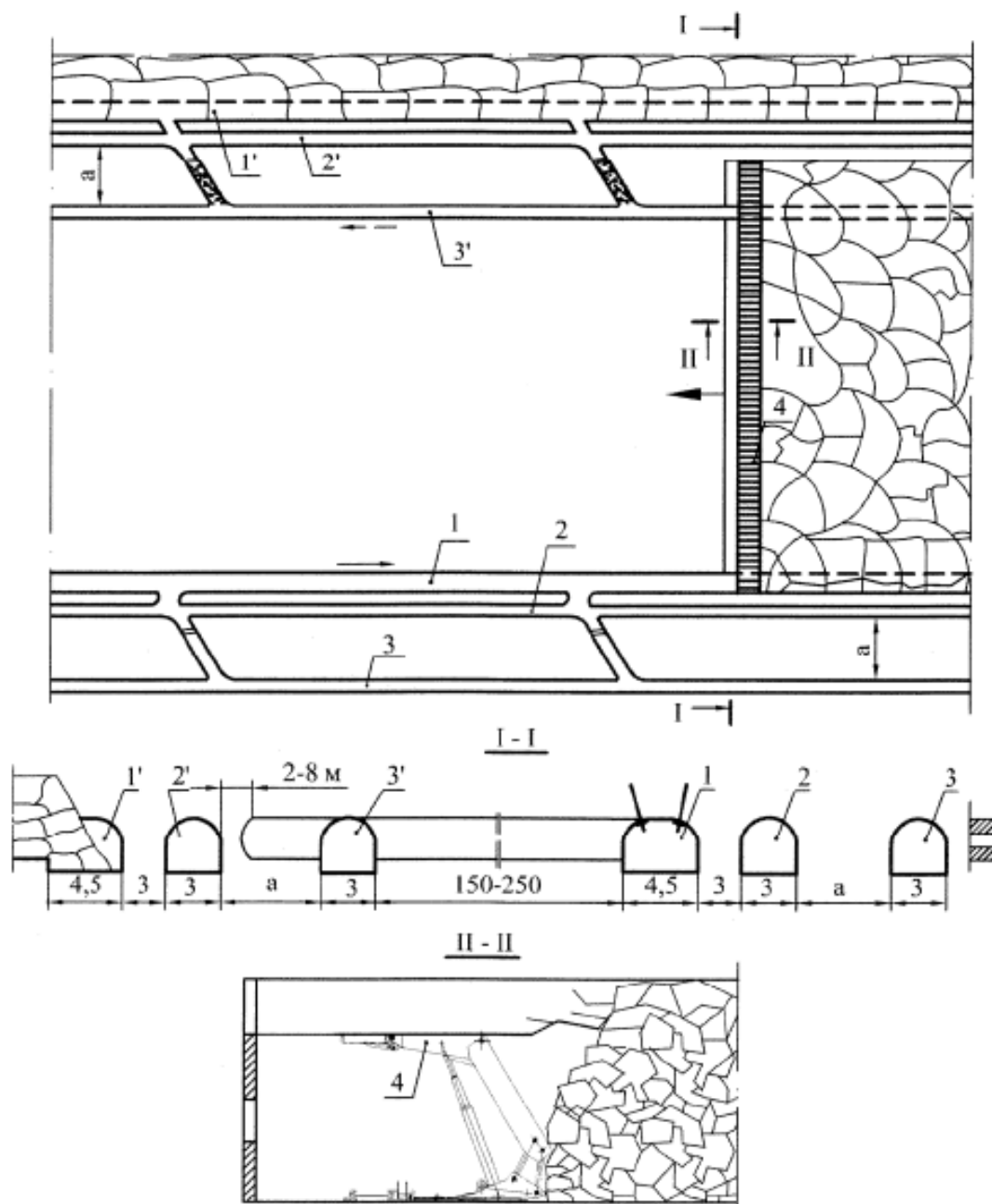


Рисунок 1.21. Технологическая схема валовой выемки пластов с одновременной обработкой межстолбового целика очистным забоем смежной лавы:

$1, 2$  – конвейерный, транспортный штреки лавы;

$3$  – вентиляционный штрек смежного столба;  $4$  – забойная крепь;

$1', 2', 3'$  – конвейерный, транспортный, вентиляционный штреки опережающей лавы

На рисунках 1.22–2.23 приведены технологические схемы с комбинированным порядком отработки выемочных столбов в панелях и разворотом очистного комплекса на границе панели. Комбинированный порядок отработки целесообразно применять на участках с ограниченными размерами шахтного поля, а также когда необходимо сократить срок ввода очистного комплекса в эксплуатацию. С этой целью подготовка панели осуществляется короткими столбами.

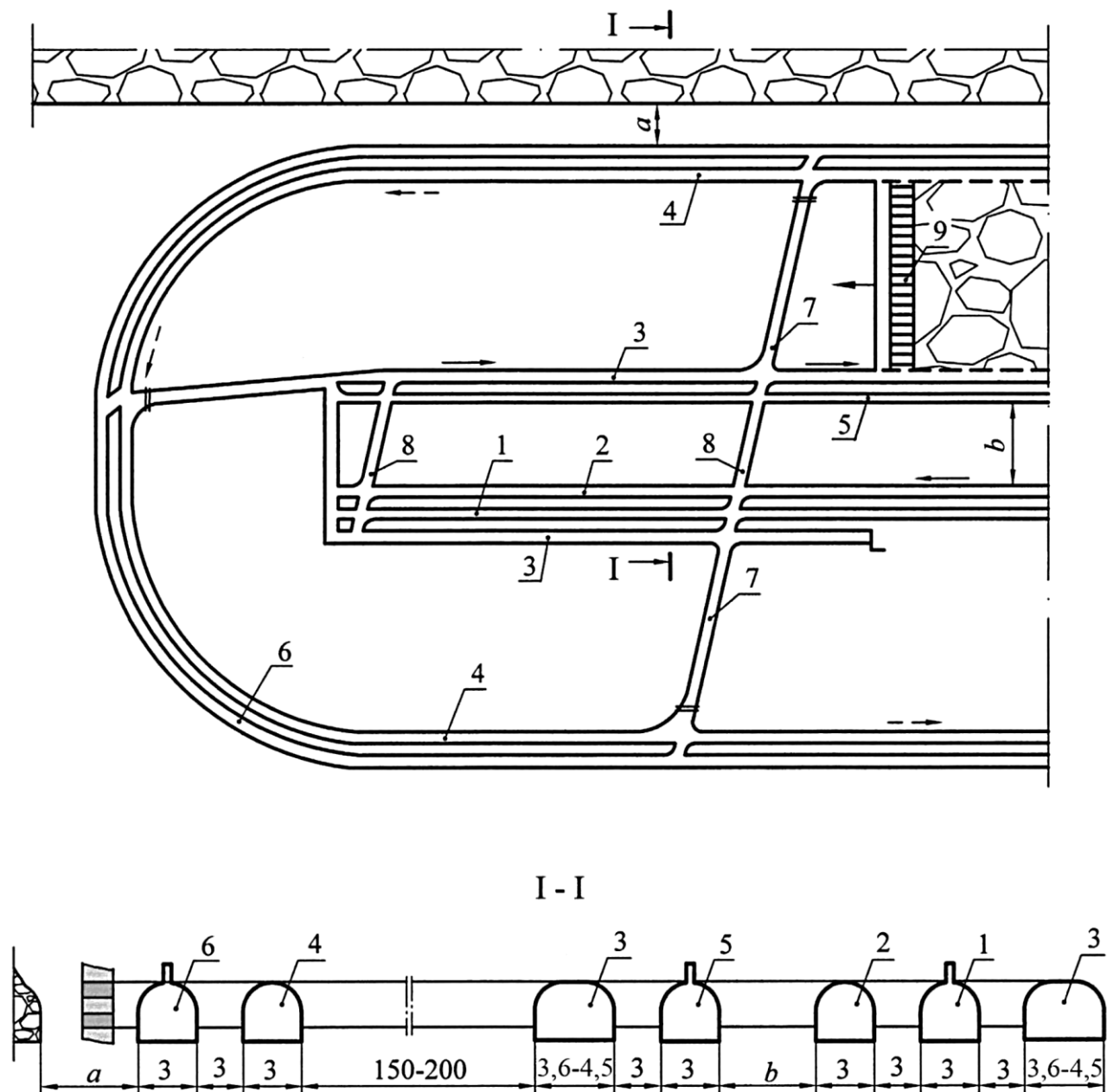


Рисунок 1.22. Технологическая схема валовой выемки пластов с комбинированным порядком отработки выемочных столбов и конвейерного штрека в центре панели:  
 1, 2 – панельные конвейерный и транспортный штреки; 3, 4, 5 – конвейерный, вентиляционный и транспортные штреки лавы; 6 – разгружающая выработка; 7 – вспомогательные выработки; 8 – конвейерные сбойки; 9 – забойная крепь

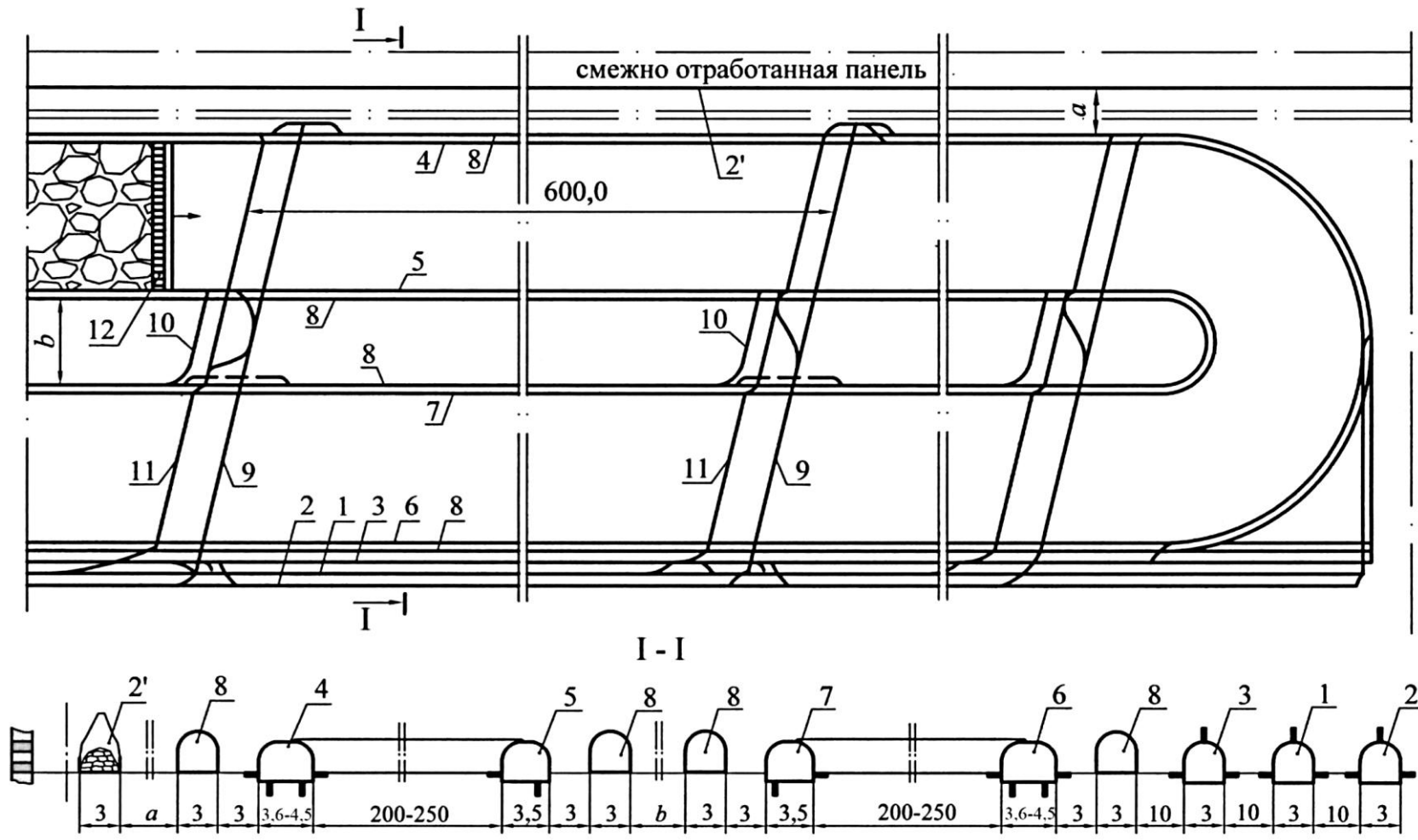


Рисунок 1.23 - Технологическая схема валовой выемки пластов с комбинированным порядком обработки выемочных столбов и расположением конвейерного штрека лавы по внешнему контуру панели:

1, 2, 3 – панельные конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки; 2' – транспортный штрек смежной лавы; 4, 5 – конвейерный и вентиляционный штреки лавы столба прямого порядка обработки; 6, 7 – конвейерный и вентиляционный штреки лавы столба обратного порядка обработки; 8 – разгружающие выработки; 9, 10, 11 – вспомогательные конвейерные, вентиляционные и транспортные выработки; 12 – забойная крепь

Подготовка панели при валовой выемке пластов с комбинированным порядком отработки выемочных столбов и конвейерного штрека в центре панели (см. рисунок 1.22) начинается с проведения панельных конвейерного 1 и транспортного 2 штреков, конвейерного 3, вентиляционного 4 и транспортного 5 штреков лавы столба прямого порядка, а также вентиляционного 4 штрека столба обратного порядка с использованием вспомогательных выработок 7 для организации проветривания при запуске лавы в первом коротком столбе прямого порядка отработки. С учетом применения апробированных способов охраны и крепления подготовительных выработок в данной технологической схеме допускается не проводить разгружающую выработку 6.

Технологическая схема валовой выемки пластов с комбинированным порядком отработки выемочных столбов и расположением конвейерного штрека лавы по внешнему контуру панели (см. рисунок 1.23) применяется как для отработки обособленных панелей с одним разворотом на  $180^\circ$  очистного комплекса, так и при неоднократном его развороте на  $180^\circ$ . Подготовка панели осуществляется путем проведения панельных конвейерного 1 вентиляционного 2 и транспортного 3 штреков, конвейерного 4 и вентиляционного 5 штреков лавы столба прямого порядка, а также вентиляционного 7 штрека столба обратного порядка отработки, разгружающих 8 и вспомогательных конвейерных 9, вентиляционных 10 и транспортных 11 выработок.

При этом монтаж очистного комплекса может начинаться после проведения монтажных выработок при завершении подготовки первого короткого столба прямого порядка отработки. Ширина межпанельных целиков  $a$  в технологических схемах (рисунки 1.22–2.23), а также ширина целика  $b$  для охраны панельных выработок в технологической схеме Рисунок 9 выбирается согласно «Инструкции по охране и креплению горных выработок».

Ширина целика  $b$  в технологической схеме (рисунок 1.23) определяется проектом в зависимости от срока службы вентиляционного штрека 7. Необходимо отметить, что технологические схемы, приведенные на Рисунок 3–4, характеризуются высокими потерями полезного ископаемого в охранных целиках, большим удельным объемом подготовки, сложной схемой проветривания и характерной для схемы на Рисунок 10 большой протяженностью конвейерных линий с соответствующим этому объемом монтажно-демонтажных работ.

На рисунке 1.24 приведена технологическая схема с комбинированным порядком отработки столбов в панели и одновременной выемкой временного целика между столбами прямого и обратного порядка отработки. От приведенных на Рисунок 9–10 технологических схем данная схема отличается меньшим удельным объемом подготовки и более высоким извлечением запасов полезного ископаемого. Подготовка выемочных столбов прямого и обратного порядка отработки осуществляется группой из трех выработок, которая предусматривает проведение со стороны массива вентиляционных 3 и 4 штреков с оставлением временного охрannого целика.



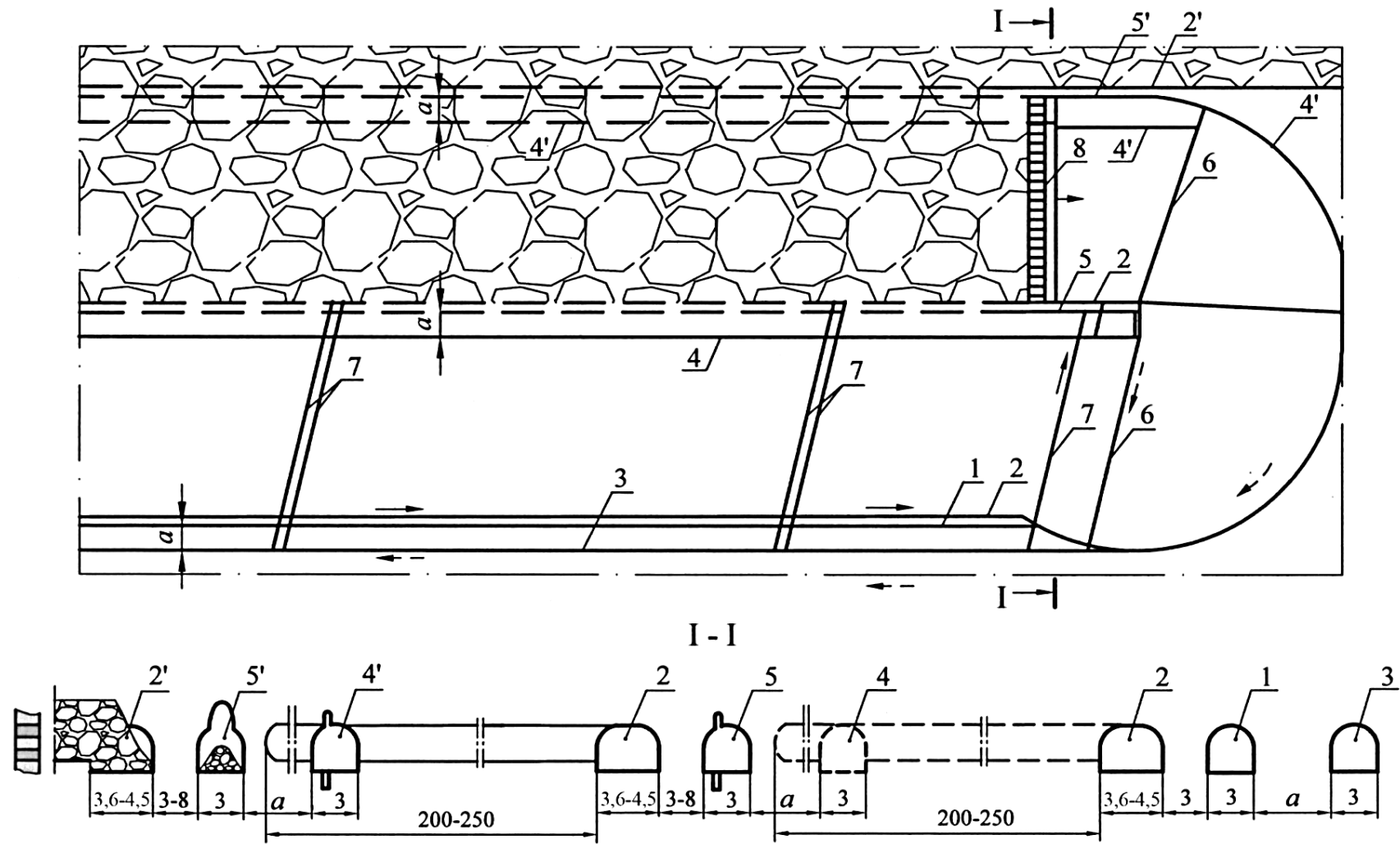


Рисунок 1.24 - в панели и одновременной выемкой межстолбового целика очистным забоем:  
 1, 3 – панельные транспортный и вентиляционный штреки; 2, 4 – конвейерный и вентиляционный штреки лавы;  
 5 – транспортный штрек лавы; 2', 4', 5' – конвейерный, вентиляционный, транспортный штреки смежной лавы;  
 6 – вентиляционная сбойка; 7 – технологические выработки; 8 – забойная крепь

Временный целик может частично извлекаться очистным комбайном в концевом участке лавы как в столбе прямого, так и в столбе обратного порядка отработки с использованием для проветривания вентилятора местного проветривания, установленного в районе последней секции крепи и осуществляющего сброс отработанного воздуха через закрепное пространство на вентиляционный штрек лавы.

В зависимости от длины лавы, панели и срока ввода комплекса в эксплуатацию, подготовка лав может вестись поэтапно или на всю длину панели. В последнем случае подготовительные выработки 1, 2, 3 и 4, 5 выемочных столбов (см. рисунок 1.24) проводятся до границы разворота очистного комплекса и сбиваются между собой одной или двумя парами технологических выработок 7 (транспортная и конвейерная). Проветривание лавы прямого столба на первом этапе осуществляется с использованием одной вентиляционной сбойки 6 между вентиляционными 3 и 4 штреками столбов.

После завершения проходки вентиляционного штрека 4 на участке разворота комплекса проветривание лавы до окончания ее разворота на  $180^\circ$  осуществляется на панельный вентиляционный штрек 3. После разворота комплекса и ремонта штрековых скребковых конвейеров с энергопоездом на конвейерный штрек 2 столба обратного порядка исходящая струя воздуха направляется по вентиляционному штреку 4, а свежая струя идет по транспортному 1 и конвейерному 2 штрекам столба обратного порядка.

Особенностью осуществления разворота очистного комплекса в данной схеме является размещение штрековых конвейеров в конвейерном штреке, делящим участок разворота на два по  $90^\circ$  каждый. При подходе лавы к развороту штрековые конвейеры перемещаются в данный штрек, откуда стационарный конвейер в реверсивном режиме транспортирует руду на перегружатель и далее на конвейерную линию в панельном транспортном штреке. Перед началом разворота штрековые конвейеры по технологической сбойке 6 перемещают на конвейерный штрек 2 лавы столба обратного порядка и приступают к отработке участков с двумя разворотами комплекса на  $90^\circ$ . Приведенные особенности данной технологической схемы с ремонтом конвейеров на конвейерный штрек столба обратного порядка требуют остановки забоя лавы на период ремонта. Эта остановка забоя компенсируется более высокой производительностью лавы за счет сокращения участка разворота комплекса при бесцеликовой схеме отработки панели.

***Селективная выемка пластов Первого и Второго калийных горизонтов и слоев 2, 2-3 и 3 пласта Третьего калийного горизонта (без отработки 4 сальвинитового слоя) Старобинского месторождения калийных солей с закладкой разрушенного галита в выработанное пространство лав в виде породных полос***

Подготовка выемочного столба при бесцеликовой селективной выемке пластов с повторным использованием двух выемочных штреков смежной лавы

(рисунок 1.25) осуществляется группой из трех штреков лавы: панельного транспортного 1, конвейерного 2 и вентиляционного 3. При этом вентиляционный штрек 3 лавы проводится в центральной части столба на расстоянии от границы выработанного пространства опережающей смежной лавы не менее ширины зоны бокового опорного давления с использованием вспомогательных выработок 4. Ширина зоны бокового опорного давления составляет 0,7 ширины зоны временного опорного давления. Транспортный штрек 1 проводится со стороны массива с оставлением временного охранного целика шириной  $a$ , который вынимается очистным комбайном отстающей смежной лавы. Данная технологическая схема предусматривает повторное использование охраняемого временным целиком  $a$  транспортного штрека 1' смежного столба в качестве закладочного и повторное использование конвейерного штрека 2' только для проветривания лавы. Ширина целика  $a$  определяется согласно «Инструкции по охране и креплению горных выработок». На сопряжениях лавы с выемочными штреками используется не менее трех закладочных установок с роторными метателями, что позволяет в зависимости от мощности породных прослоев и пласта увеличить длину лавы до 250 м.

Подготовка выемочного столба бесцеликовой селективной выемки пластов с повторным использованием конвейерного штрека смежной лавы (Рисунок 13) ведется тремя штреками, а также повторно используется конвейерный штрек 1' смежной лавы для проветривания прилегающей части очистного забоя. Вентиляционный штрек 3 лавы, как и в предыдущей технологической схеме, проводится вне зоны влияния бокового опорного давления, что обеспечивает минимальные затраты на его поддержание. Для обеспечения необходимого для вентиляции сечения штрека 1' в технологических схемах Рисунок 12–13 на крайней секции крепи сопряжений навешивается отбойный щит 7, который препятствует полному заполнению штрека закладываемой породой.

Приведенные на рисунке 1.25 технологические схемы характеризуются минимальным удельным объемом подготовительных работ и предусматривают бесцеликовую выемку пластов с повторным использованием выемочных штреков лав. Они могут также использоваться для отработки участков пласта Третьего калийного горизонта на полную мощность с устойчивой непосредственной кровлей (II и III типы), где мощность 4 сильвинитового слоя менее 1,0 м, а также в перспективе 6, 7, 8 сильвинитовых слоев пласта Четвертого калийного горизонта.

Данные схемы ведения очистных работ отличаются друг от друга расположением породных полос в выработанном пространстве лав и их количеством. Количество породных полос и их ширина определяются мощностью породных прослоев, длиной очистного забоя, вынимаемой мощностью пласта и дальностью метания породы закладочными установками при возведении породных полос.

При относительно маломощных породных прослоях целесообразнее применять технологическую схему, представленную на рисунке 1.26, в которой предусматривается возведение одной сплошной или двух сосредоточенных породных полос со стороны неотработанного массива.

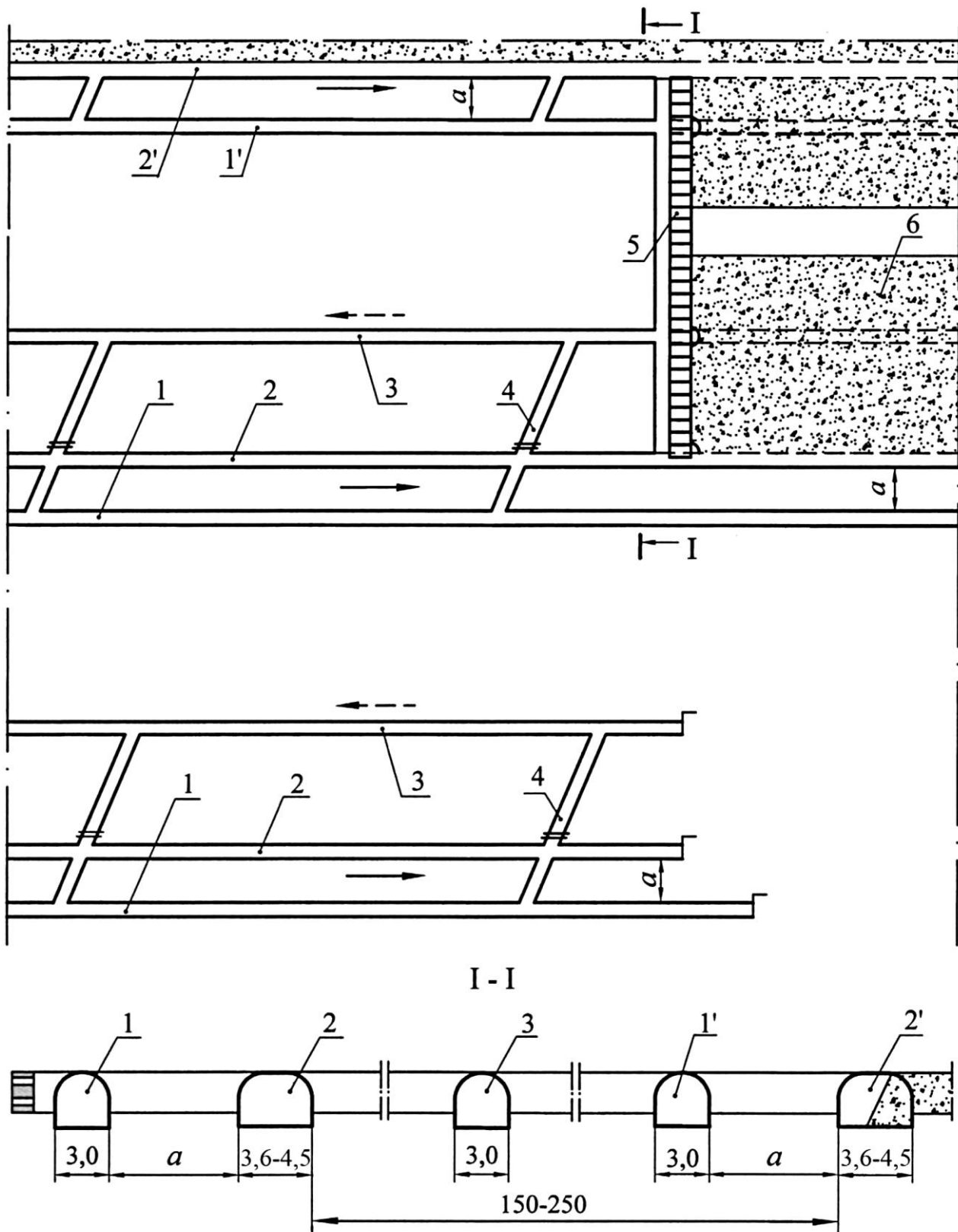


Рисунок 1.25 - Технологическая схема бесцеликовой селективной выемки пластов с повторным использованием двух выемочных штреков смежной лавы:

*1* – панельный транспортный штрек; *1'*, *2*, *3* – транспортный (повторно используемый), конвейерный и вентиляционный штреки лавы; *2'* – конвейерный штрек (повторно используемый для проветривания лавы); *4* – вспомогательные выработки; *5* – забойная крепь; *б* – породные полосы

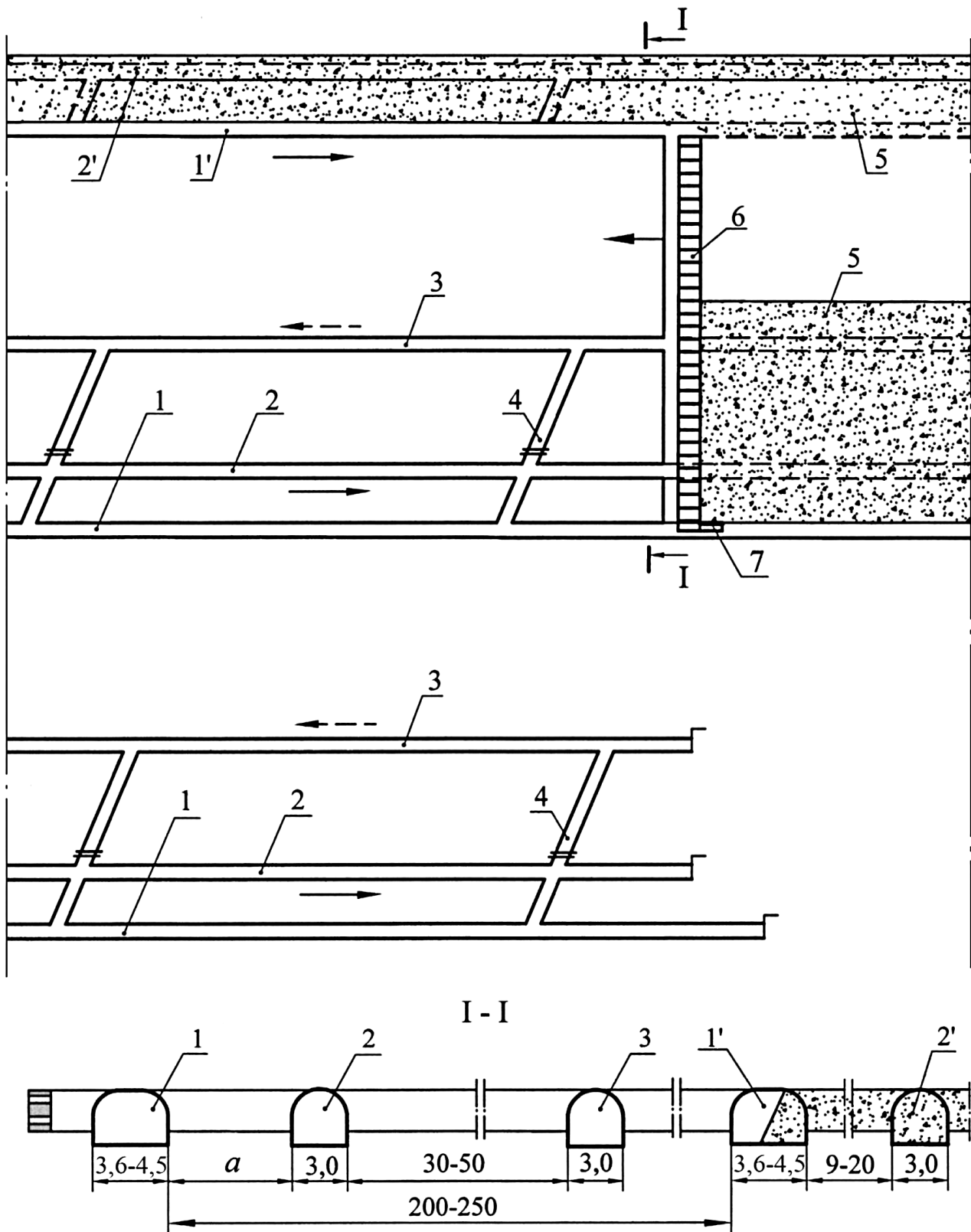


Рисунок 1.26 - Технологическая схема бесцеликовой селективной выемки пластов с повторным использованием конвейерного штрека смежной лавы:

- 1, 2, 3 – конвейерный, закладочный (транспортный) и вентиляционный штреки лавы;  
 1' – транспортный (конвейерный смежной лавы) штрек;  
 4 – вспомогательные выработки; 5 – породная полоса;  
 6 – забойная крепь; 7 – отбойный щит

## ***Слоевая селективная выемка пласта Второго калийного горизонта Старобинского месторождения калийных солей с полным обрушением кровли при общей подготовке слоевых лав***

На рисунке 1.27 представлена технологическая схема и параметры слоевой селективной выемки пласта Второго калийного горизонта с общей подготовкой слоевых лав. Особенностью данной схемы является проходка вентиляционного 3 и транспортного штреков 4 лавы с использованием полевых вспомогательных выработок 6, которые после их выхода из процесса подготовки заполняются породой от проведения каждой последующей полевой выработки или при подготовке соседней панели. Проветривание подготовительных забоев осуществляется с помощью вспомогательных выработок, а проветривание очистных забоев показано на схеме.

При проведении транспортного штрека 4 вприсечку к выработанному пространству, в зависимости от устойчивости непосредственной кровли, ширина его выбирается в пределах 3,5–4,0 м, а наклонные заезды в него из полевых вспомогательных выработок 6 могут располагаться под заполненным породой панельным вентиляционным штреком смежного столба. Охрана транспортного штрека разгружающей выработкой осуществляется в случаях оставления широких межстолбовых целиков. Вспомогательные выработки проводятся с панельного вентиляционного штрека 7 и располагаются под пластом с оставлением потолочины не менее 0,6 м при условии заполнения их породой после исключения поочередно из технологического процесса подготовки панели.

Данная технологическая схема характеризуется минимальным удельным объемом горно-подготовительных работ и относительно высокой производительностью лавы с четырьмя комбайнами.

К отличительным особенностям технологии слоевой выемки пласта Второго калийного горизонта можно отнести неудобства обслуживания очистного комплекса при вынимаемой мощности 0,9–1,0 м, а также необходимость выдерживания прямолинейности очистных забоев и расстояния между ними не более 6,1 м.

Очистная выемка пласта Второго калийного горизонта с общей подготовкой слоевых лав применяется в настоящее время только на шахтном поле рудника 3 рудоуправления. Она может найти применение и на других участках пласта, где мощности силвинитовых слоев не менее 0,9 м, а породного прослоя – не менее 0,6 м.

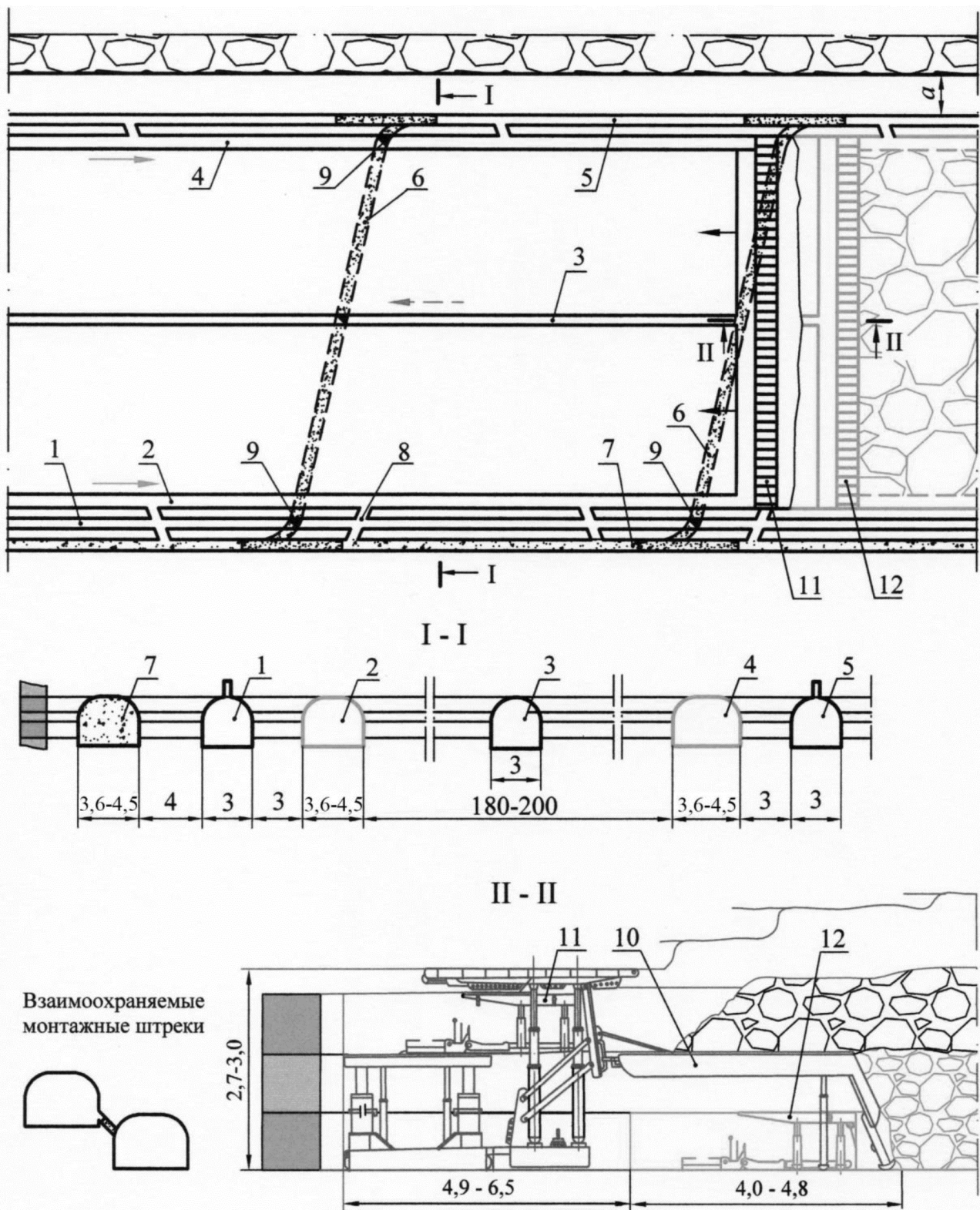


Рисунок 1.27. - Технологическая схема слоевой селективной выемки пласта Второго калийного горизонта с полным обрушением кровли при общей подготовке слоевых лав:

- 1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3 – конвейерный и вентиляционный штреки лавы;
- 4 – транспортный штрек лавы; 5, 6 – разгружающая и полевая вспомогательная выработки;
- 7 – панельный вентиляционный штрек; 8 – конвейерная сбойка; 9 – рудоспуск;
- 10 – траверсная (двухъярусная) крепь сопряжения; 11 – забойная крепь верхней лавы;
- 12 – забойная крепь нижней лавы

**Слоевая выемка пласта Третьего калийного горизонта  
Старобинского месторождения калийных солей с валовой  
отработкой слоев 2, 2-3 и 3 нижней лавой и полным  
обрушением кровли при раздельной подготовке слоевых лав**

На рисунке 1.28 приведена технологическая схема и параметры слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта Старобинского месторождения калийных солей с валовой отработкой слоев 2, 2-3 и 3 нижней лавой и полным обрушением кровли при раздельной подготовке слоевых лав.

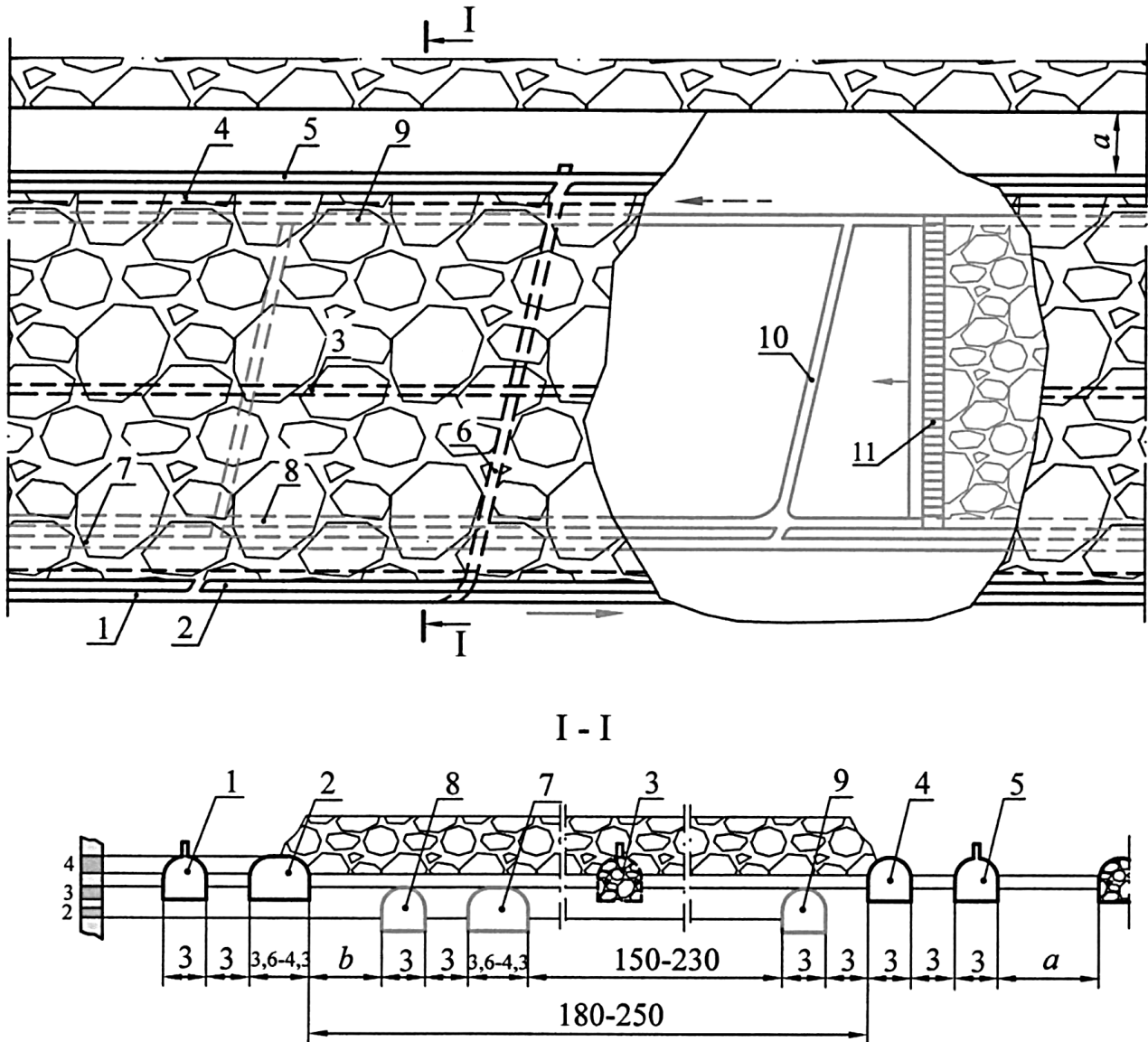


Рисунок 1.28. Технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с последовательной отработкой слоев на участках с неустойчивой непосредственной кровлей:  
 1 – панельный транспортный штрек; 2, 3, 4 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штрек верхней лавы; 5, 6, 10 – разгружающая и вспомогательные выработки для верхней и нижней лав; 7, 8, 9 – конвейерный, транспортный и вентиляционный штреки нижней лавы; 11 – забойная крепь



По данной схеме вначале подготавливается и отрабатывается на всю длину панели верхний 4 сальвинитовый слой, а затем с некоторым отставанием во времени – слои 2, 2-3 и 3 пласта.

Раздельная подготовка слоевых лав осуществляется путем проведения для верхней лавы панельного транспортного 1 штрека и конвейерного 2 штрека лавы, с которых проводятся вспомогательные 6 выработки под углом 60–80° к продольной оси выемочного столба и которые служат для проведения центрального вентиляционного 3 и транспортного 4 штреков с разгружающей выработкой 5. После отработки 4 сальвинитового слоя осуществляется подготовка нижней лавы путем проходки транспортного 8 и конвейерного 7 штреков, а также и вентиляционного 9 штрека с использованием вспомогательных выработок 10.

При невозможности безопасного поддержания подготовительных выработок с оставлением в кровле защитной пачки 4 сальвинитового слоя мощностью 0,10–0,15 м (см. рисунок 1.28) рекомендуется мощность защитной пачки над выработками верхней лавы увеличить до 0,85–0,90 м или проводить их под 4 сальвинитовым слоем (рисунок 1.29).

В данной технологической схеме с последовательной обработкой слоев подготовка выемочного столба для верхней лавы ведется группой из трех сближенных штреков: транспортного 1, конвейерного 2 и вентиляционного 3.

После проходки указанных выработок на всю длину в обратном порядке через технологические сбойки 8 производится оконтуривание выемочного столба проходкой бортового вентиляционного штрека 4, необходимого для проветривания лавы. Оработка сальвинитового слоя 4 верхней лавой осуществляется в обратном порядке с подъемом-опусканием забоя лавы на участках длиной 10 м у вентиляционных штреков 3 и 4.

Подготовка нижней лавы начинается после отработки 4 сальвинитового слоя путем проходки на всю длину панели транспортного 5, конвейерного 6 и вентиляционного 7 штреков с использованием вспомогательных выработок 9.

В настоящее время слоевая выемка ведется по двум вариантам – с последовательной обработкой слоев в панели и с большим (свыше 400 м) опережением очистных работ в слоях. От варианта с малым (80–400 м) опережением очистных работ в слоях пришлось временно отказаться из-за осложнений с поддержанием надработанных верхней лавой широких (4,3 м) выемочных штреков нижней лавы.

На рисунке 1.30 приведена технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с последовательной обработкой слоев на участках с устойчивой непосредственной кровлей и повторным использованием транспортных штреков слоевых лав. По данной технологии подготовка слоевых лав осуществляется трехштрековыми 1, 2, 3 и 4, 5, 6 группами с расположением почвы подготовительных выработок верхней лавы выше кровли нижней лавы.

Минимальный удельный объем горно-подготовительных работ достигается за счет повторного использования транспортных 1' и 4' штреков слоевых смежных лав только для проветривания прилегающих к этим выработкам частей очистных забоев отстающих смежных лав.

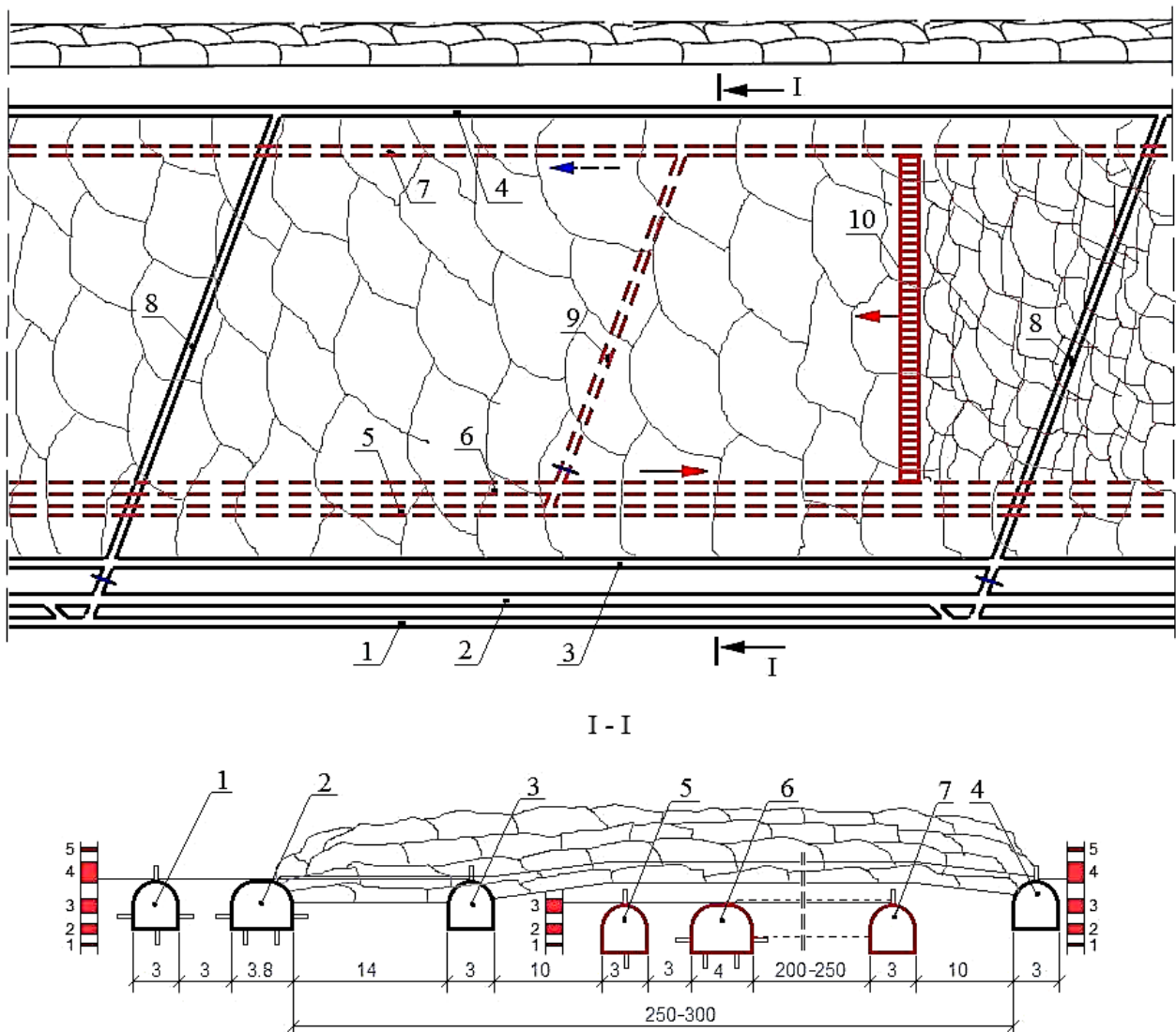


Рисунок 1.29 - Технологическая схема слоевой выемки пласта  
Третьего калийного горизонта с последовательной отработкой слоев  
для сложных условий поддержания выработок верхней лавы:  
1, 2, 3, 4 – транспортный, конвейерный и вентиляционные штреки верхней лавы;  
5, 6, 7 – транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы;  
8, 9 – технологические сбойки; 10 – забой нижней лавы

Применение данной технологической схемы на участке пласта с менее устойчивой кровлей возможно при уменьшении до 3,6–3,8 м ширины конвейерных штреков в смежных верхних лавах при использовании более совершенных телескопических конвейерных линий.

На рисунке 1.31 приведена технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с последовательной отработкой слоев и повторным использованием транспортного штрека верхней лавы, поддерживаемого за забоем лавы с охраной узким (до 10 м) целиком, разгружающей выработкой и компенсационными щелями или целиком и компенсационными щелями.

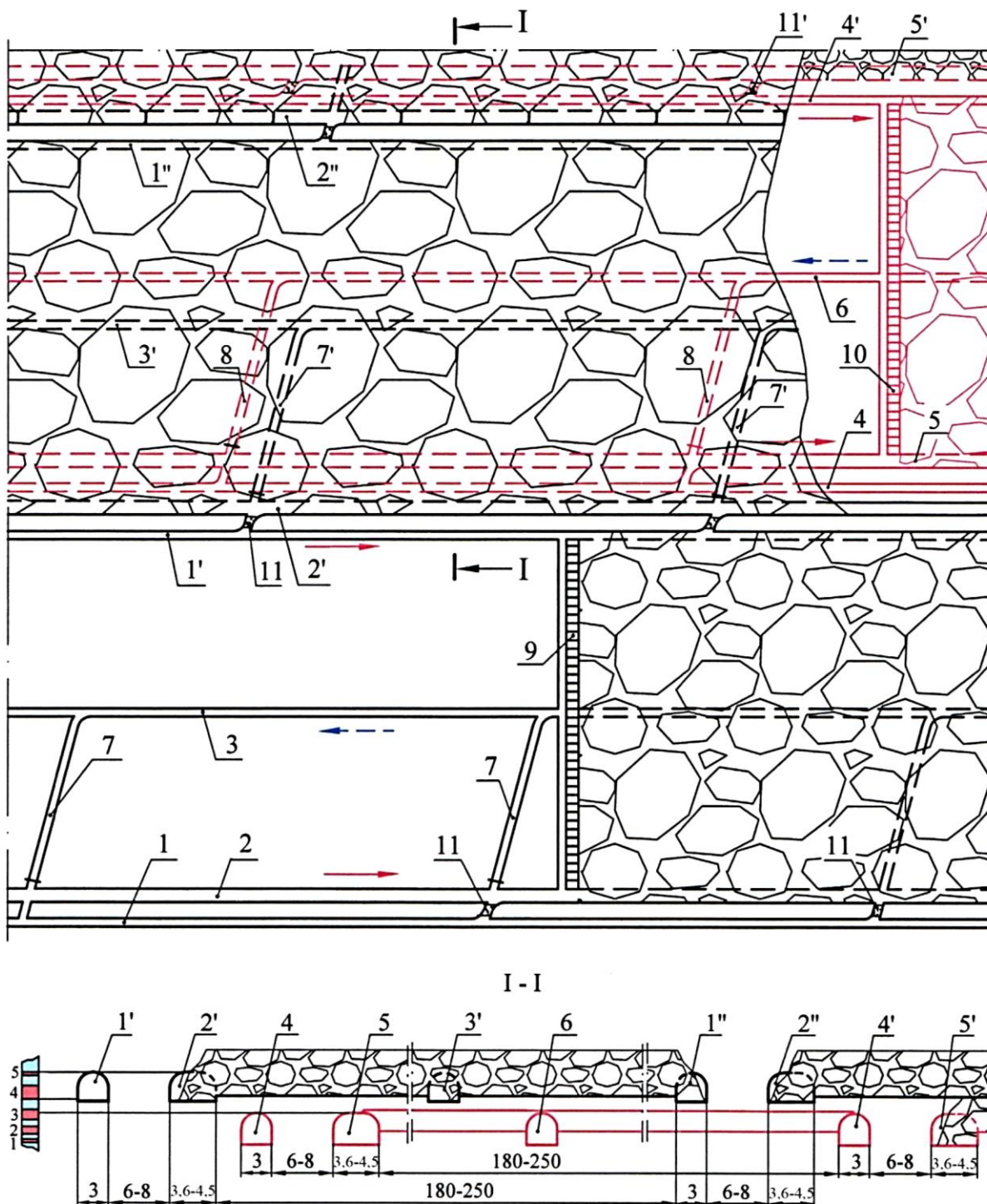


Рисунок 1.30 Технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с последовательной отработкой слоев на участках с устойчивой непосредственной кровлей и повторным использованием транспортных штреков слоевых лав:

1, 4 – панельные транспортные штреки; 1", 2" – транспортный и конвейерный штреки отстающей верхней смежной лавы; 1', 4' – повторно используемые транспортные штреки только для проветривания очистных забоев; 2, 3 – конвейерный и вентиляционный штреки верхней лавы; 2', 3' – конвейерный, вентиляционный штреки слоевых смежных лав; 5, 6 – конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 5' – конвейерный штрек смежной нижней лавы; 7, 8 – слоевые вспомогательные выработки; 7' – вспомогательные выработки смежной верхней лавы; 9, 10 – забойная крепь верхней и нижней лав; 11 – изолирующие перемычки; 11' – изолирующая перемычка смежной лавы

Подготовка каждой верхней лавы осуществляется путем проведения спаренных выемочных штреков: конвейерного 2, транспортного 1 и через целик шириной 10 м разгружающего 5 и транспортного 4 штреков для проектируемой смежной панели. По мере проведения спаренных штреков в центральной части подготавливаемой верхней лавы проходится вентиляционный штрек 3 с использованием вспомогательных выработок 9.

Подготовка нижней лавы для валовой выемки слоев осуществляется тремя штреками: транспортным 6, конвейерным 7 и вентиляционным 8 с использованием вспомогательных выработок 10. Вентиляционный штрек 8 в зависимости от конкретных условий примыкания к выработанному пространству может проводиться или вприсечку к выработанному пространству, или с оставлением широкого охранного целика. В последнем случае широкий целик частично извлекается очистным комбайном в концевом участке лавы (рисунок 1.31).

На рисунок 1.32 приведена технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с большим (свыше 400 м) опережением очистных работ в слоях и расположением панельных выработок в ненадработанном массиве.

Отличительной особенностью данной технологической схемы по сравнению с последовательной отработкой слоев являются возможность повышения производительности панели при одновременной работе лав, а также использование для верхней и нижней лав общих панельных выработок.

Несмотря на большие потери запасов в междупанельных целиках данный вариант нашел наиболее широкое применение на рудниках месторождения. Кроме больших потерь оставление широких междупанельных целиков способствует образованию опасных зависаний пород при труднообрушаемой кровле с последующим их динамическим воздействием на призабойное пространство и крепь нижних лав.

Применение защитных мероприятий (разупрочнение пород кровли, создание зон «смягчения») требует дополнительных затрат и своевременного тщательного их выполнения, что снижает эффективность технологии в целом. Недостатками схемы является также большой удельный объем горно-подготовительных работ.

Проходка транспортных 5, конвейерного 4 и вентиляционного 6 штреков верхней лавы осуществляется с использованием вспомогательных выработок 10 и оставлением целика с для охраны выработок 1, 2, 3 панельного направления. После подготовки верхнего выемочного столба и отхода верхней лавы от монтажного штрека на 400 м и более проводятся выемочные штреки 8, 9 нижней лавы под выработанным пространством верхней лавы с использованием вспомогательных выработок 11, вентиляционных кроссингов 13 и рудоспусков 14. Отставание забоев подготовительных выработок нижней лавы от очистного забоя верхней лавы должно быть не менее 100 м.

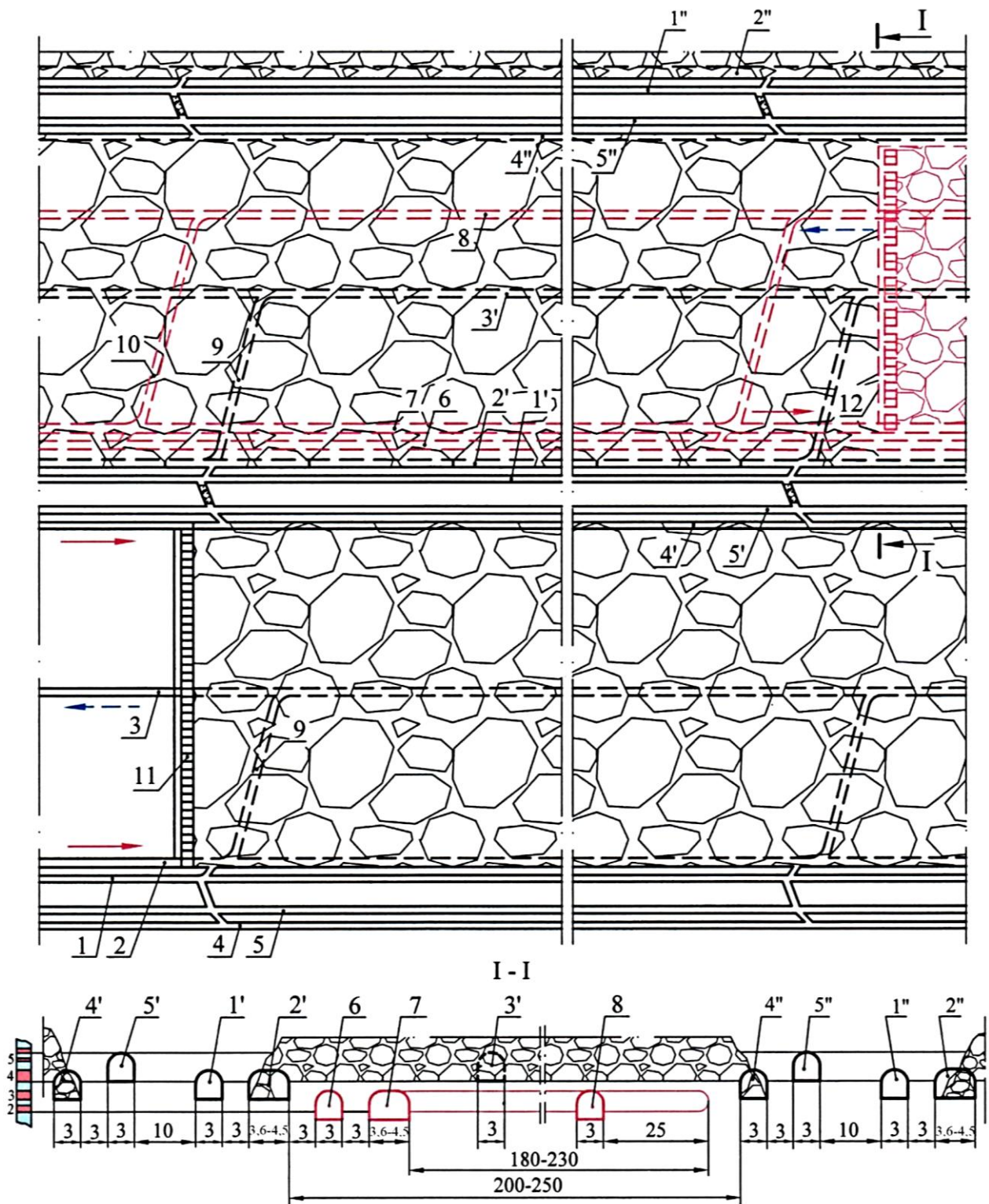


Рисунок 1.31 - Технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с последовательной обработкой слоев и повторным использованием транспортного штрека верхней лавы: 1, 1' – панельные транспортные штреки; 1'', 2'' – транспортный, конвейерный штреки смежной лавы; 2, 2', 3, 4, 4' – конвейерные, вентиляционный и транспортные штреки верхней лавы; 3' – вентиляционный штрек; 4'' – транспортный штрек; 5, 5' – разгружающие штреки; 5'' – разгружающий штрек; 6, 7, 8 – транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 9, 10 – вспомогательные выработки верхней и нижней лав; 11, 12 – забойная крепь верхней и нижней лав

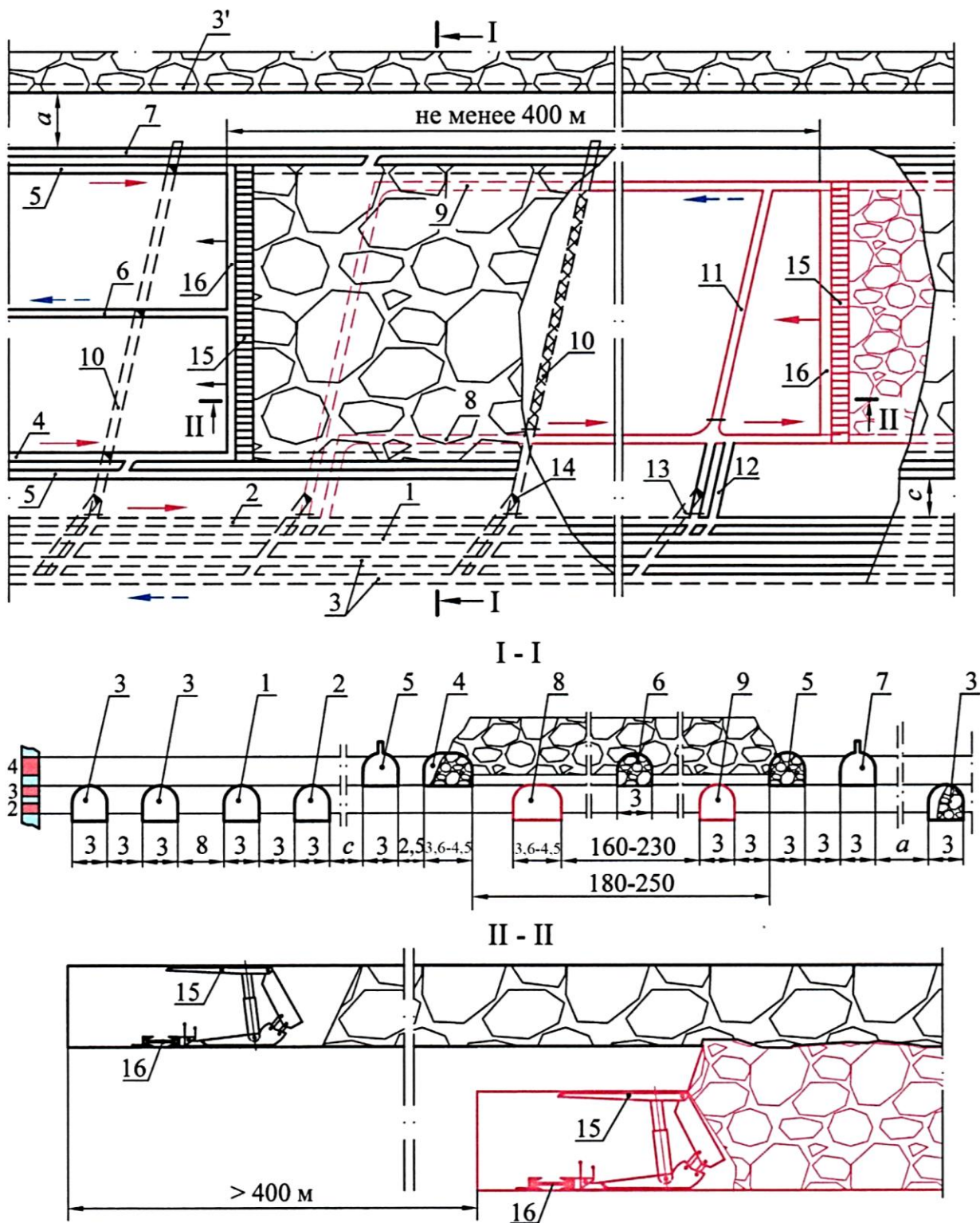


Рисунок 1.32 - Технологическая схема слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта с большим (не менее 400 м) опережением очистных работ в слоях и расположением панельных выработок в ненадработанном массиве:  
 1, 2, 3 – панельные конвейерный, транспортный и вентиляционный штреки;  
 3' – вентиляционный штрек смежной лавы; 4, 5, 6, 7 – конвейерный, транспортные, вентиляционный и разгружающий штреки верхней лавы; 8, 9 – конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 10, 11 – вспомогательные выработки для верхней и нижней лав; 12 – конвейерные сбойки; 13, 14 – вентиляционные кроссинги и рудоспуски; 15, 16 – забойная крепь и конвейер

***Слоевая выемка пласта Третьего калийного горизонта  
с селективной отработкой слоев 2, 2-3 и 3 нижней лавой  
и закладкой разрушенного галита в выработанное пространство  
в виде породных полос при раздельной подготовке слоевых лав***

На рисунок 1.33 приведена технологическая схема слоевой селективной выемки с последовательной отработкой слоев пласта Третьего калийного горизонта. Как и в схеме, приведенной на рисунке 1.30, данная технологическая схема предназначена для участков пласта, где подготовительные выработки верхней лавы представляется возможным проводить выше кровли нижней лавы и где возможно поддержание конвейерного штрека 2 верхней лавы с уменьшенной до 3,2–3,8 м шириной при использовании более совершенных телескопических конвейерных линий в панели.

От приведенной на рисунке 1.30 технологической схемы данная схема отличается расположением транспортного штрека 4 в поле нижней лавы и размещением на его сопряжении с лавой закладочной установки с роторным метателем. При этом длина очистных забоев определяется в основном длиной забойного конвейера как в верхней, так и в нижней лавах при условии размещения модернизированного привода в концевой части лавы с возможностью выхода шнека комбайна на транспортный штрек, в котором на сопряжении с лавой отсутствует механизированная крепь сопряжения. При использовании не более трех закладочных установок с роторными метателями для селективной выемки слоев 2, 2-3 и 3 длина лав по условиям размещения породы в породные полосы не должна превышать 250 м. Причем в процессе возведения породных полос оставляется часть поперечного сечения конвейерного штрека нижней лавы для проветривания прилегающей части очистного забоя отстающей смежной лавы путем установки в конвейерном штреке отбойных щитов 10.

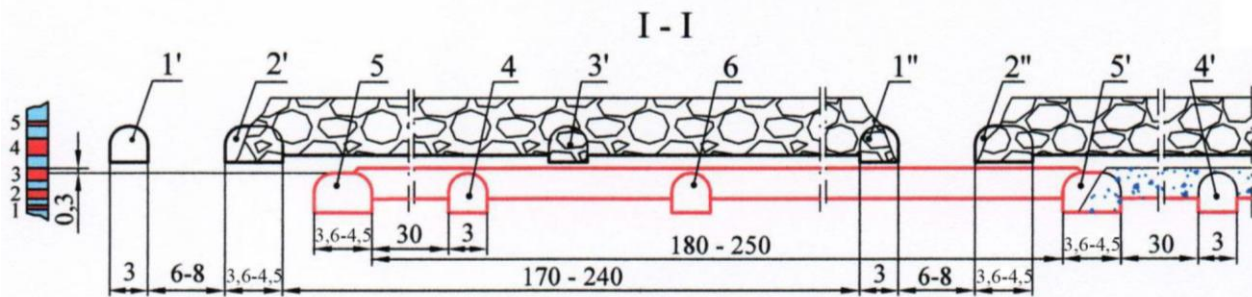
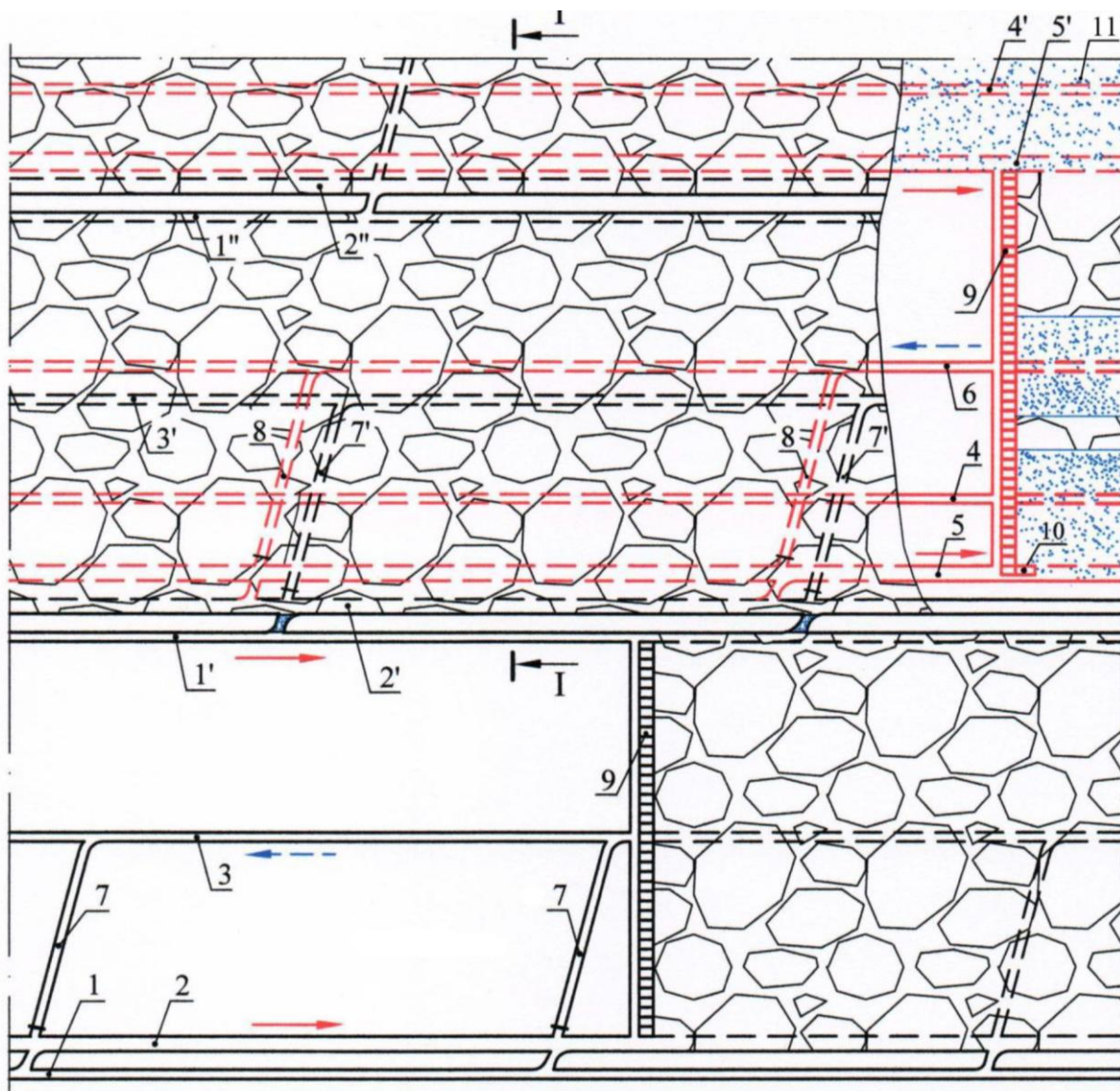


Рисунок 1.33 - Технологическая схема слоевой селективной выемки пласта

Третьего калийного горизонта с последовательной обработкой слоев:

- 1, 4 – панельные транспортные штреки; 1' – повторно используемый транспортный штрек верхней лавы; 1'', 2'' – транспортный и конвейерный штреки верхней смежной лавы; 2, 3 – конвейерный и вентиляционный штреки верхней лавы; 2', 3' – конвейерный, вентиляционный штреки верхней лавы; 4' – транспортный штрек нижней смежной лавы; 5, 6 – конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 5' – повторно используемый конвейерный штрек нижней лавы только для проветривания прилегающей к нему части очистного забоя; 7, 8 – слоевые вспомогательные выработки; 9 – забойная крепь; 10 – отбойный щит; 11 – породные полосы



## Комбинированные системы разработки пласта Третьего калийного горизонта Старобинского месторождения калийных солей

На рисунок 1.34 представлена технологическая схема комбинированной системы разработки пласта Третьего калийного горизонта с блоковой схемой отработки нижних слоев 2, 2-3 и 3. Система разработки применяется в благоприятных горно-геологических условиях: глубина залегания не более 700 м, наличие в кровле устойчивых 5 и 6 сильвинитовых слоев, к которым осуществляется привязка подготовительных выработок лавы. Подготовка панели начинается с проведения панельных (транспортного 1, конвейерного 2, вентиляционных 3) штреков и вентиляционных кроссингов 9. По мере проходки выработок панельного направления проводятся конвейерный 4, вентиляционный 5, транспортный 6 и разгружающие 7 штреки верхней лавы. Отгрузка руды из выработок верхнего слоя осуществляется через рудоспуски 13 на вспомогательные выработки 12 и далее на панельный конвейер. Подготовка нижних слоев для камерной системы начинается при достижении пролета отработки верхней лавой не менее 400 м. Проходятся блоковые (транспортный 1', конвейерный 2', вентиляционный 3', стартовый 10) штреки и выработка 11 для складирования породы, образовавшейся от поддира почвы транспортных выработок. Как и при камерной системе, очистная выемка по нижним слоям пласта может вестись в 2–3 блоках одновременно в зависимости от организации очистных работ.

Проветривание забоев осуществляется следующим образом. Свежая струя воздуха в лаву поступает по конвейерному 4 и транспортному 6 штрекам, а исходящая из лавы выходит по вентиляционному 5 штреку и уходит далее к стволу. Свежая струя воздуха в очистные блоки поступает по панельным и блоковым (транспортным 1', конвейерным 2') штрекам, омывает с помощью вентиляторов местного проветривания забои очистных камер и по блоковому вентиляционному 3' штреку, кроссингам 9 уходит на панельный вентиляционный 3 штрек и далее к стволу.

На участках с неустойчивой кровлей, а также в условиях больших глубин подготовительные выработки лавы по 4 сильвинитовому слою проводятся с оставлением в кровле пачки 4 сильвинитового слоя. В связи с этим подготовку панели рекомендуется осуществлять для ее отработки по панельно-блоковой схеме, которая представлена на рисунке 1.35. В данном варианте комбинированной системы разработки кроме основных панельных выработок 1, 2, 3 предусматривается проведение под выработанным пространством лавы дублирующих панельных штреков 11, 12, 13 и стартового штрека 10. Панельные штреки 11, 12, 13 выполняют одновременно функции блоковых штреков и используются для оформления камер разворота комбайна, с которых ведется отработка нижних слоев в надработанном лавой массиве камерной системой по панельной схеме с расположением очистных ходов перпендикулярно или под углом к продольной оси панели.

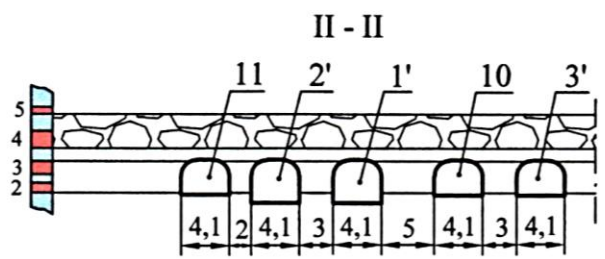
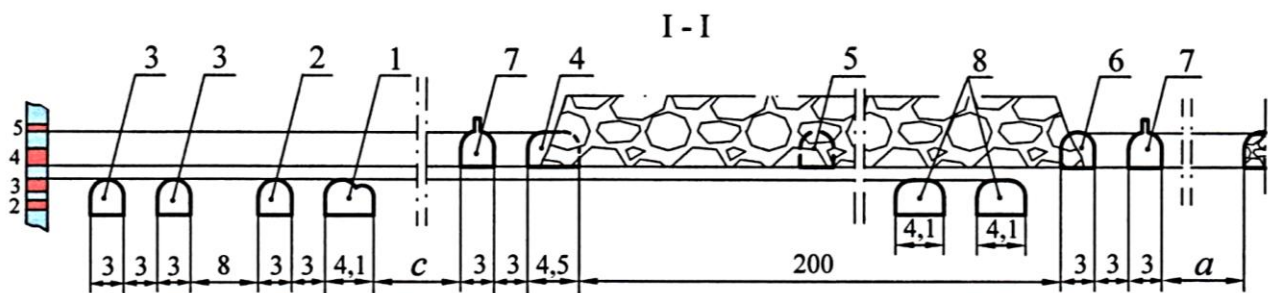
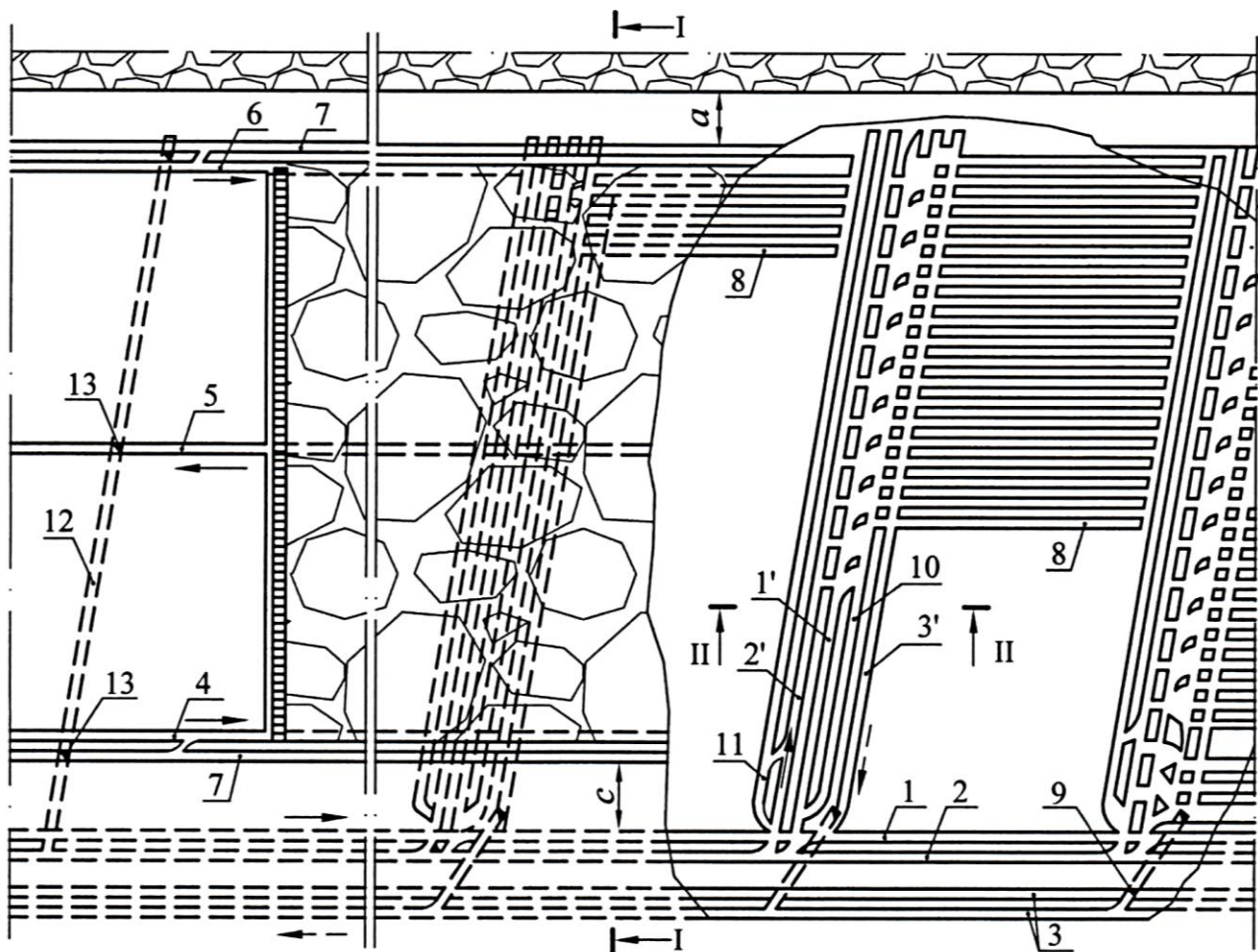


Рисунок 1.34 - Комбинированная система разработки с блоковой схемой подготовки и отработки нижних слоев пласта: 1, 2, 3, 1', 2', 3' – панельные и блоковые транспортные, конвейерные и вентиляционные штреки; 4, 5, 6, 7 – конвейерный, вентиляционный, транспортный и разгружающие штреки лавы 4 силвинитового слоя; 8 – очистные камеры; 9 – вентиляционные кроссинги; 10 – стартовый штрек; 11 – выработка складирования породы; 12 – вспомогательная выработка; 13 – рудоспуск

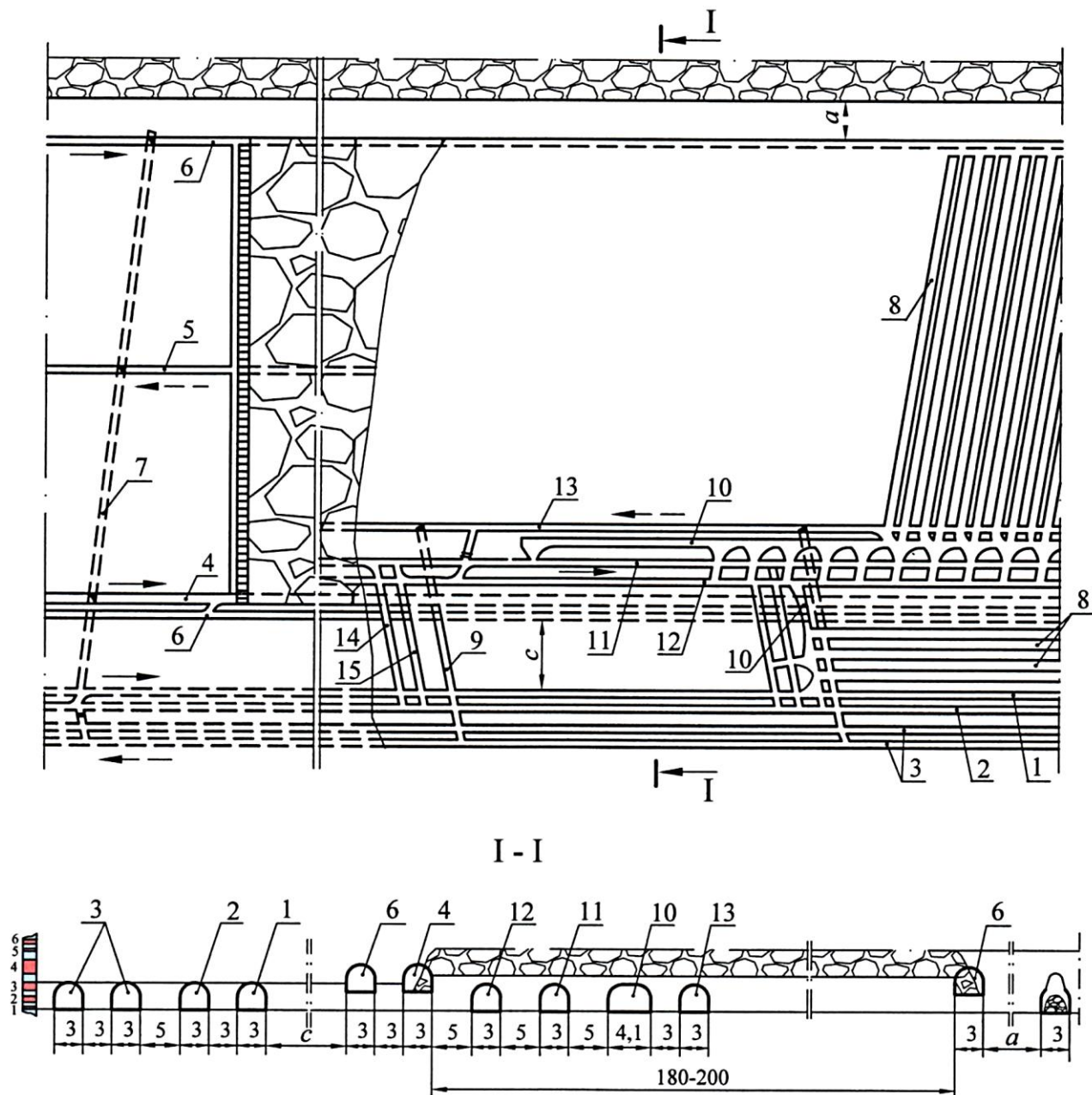


Рисунок 1.35 - Комбинированная система разработки с панельно-блоковой схемой подготовки и отработки нижних слоев пласта: 1, 2, 3 – панельные транспортный, конвейерный и вентиляционные штреки; 4, 5, 6 – конвейерный, вентиляционный и транспортные штреки лавы; 7 – вспомогательные выработки; 8 – очистные камеры; 9 – вентиляционные кроссинги; 10 – стартовые штреки; 11, 12, 13 – блоковые транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки; 14, 15 – конвейерные и транспортные сбойки

Отработка нижних слоев во внутрипанельном целике ведется по блоковой схеме с использованием в качестве блоковых штреков технологических сбоек 14, 15 и вентиляционных кроссингов 9 с проходкой между ними стартовых штреков 10. При этом после проходки каждого очередного стартового штрека отгрузка руды из очистных работ панельной схемы переводится на следующую конвейерную сбойку. Это позволяет вести независимую очистную выемку нижних слоев под выработанным пространством и во внутрипанельном целике с опережающей

отработкой основных запасов в надработанной части панели. Проветривание забоя лавы осуществляется так же, как и в приведенной на рисунке 2.34 схеме: в камеры под выработанным пространством свежая струя воздуха подается по панельным штрекам 1, 2 и транспортным сбойкам 14, 15 на дублирующие панельные транспортный 11 и конвейерный 12 штреки, омывает с помощью вентиляторов местного проветривания забои очистных камер и по дублирующему панельному вентиляционному штреку 13, кроссингу 9 уходит на панельный вентиляционный штрек 3. В блоки внутрипанельного целика свежая струя воздуха поступает по панельным транспортному 1 и конвейерному 2 штрекам, транспортным сбойкам 14, 15, омывает с помощью вентиляторов местного проветривания забои очистных камер и уходит по кроссингу 9 на панельный вентиляционный штрек 3 и далее к стволу.

Приведенные на рисунках 1.34-1.35 технологические схемы характеризуются большим объемом горно-подготовительных работ по нижним слоям и недостаточным извлечением запасов полезного ископаемого из-за необходимости оставления широких внутри- и междупанельных целиков.

Указанные недостатки устраняются в технологической схеме комбинированной системы разработки, представленной на рисунке 1.36 Подготовка панели по данной схеме начинается с проведения в нижних слоях панельных (транспортного 1, конвейерного 2 и вентиляционного 3) штреков, которые располагаются в пределах выемочного столба лавы. По мере проведения панельных выработок проходятся выемочные (транспортный 4, конвейерный 5 и вентиляционный 6) штреки лавы по 4 сильвинитовому слою с использованием вспомогательных выработок 8 и рудоспусков 11 с оставлением между транспортным и конвейерным штреками целика шириной до 10 м. Транспортный штрек 4 (4') предусматривается использовать повторно в смежной лаве только для подачи в нее свежего воздуха без доставки оборудования и передвижения людей.

Очистная выемка нижних слоев камерной системой ведется по панельной схеме двумя комбайнами, один из которых проводит участками стартовый штрек 7 между панельными транспортным 1 и вентиляционным 3 штреками

и разделяет камеры разворота, а другой комбайн ведет очистную выемку с расположением очистных ходов перпендикулярно или под углом к продольной оси панели. Панельные штреки 11, 12, 13 выполняют одновременно функции блоковых штреков и используются для оформления камер разворота комбайна, с которых ведется отработка нижних слоев в надработанном лавой массиве камерной системой по панельной схеме с расположением очистных ходов перпендикулярно или под углом к продольной оси панели. Стартовый штрек проводится с отставанием от забоя лавы не менее 80 м и после окончания проведения каждого из его участков сбивается с транспортным штреком. Затем комбайн отгоняется и продолжает опережающую разделку камер разворота с оформлением сбоек с панельным конвейерным штреком 2.

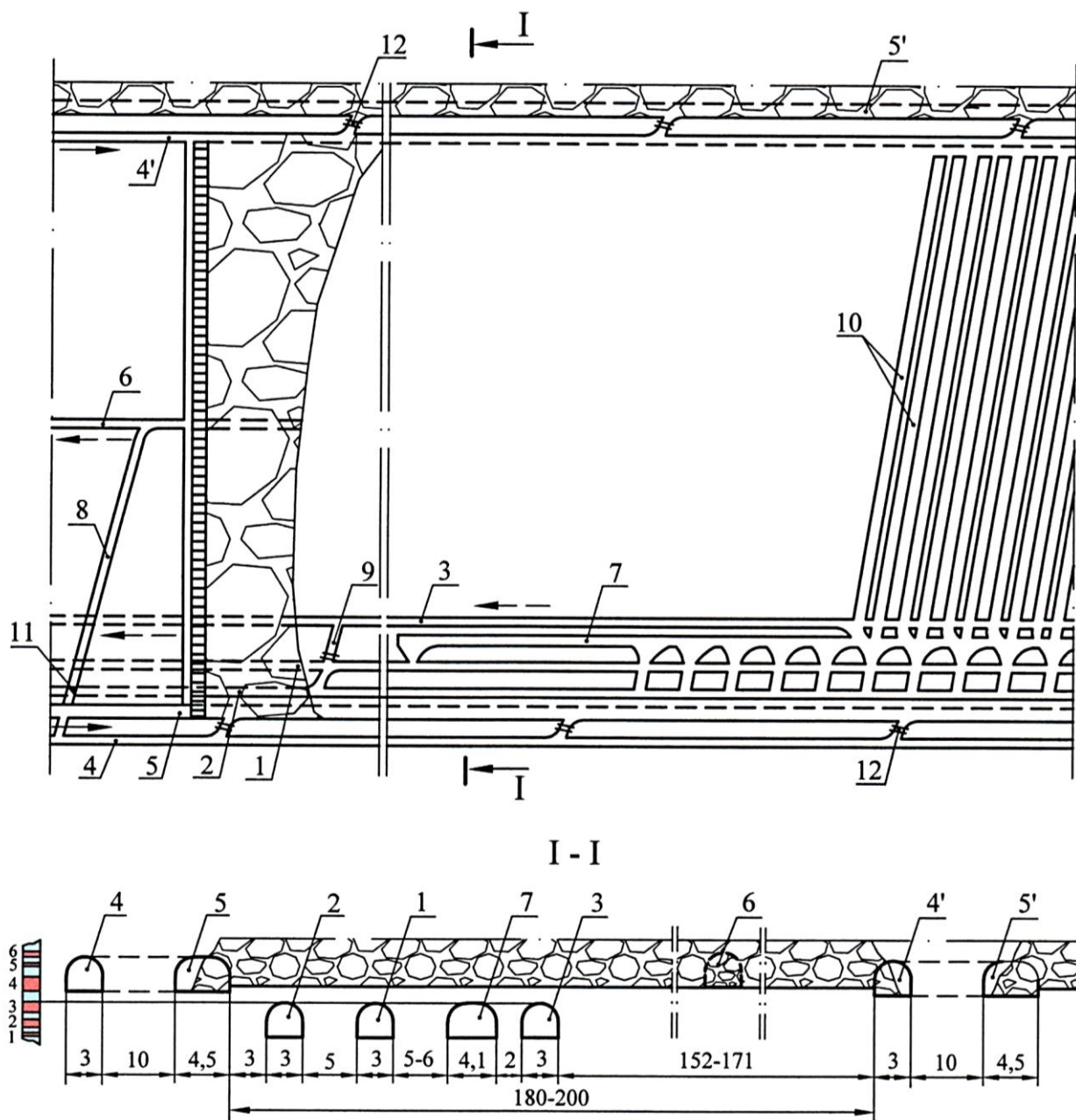


Рисунок 1.36 - Комбинированная система разработки с панельной схемой подготовки и обработки нижних слоев пласта: 1, 2, 3 – панельные транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки, надрабатываемые лавой; 4, 4', 5, 5', 6 – транспортные, конвейерные и вентиляционные штреки лавы; 7 – стартовый штрек, 8, 9 – вспомогательные выработки; 10 – очистные камеры; 11 – рудоспуск; 12 – изолирующие вентиляционные перемычки

Проветривание забоев осуществляется следующим образом. Свежая струя воздуха в лаву поступает по транспортным 4 и 4' и конвейерному 5 штрекам, а исходящая из очистного забоя идет по вентиляционному штреку 6 лавы. Свежая струя воздуха в очистные камеры поступает по панельным транспортному, конвейерному и стартовому штрекам, омывает с помощью вентилятора местного проветривания забои очистных камер и по панельному вентиляционному штреку уходит на главный вентиляционный штрек.

План горных работ Третьего горизонта Первого рудника с цветовым выделением блоков камерной системы разработки, обработанных более 40 лет назад

(зеленый цвет – без отработки 4-го сальвинитового слоя, желтый цвет – с отработкой 4-го сальвинитового слоя) представлен на рисунке 1.37.

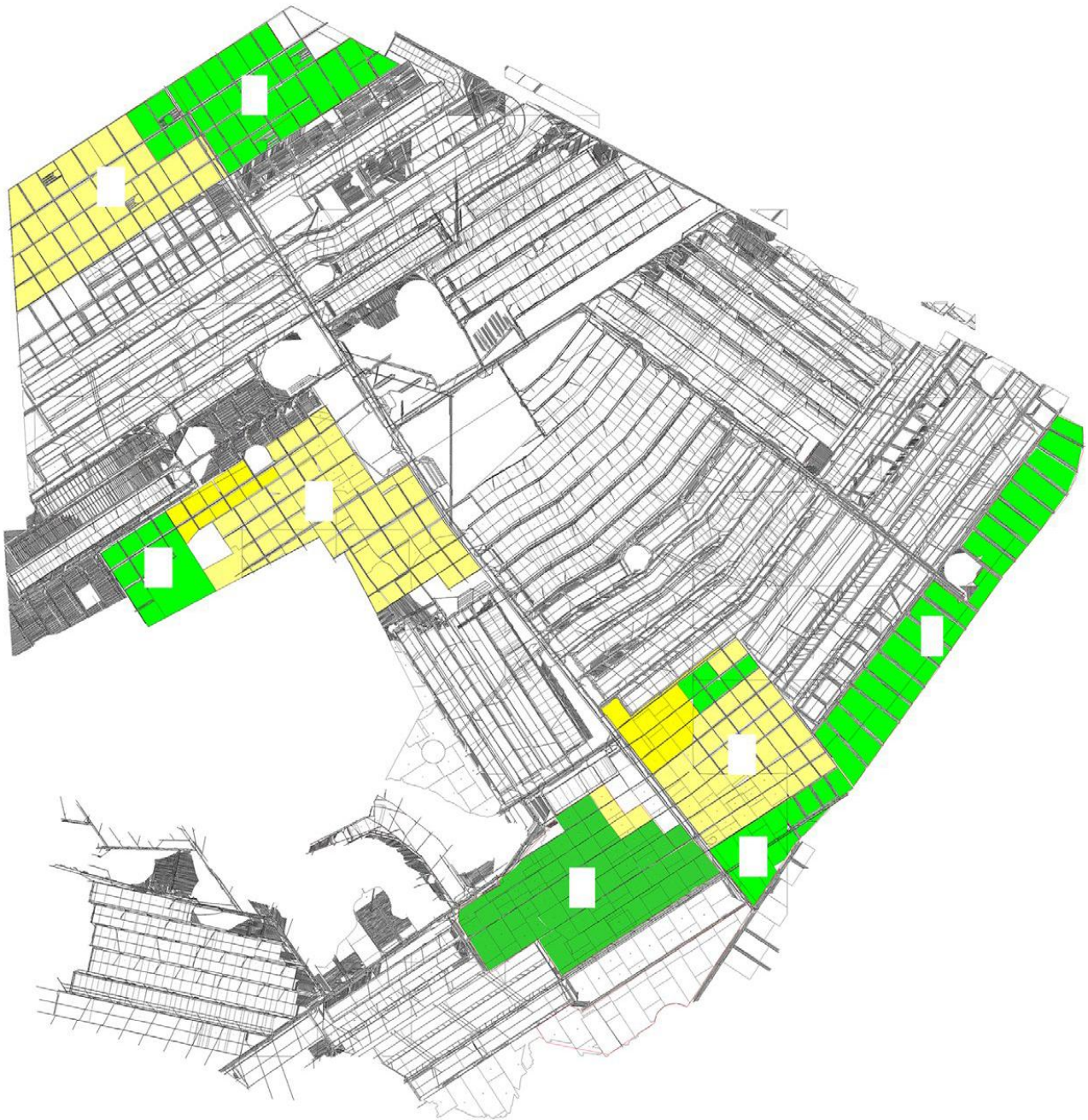


Рисунок 1.37 - План горных работ Третьего горизонта Первого рудника с цветовым выделением блоков камерной системы разработки, отработанных более 40 лет назад (зеленый цвет – без отработки 4-го сальвинитового слоя, желтый цвет – с отработкой 4-го сальвинитового слоя)

### 1.14. Определение оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений

Под действием сил веса вышележащей толщи горные породы находятся в напряженном состоянии, степень которого зависит от глубины разработки.

**Горным давлением** называют силы в породах, окружающих горную выработку. Основной причиной горного давления являются силы тяжести, вследствие которых породный массив находится в напряженном состоянии.

Горные породы внутри земной коры находятся в состоянии напряженного равновесия, вызываемого действием сил гравитационного и тектонического характера. Из-за отсутствия свободных пространств внутри массива без влияния внешних сил породы не могут перемещаться, изгибаться или изменять свою форму.

Напряженное состояние вызывается собственным весом вышележащих пород (гравитационными силами), тектоническими силами, а также температурными градиентами.

Напряженное состояние нетронутого массива, созданного гравитационными силами, считается известным, если в каждой точке массива определены главные напряжения  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  (рисунок 1.38).

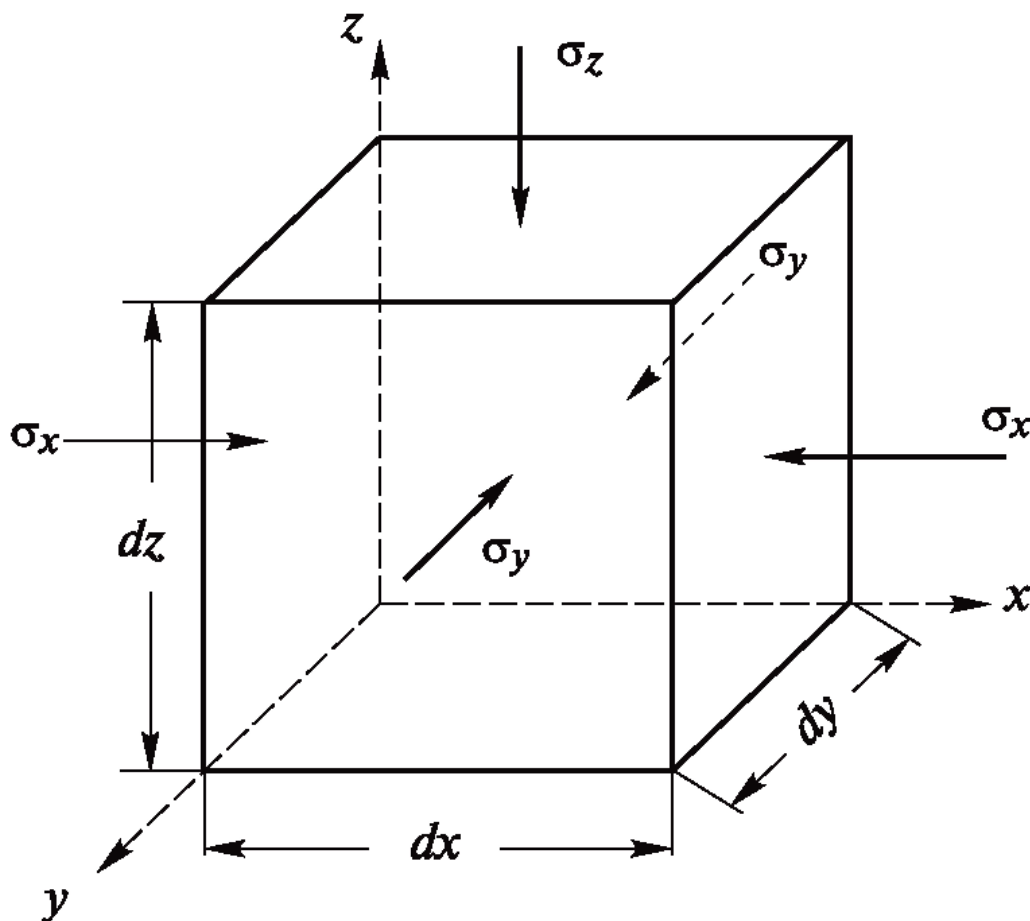


Рисунок 1.38 - Элементарный кубик в поле гравитационных напряжений

Напряжения, действующие в горизонтальном направлении  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ , определяются упругими деформационными свойствами пород на рассматриваемой глубине:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \sigma_z = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \gamma \cdot H, \quad (1.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона;

$\gamma$  – объемный вес пород;

$H$  – глубина разработки.

Напряжение  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  всегда ортогональны (взаимно перпендикулярны) к напряжениям  $\sigma_z$ .

При проведении горных выработок в толще пород вокруг них происходит перераспределение напряжений, в процессе которого породы стремятся перейти в новое состояние равновесия и претерпевают те или иные деформации.

Характер и величина горного давления зависят от физико-механических свойств горных пород, глубины заложения выработки от поверхности, формы и размеров ее поперечного сечения, положения выработки в пространстве и других факторов.

Наиболее характерными проявлениями горного давления считаются трещины различной частоты и размеров, отслоения, вывалы, обрушения, завалы, горные удары различной степени силы.

Под *управлением горным давлением* понимают проведение специальных мероприятий с целью уменьшения или разрядки напряженного состояния отдельных участков рудного массива и вмещающих пород для безопасного и нормального продолжения очистной выемки.

Выделяют следующие способы управления горным давлением:

- поддержание выработанного пространства и предохранение пород кровли от обрушения;
- обрушение пород кровли, обрушение руды и вмещающих пород.

Многочисленные методы обеспечения устойчивости горноразведочных выработок можно объединить в три группы:

- охрана;
- крепление;
- поддержание.

Под *охраной* понимается совокупность заранее проектируемых мероприятий, направленных на предотвращение потери устойчивости выработки или снижение влияния горного давления. К числу способов и вариантов охраны относятся: использование рациональной формы поперечного сечения выработок, оставление вокруг них защитных толщ и целиков, расположение выработки в зонах массива с высокой прочностью или с пониженными напряжениями, снижение концентрации напряжений за счёт применения особой технологии проведения и др. Правильно выбранный способ охраны является эффективным способом снижения затрат на крепление и поддержание выработок.



Поддержание выработанного пространства целиками руды применяется только при месторождениях с устойчивой, преимущественно крепкой рудой и такими же боковыми породами.

**Целик** – часть залежи или пласта полезного ископаемого, оставляемая нетронутой при разработке месторождения для охраны горных выработок, наземных сооружений, управления горным давлением и для других целей.

При камерных системах разработки (этажно-камерная, камерно-столбовая и др.) в процессе проведения очистных работ формируются рудные целики различного назначения: междукамерные, межпанельные, потолочные и пр. Их общее назначение - создание подземной пространственной конструкции, обеспечивающей сохранение системы очистных пространств. Целики представляют собой несущие элементы указанной пространственной конструкции и, следовательно, должны отвечать определенным прочностным требованиям.

В зависимости от назначения и расположения целики, оставляемые при разработке рудных месторождений, могут быть:

- **охранные** – для охраны основных горных выработок, подъемных и вентиляционных шахт, уклонов и т. п., а также различных поверхностных сооружений и водоемов;
- **междуэтажные** – с целью сохранения выработок вышележащего этажа или в связи с образованием камер, потолочина которых отрабатывается во вторую очередь;
- **междукамерные** – между смежными камерами;
- **междублоковые** – между смежными блоками в том случае, когда блок включает несколько камер и междукамерных целиков;
- **барьерные** – между отдельными участками шахтного поля, отрабатываемыми самостоятельно;
- **подкровельные** – у недостаточно устойчивого висячего бока месторождения;
- **опорные** – при пологом и наклонном падении залежи в очистном пространстве.

Число и размеры целиков определяются:

крепостью и устойчивостью пород кровли;

- прочностью руды;
- характеристикой пород лежащего бока;
- глубиной разработки и зависящей от нее величиной давления; мощностью рудной залежи.

Основное назначение целиков при системах разработки короткими столбами, камерных и камерно-столбовых системах разработки – управление кровлей.

По *конфигурации* горизонтальных сечений различают целики ленточные и столбчатые (рисунок 1.39).

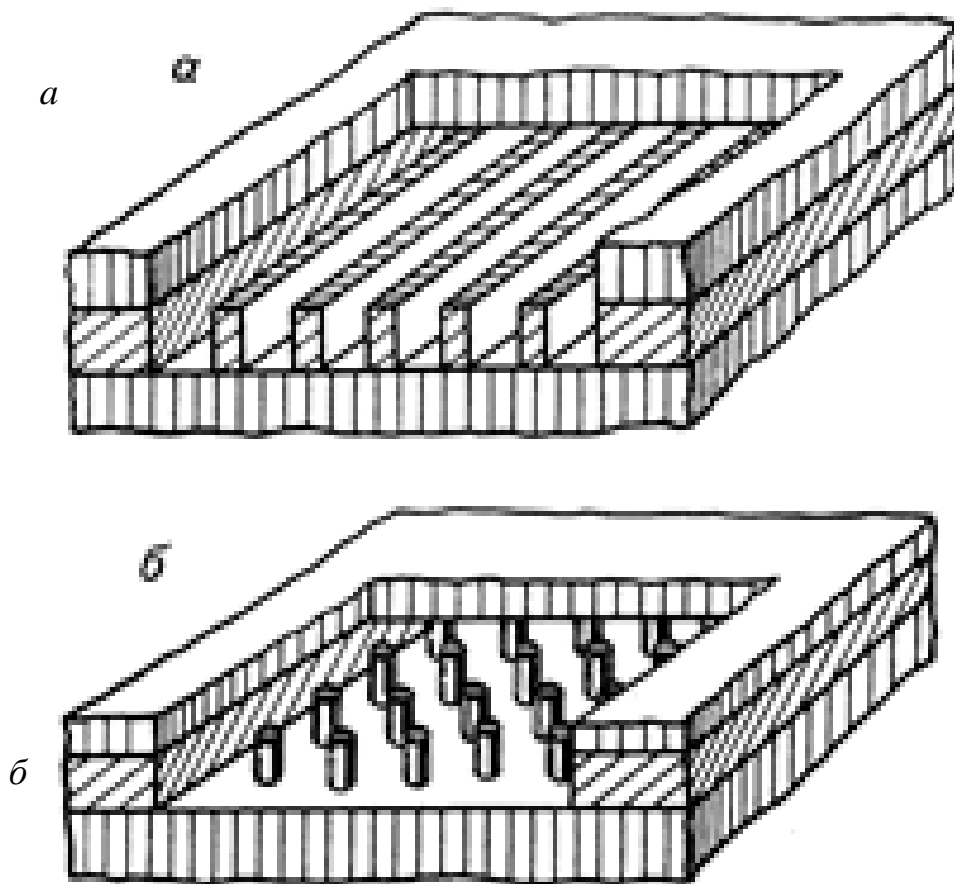


Рисунок 1.39 - Схемы поддержания очистных пространств:  
*а* – с помощью ленточных; *б* – столбчатых целиков

Преимущества управления горным давлением путем оставления целиков:

- простота метода, поскольку оставление целиков в процессе очистной выемки не вызывает затруднений;
- снижение до минимума затрат на искусственное крепление; устранение опасности пожара;
- сохранение поверхности;
- дополнительное извлечение руды из целиков при отсутствии необходимости в сохранении поверхности.

К недостаткам управления горным давлением путем оставления целиков следует отнести:

- большие потери руды, особенно при необходимости сохранения поверхности;
- нецелесообразность применения при богатых рудах, так как во многих случаях выгоднее извлечь богатую руду, применив другие, менее экономичные системы разработки;
- отсутствие возможности обеспечить регулярное расположение целиков, что необходимо для обеспечения прочного поддержания кровли.

**Системой разработки рудного месторождения** или его части называется порядок и технология очистной выемки руды определенной совокупностью конструктивных элементов выемочного участка.

Руда, оставляемая в целиках, или теряется безвозвратно, или отрабатывается со значительно более низкими показателями.

Соотношение запасов в камерах и целиках также определяется размерами несущих элементов: минимально допустимыми размерами целиков и предельно допустимыми размерами породных и рудных обнажений.

Под **устойчивостью целиков**, выработок и обнажений понимается такое их состояние, при котором не происходит сколько-нибудь значительного их разрушения в течение необходимого промежутка времени, определяемого технологией горных работ, конструкцией системы разработки.

Устойчивость зависит от целого ряда факторов, которые условно разделяются на три группы: геомеханические, горно-геологические, технологические.

К **геомеханическим факторам** относятся прочностные и деформационные свойства массива, его структурное строение, величина и характер действующих напряжений в нетронутом массиве.

К **горно-геологическим факторам** относятся мощность и угол падения рудной залежи, размеры по простиранию и вкрест простирания.

К **технологическим факторам** относят глубину горных работ, форму и размеры несущих конструктивных элементов системы разработки, способ управления горным давлением.

Размер и форма целиков, а также параметры крепления камеры должны рассчитываться в соответствии с принятыми нормами и правилами на устойчивость и исключать обрушение пород в рабочей зоне. При отсутствии расчетных методик, учитывающих специфику горнотехнических условий отрабатываемых пластов, параметры системы разработки должны уточняться опытным путем.

На Старобинском месторождении калийных солей применяются следующие системы разработки:

- камерная;
- столбовая;
- комбинированная.

Основополагающим подходом при выборе систем разработки соляных месторождений является недопустимость проникновения воды в подземное пространство рудников.

Для отработки калийных пластов Старобинского месторождения применяются два варианта камерной системы (рисунок 1.40):

- с оставлением жестких целиков;
- с оставлением податливых целиков.

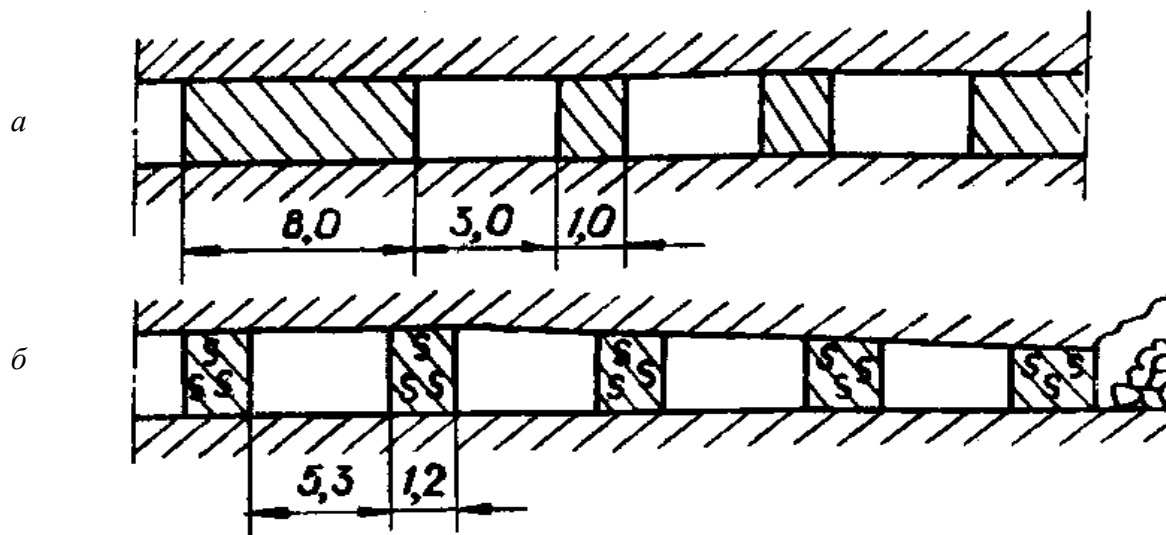


Рисунок 1.40 - Варианты камерной разработки: *a* – с жесткими; *б* – податливыми целиками

Параметры камерной системы разработки определяются расчетным путем либо принимаются на основании опытных данных.

К параметрам камерной системы разработки относятся:

- размеры очистных камер (пролет, высота, длина);
- размеры междукамерных и поддерживающих целиков;
- размеры камер разворота комбайнов;
- длина и ширина панелей, блоков;
- расстояние между фронтами очистных работ в смежных блоках.

Параметры камерной системы разработки должны обеспечивать:

защиту рудника от прорыва подземных вод;

безопасное состояние горных выработок в течение отведенного им срока службы;

максимально-возможное извлечение полезного ископаемого из недр.

Камерная система разработки с оставлением жестких целиков предусматривает оставление в выработанном пространстве целиков высокой несущей способности, в результате чего они не разрушаются горным давлением в зоне ведения очистных работ.

Характерная технологическая схема камерной системы разработки на Старобинском месторождении калийных солей приведена на рисунок 1.41. Панели отрабатываются преимущественно односторонними блоками шириной 150–200 м с расположением очистных камер параллельно панельным штрекам.

Данная технологическая схема предусматривает отработку калийных пластов с применением для очистных работ комбайнов типа Урал-10, ПК-8, ПК-8МА, ПКС-8, Урал-61, КРП-3-660/1140.

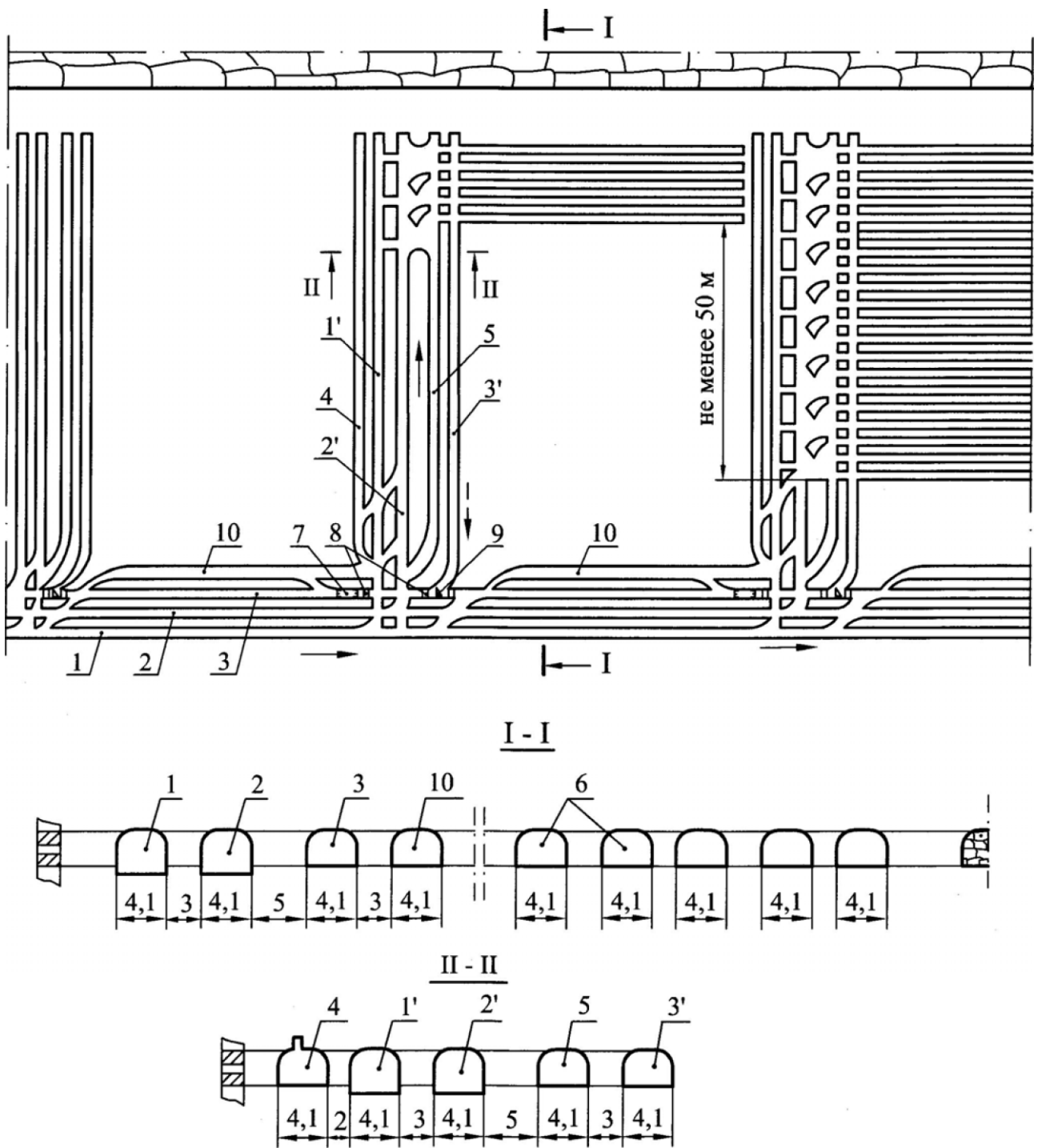


Рисунок 1.41 - Технологическая схема камерной системы разработки: 1, 2, 3 и 1', 2', 3' – панельные и блоковые конвейерные, транспортные и вентиляционные штреки; 4 – разгружающая выработка; 5 – стартовый штрек; 6 – очистные камеры; 7 – полукроссинги; 8 – вентиляционные перемычки; 9 – вентиляционные восстающие; 10 – выработки складирования породы

Односторонняя панель подготавливается тремя панельными выработками: конвейерным 1, транспортным 2 и вентиляционным 3 штреками. Очистные работы ведутся одновременно в двух-трех блоках. Для этого через каждые 180–200 м нарезаются блоковые конвейерный 1', транспортный 2', вентиляционный 3',

разгружающий 4 и стартовый 5 штреки. Размеры камер разворота комбайнов (горловин) для засечки камер определяются паспортом исходя из конкретных параметров очистной выемки.

Для разделения свежей и исходящей струй воздуха панельный вентиляционный штрек 3 под блоковыми выработками проводится с полукроссингом 7. Последний ограждается от свежей струи вентиляционными перемычками 8 и сбивается с блоковым вентиляционным штреком 3' восстающим 9. Порода от проходки полукроссингов складывается в выработку 10, проводимую в районе панельных штреков. Свежая струя воздуха поступает по панельным и блоковым конвейерным 1 и 1' и транспортным 2 и 2' штрекам с помощью вентилятора местного проветривания омывает очистные забои, затем через блоковый вентиляционный штрек 3', восстающий 9, полукроссинг 7 поступает на панельный вентиляционный штрек и далее к вентиляционному стволу (кроссинг - подземное вентиляционное сооружение, предназначенное для разделения пересекающихся воздушных струй).

Камерные системы разработки подразумевают валовую выемку руды, сейчас разработаны способы селективного извлечения мощных сильвинитовых пластов добычными комбайнами с исполнительным органом типа «горизонтальный барабан»: например, JOY 14CM или Висугус 25M0 с вынимаемой мощностью от 0,8 до 3,4 м и диаметром режущего барабана 0,8–1,4 метра. Так, отработка камер может вестись заходками с нижнего слоя сильвинита, при этом галит из среднего слоя соляного пласта складывается в соседние камеры (рисунок 1.42).

На рисунке 1.43 представлен вариант технологической схемы, когда отработка запасов блока камерами ведется добычным комбайном избирательного действия из заезда на всю длину камеры – с верхнего слоя сильвинита при одновременном креплении кровли анкерами, а отработанный галит используется в качестве закладочного материала для закладки им части соседних камер в зависимости от мощности слоя галита и коэффициента его разрыхления, с чередованием заложённых и незаложённых камер.

Камерная система разработки с плавной посадкой кровли на податливые, постепенно разрушающиеся целики (рисунок 1.44) обеспечивается использованием комбайнов с регулируемым по высоте рабочим органом. Сближение кровли с почвой в комбайновой заходке (камере) начинается еще до ее полной отработки, для того чтобы комбайн не оказался зажатым в камере; при отгоне требуется опускать его рабочий орган.

### **1.15. Условие прочности опорных целиков при разработке рудных залежей камерными системами**

Критерий устойчивого состояния целиков в большинстве методик – превышение действующих (прогнозируемых) нагрузок на целик нормируемому по «безопасному» значению (пределу прочности на сжатие).

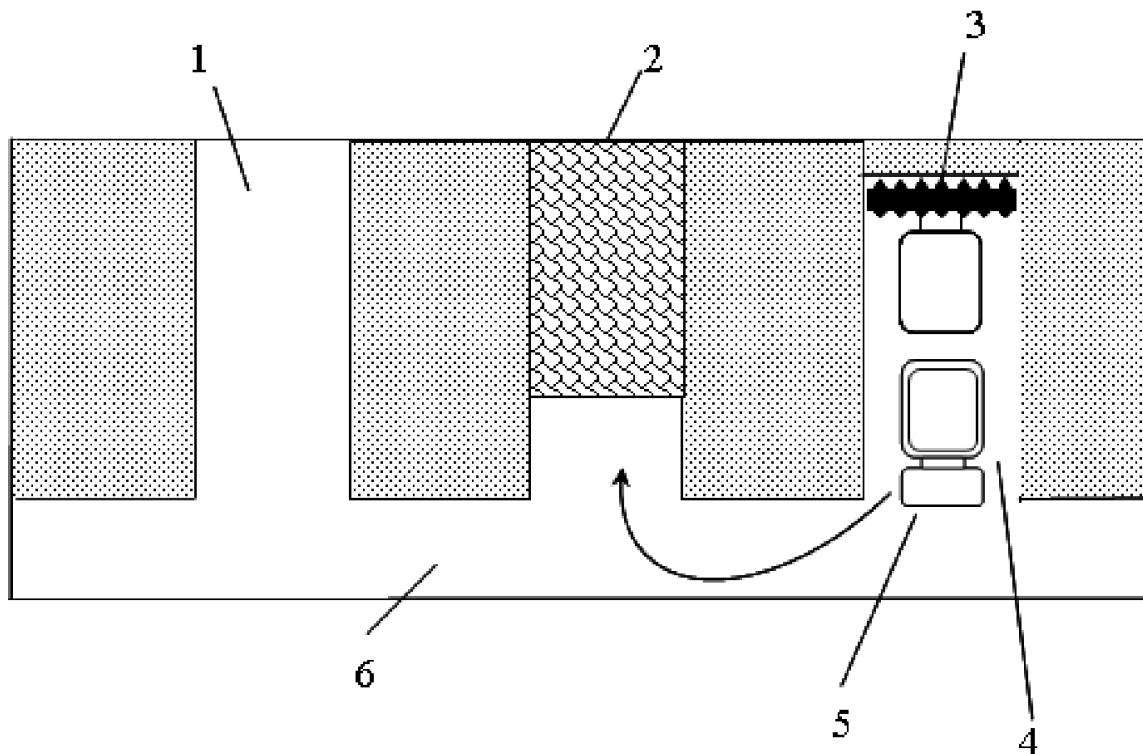
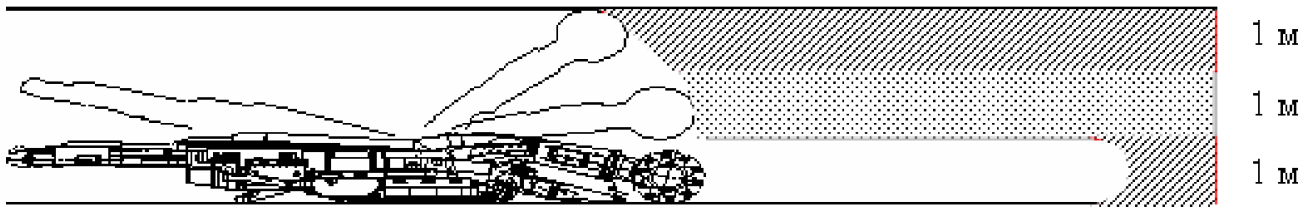


Рисунок 1.42 - Селективная выемка комбайном избирательного действия Bucyrus 25M0:  
 1 – отработанная камера; 2 – закладываемая камера; 3 – комбайн Bucyrus 25M0; 4 – обрабатываемая камера; 5 – самоходное доставочное оборудование; 6 – доставочный штрек

Все современные методы расчета целиков основаны на расчете по допускаемым напряжениям. Сущность его в том, что напряжения, развиваемые в целике внешними нагрузками (давлением поддерживаемых пород), сравниваются с предельно допустимыми для материала целика, которые устанавливаются в соответствии с какой-либо теорией прочности. Отношение этих напряжений характеризует запас прочности целика при заданных его размерах, и наоборот, размеры целика при заданном коэффициенте запаса прочности характеризуют отношение напряжений в целиках.

Определение действующих нагрузок и напряжений производится на основе той или иной гипотезы горного давления на целики: в частности, гипотез полного веса столба пород, сплошной среды, балок и плит и др. Метод, впервые предложенный А. Турнером в 1841 г., затем был развит в трудах Л.Д. Шевякова, Ля Гупиера, М. Стаматиу и др.

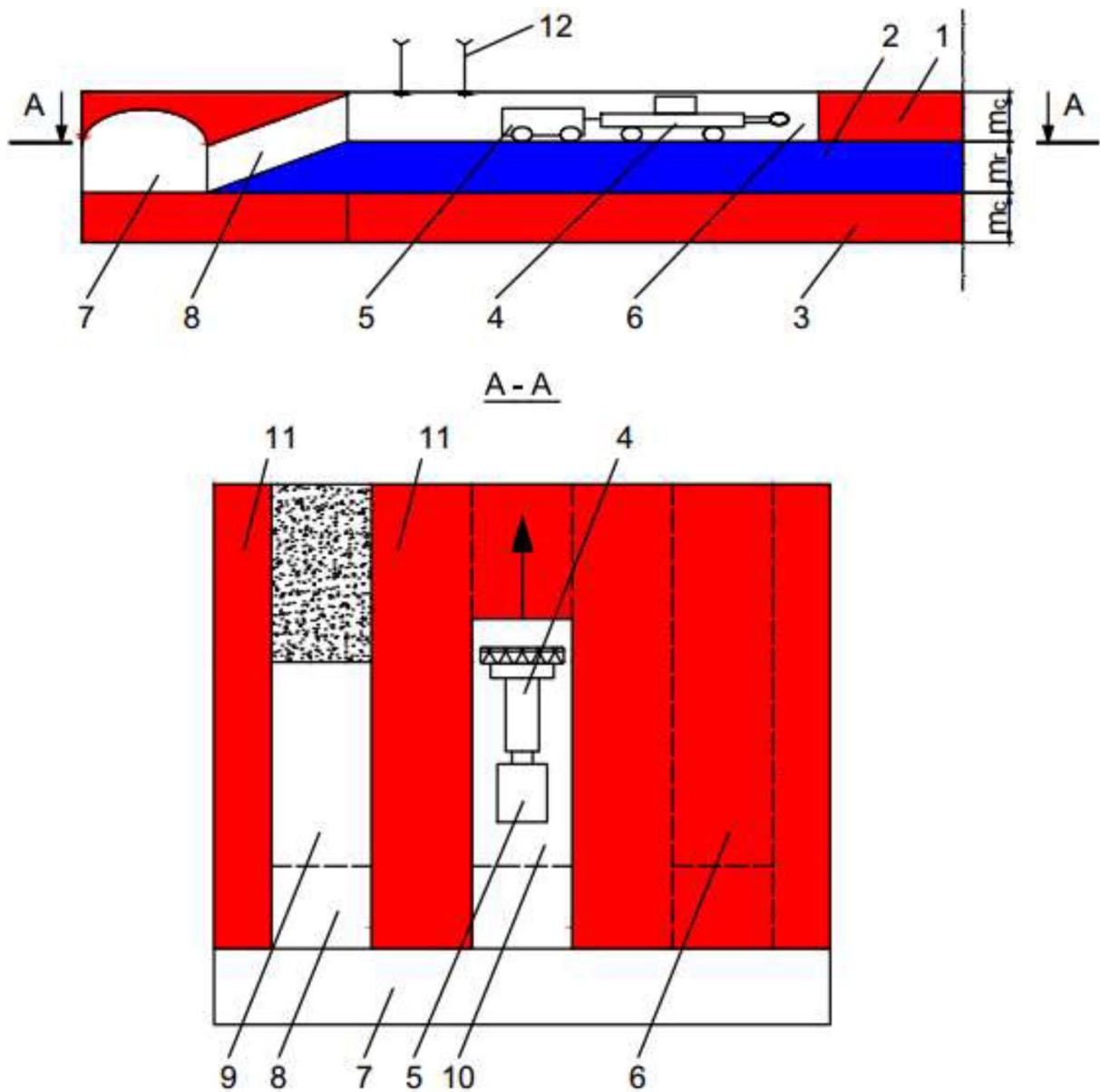


Рисунок 1.43 - Технологическая схема послойной выемки мощного калийного пласта:  
 1 – верхний сильвинитовый слой; 2 – гипсовый слой; 3 – нижний сильвинитовый слой; 4 – добычной комбайн; 5 – транспортный вагон;  
 6 – отрабатываемая камера; 7 – подготовительная выработка; 8 – заезд;  
 9 – камера с закладкой; 10 – отработанная камера; 11 – податливые междукамерные целики; 12 – анкерная крепь

Основные положения и допущения этой группы методов:

- наибольшая нагрузка на целики создается весом всей толщи пород до поверхности в пределах участка, поддерживаемого целиками;
- вертикальные напряжения в горизонтальных сечениях целика считаются равномерно распределенными;
- допускаемыми напряжениями считается предел прочности пород целика одноосному сжатию; в него вводятся поправки или коэффициенты, полученные лабораторным путем и характеризующие несущую способность целика;
- расположение целиков в форме столбов или длинных стен и камер предполагается регулярным.



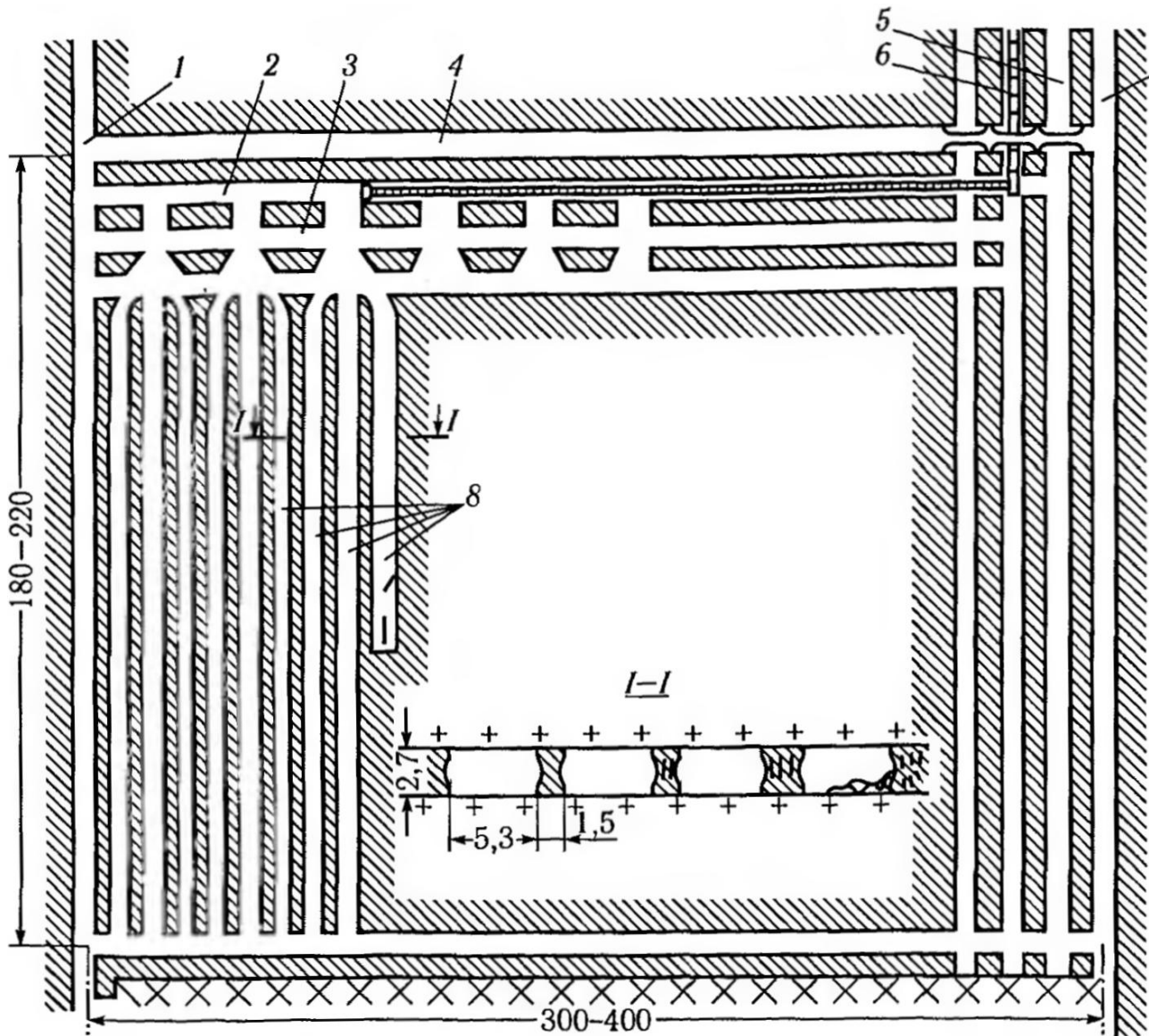


Рисунок 1.44 - Камерная система разработки с плавной посадкой кровли на податливых (разрушаемых) целиках: 1 – панельный вентиляционный штрек; 2 – боковой конвейерный штрек; 3 – боковые выемочные штреки; 4 – боковой разгружающий (вентиляционный) штрек; 5 – панельные транспортные штреки; 6 – панельный конвейерный штрек; 7 – вентиляционный штрек следующей панели; 8 – камеры

Смещения вмещающих пород деформируют целики. Они сжимаются по вертикали и расширяются в горизонтальных направлениях. Сжатие целика по вертикали  $\Delta$  равно сближению кровли и почвы (рисунок 1.45):

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' \quad (1.2)$$

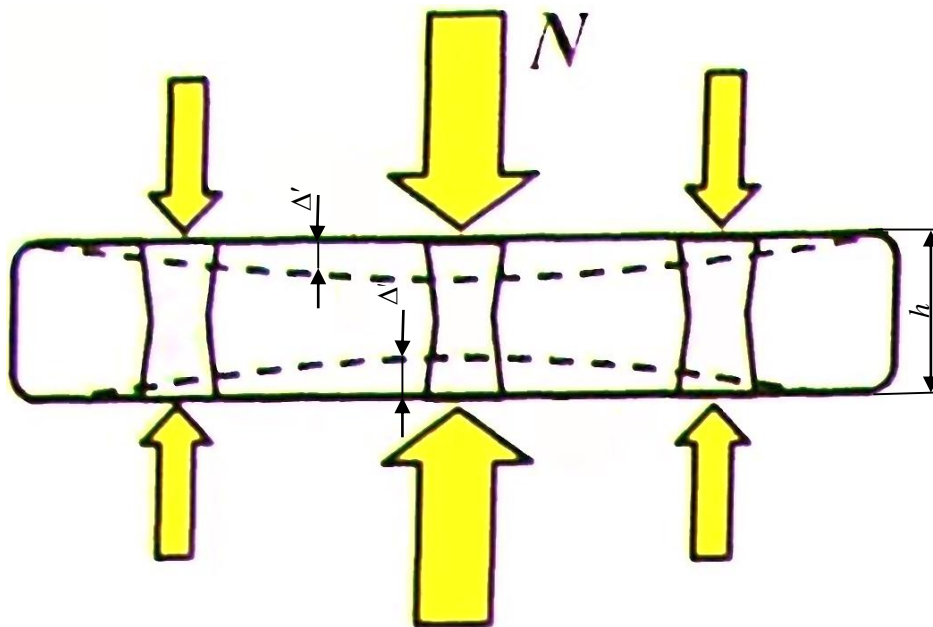


Рисунок 1.45 - Схема к расчету нагрузок на целики по принципу совместности деформации целиков и вмещающих пород

Вертикальное сжатие целика приводит к возникновению нагрузки  $N$  на него. Нагрузка на целики в центральной части выработанного пространства, где самые большие смещения вмещающих пород, больше, чем на границе с массивом, так как там конвергенция кровли и почвы минимальна.

Согласно закону Гука относительные деформации  $e$  твердого тела прямо пропорциональны действующим в нем напряжениям  $\sigma$ , а коэффициентом пропорциональности является модуль упругости  $E$ :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon. \quad (1.3)$$

Относительная деформация  $\varepsilon$  есть отношение

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{h}. \quad (1.4)$$

В соответствии с законом Гука, чем больше действующие напряжения и меньше модуль упругости  $E$ , тем больше относительная деформация  $\varepsilon$ .

Рассмотрим целик в виде упругого цилиндра (рисунок 1.46) высотой  $h$  с поперечным сечением  $S_{ц}$ .

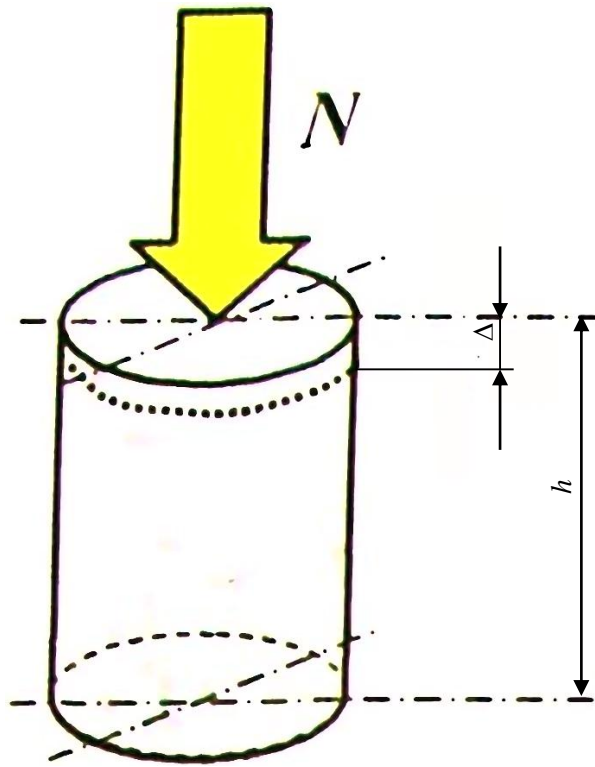


Рисунок 1.46 - Схема к расчету нагрузок на целики по принципу совместности деформации целиков и вмещающих пород

Действующие в целике напряжения определяются из соотношения

$$\sigma = \frac{N}{S_{ц}}. \quad (1.5)$$

Тогда для целика закон Гука примет вид

$$N = \frac{E \cdot \Delta \cdot S_{ц}}{h}, \quad (1.6)$$

где  $\frac{E \cdot S_{ц}}{h}$  – жесткость целика обозначают ее  $G$ .

Так, нагрузка на целик  $N$  прямо пропорциональна величине сжатия  $\Delta$  и его жесткости  $G$

$$N = \Delta \cdot G. \quad (1.7)$$

Следствием этого являются: неравномерность нагружения целиков по площади выработанного пространства, центральные целики, наиболее удаленные от кромки массива или барьерных, массивных целиков, воспринимают большую нагрузку, чем периферийные (в том числе и находящиеся вблизи забоя), так как смещения вмещающих пород больше в центре очистного пространства (см. ри-

сунок 1.46), чем жестче целик (больше его площадь и меньше высота), тем большую нагрузку он воспринимает; например, если два рядом стоящих целика имеют разную жесткость, то большую нагрузку несет более жесткий целик, у которого больше сечение и (или) меньше высота.

Влияние жесткости опорных целиков на распределение нагрузки хорошо иллюстрируется эпюрами, показанными на рисунок 1.47 (здесь ширина панельного целика  $c$  больше ширины междукамерного целика  $a$ ).

Следовательно, при прочих равных условиях (при постоянных высоте целика, модуле упругости  $E$ ), характерных для одного очистного блока, нагрузки распределяются пропорционально площади опорного элемента и зависят также от условий их деформирования (плоское, объемное) – от формы и объема целика.

При расчете размеров опорных целиков должны учитываться указанные особенности их нагружения в составе системы разработки.

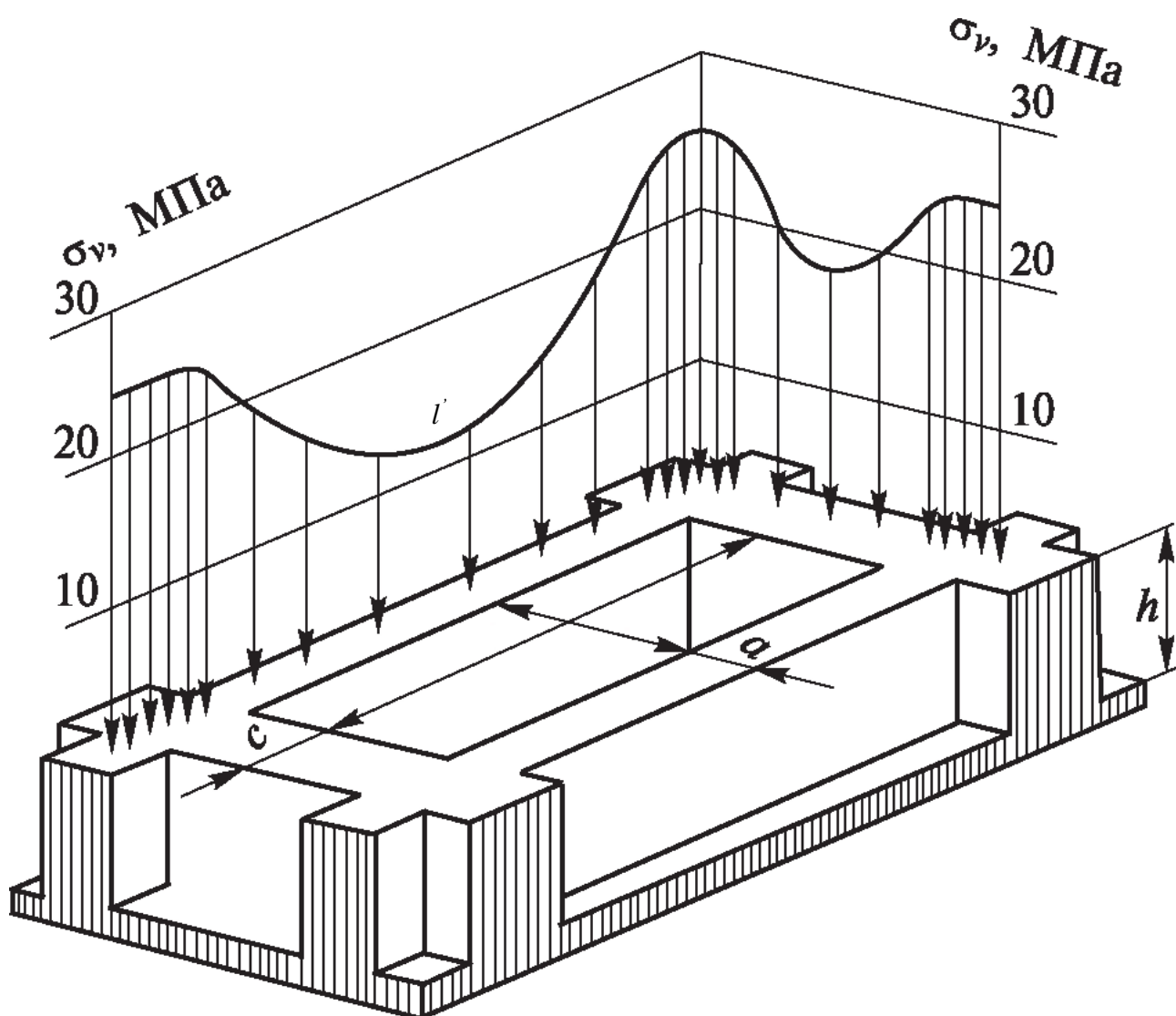


Рисунок 1.47 - Распределение вертикальных нагрузок в элементах системы разработки

**Несущей способностью целика** называется величина пригрузки, при которой в целике возникают напряжения, близкие к критическим.

Для определения размеров опорных целиков при камерной системе разработки целики рассматриваются как колонны, на которые действуют вертикальные нагрузки, соответствующие полному весу вышележащих пород, считая до земной поверхности.

Схема к расчету опорных целиков постоянной длины представлена на рисунок 1.48. Все целики рассчитывают по допустимым напряжениям сжатия, развивающимся в среднем, наиболее слабом их сечении. В качестве допустимых напряжений в теории целиков принимают предел прочности пород при одноосном сжатии.

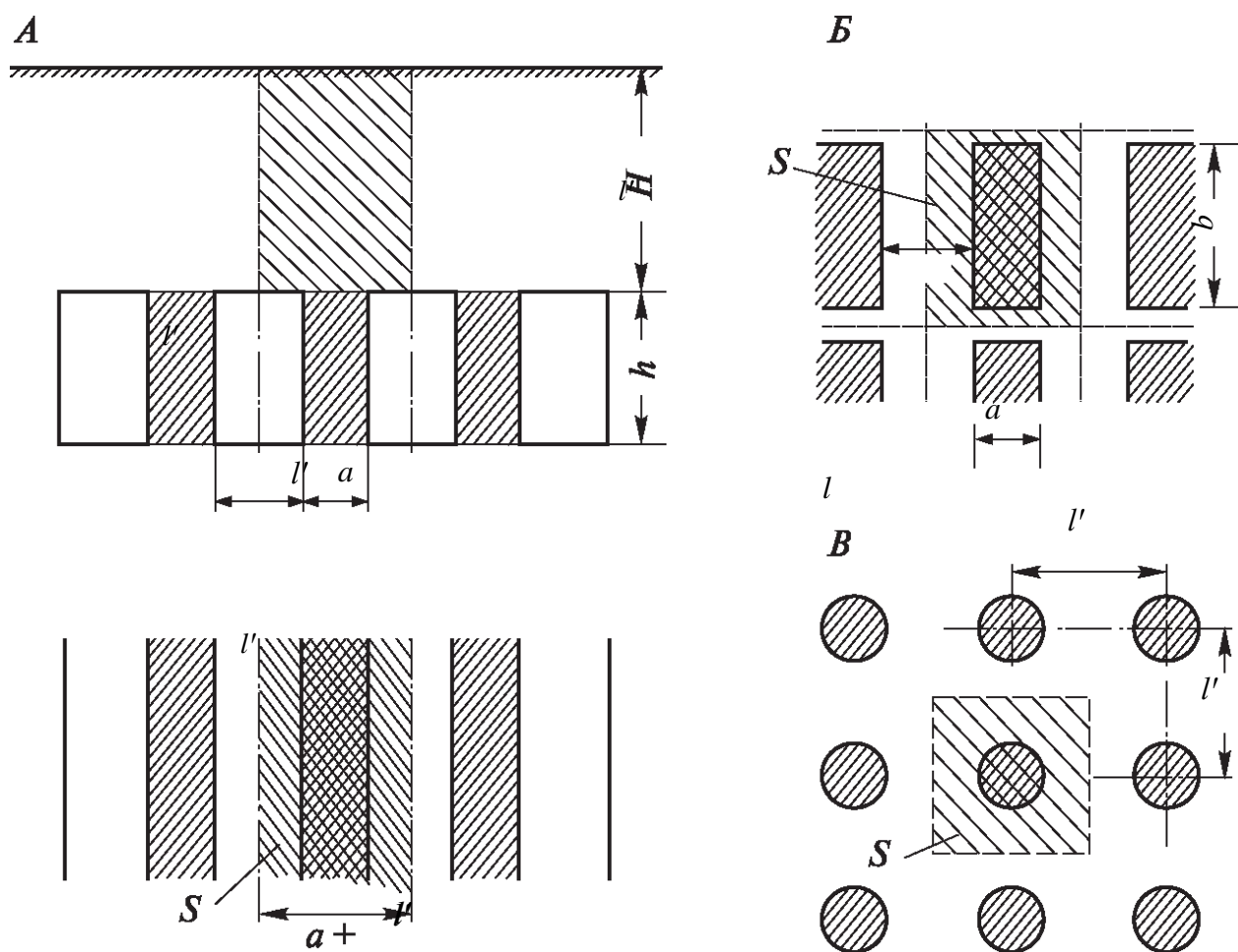


Рисунок 1.48- Схема к расчету размеров опорных целиков:  
 $H$  – глубина разработки;  $h$  – высота целика;  $l'$  – ширина примыкающих к целику камер и выработок;  $a$  – ширина целика;  $S$  – площадь выработанного пространства, приходящаяся на один целик;  $b$  – длина изолированного междукамерного целика

Общее условие прочности, если пренебречь собственным весом целиков, имеет вид

$$\frac{K_H \cdot K_\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot (a+l) \cdot (b+l')}{a \cdot b} = \frac{\sigma_{сж}^0 \cdot K_{с.о} \cdot K_{вр}}{K_{зап}} \cdot K'_\phi \cdot K''_\phi, \quad (1.8)$$

где  $K_H$  – коэффициент нагрузки, учитывающий долю веса пород налегающей толщи, воспринимаемую целиками;

$K_\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние угла падения рудного тела на величину нагрузки, приходящейся на целик;

$\gamma$  – средний объемный вес пород налегающей толщи, МН/м<sup>3</sup>;

$H$  – глубина разработки, м;

$S_{гр}$  – грузовая площадь, приходящаяся на целик, м<sup>2</sup>;

$S_{ц}$  – площадь поперечного сечения опорного целика, м<sup>2</sup>;

$\sigma_{сж}^0$  – прочность пород при сжатии в образце, МПа;

$K_{с.о}$  – коэффициент структурного ослабления, учитывающий снижение прочности пород в реальном массиве по сравнению с их прочностью в образце;

$K_{вр}$  – коэффициент времени, учитывающий влияние времени на несущую способность целика;

$K_{зап}$  – коэффициент запаса прочности (учитывает способность горных пород сопротивляться нагружению в течение длительного периода времени);

$K'_\phi$  – коэффициент формы целика, учитывающий влияние на его несущую способность, соотношение параметров целика в плане;

$K''_\phi$  – коэффициент формы целика, учитывающий влияние на его несущую способность, соотношение размеров в направлении действия нагрузки (учитывает влияние высоты целика на его устойчивость).

Для изолированных целиков с прямоугольной формой поперечного сечения условие прочности получает вид

$$\frac{K_H \cdot K_\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot (a+l) \cdot (b+l')}{a \cdot b} = \frac{\sigma_{сж}^0 \cdot K_{с.о} \cdot K_{вр}}{K_{зап}} \cdot K'_\phi \cdot K''_\phi, \quad (1.9)$$

где  $a$  – ширина целика, м;

$b$  – длина изолированного междукамерного целика, м;

$l$  – предельно допустимый устойчивый пролет горизонтального обнажения, м;

$l'$  – ширина примыкающих к целику камер и выработок, м.

Для столбчатых целиков с круглыми поперечным сечением условие прочности имеет вид

$$\frac{4K_H \cdot K_\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot (d_{ц} + l)^2}{\pi \cdot d_{ц}^2} = \frac{\sigma_{сж}^0 \cdot K_{с.о} \cdot K_{вр}}{K_{зап}} \cdot K''_\phi, \quad (1.10)$$

где  $d_{ц}$  – диаметр целика, м.

### Порядок определения размеров целиков

Расчет изолированных междукамерных целиков осуществляется в следующей последовательности. Обозначим в формуле (1.8):

$$\frac{K_H \cdot K_\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot K_{зап}}{\sigma_{сж}^0 \cdot K_{с.о} \cdot K_{вр}} = q, \quad (1.11)$$

тогда для изолированных междукамерных целиков с прямоугольной формой поперечного сечения условие прочности преобразуется в рабочий вид:

$$q \cdot (a+l) \cdot (b+l') = a \cdot b \cdot K'_\phi \cdot K''_\phi. \quad (1.12)$$

Необходимо определить ширину и длину целика. Задача решается методом последовательного подбора.

Задают значение ширины целика  $a$  при условии, что  $a < h$  ( $h$  – высота междукамерного целика, м).

В рабочее уравнение значения подставляют значения  $q, l, l', K'_\phi, K''_\phi$ .

Определяют длину целика  $b$ .

Если полученное значение удовлетворяет условию  $1 \leq \frac{a}{b} \leq 4$ , решение считают окончательным.

Если окажется, что  $b < a$ , то решение повторяется при меньшем значении  $a$  до тех пор, пока не будет удовлетворено условие

$$1 \leq \frac{a}{b} \leq 4.$$

Для целиков с квадратной формой поперечного сечения расчетная формула имеет вид

$$q \cdot (a+l)^2 = a^2 \cdot K''_\phi. \quad (1.13)$$

Из (1.13) определяют  $a$  – размер стороны целика квадратной формы.

Для целиков круглого сечения:

$$4 \cdot q \cdot (d_{ц} + l)^2 = \pi \cdot d_{ц}^2 \cdot K''_\phi. \quad (1.14)$$

Из (1.14) определяют  $d_{ц}$  – диаметр целика круглой формы.

### Определение коэффициента формы

Устойчивость целика и его несущая способность зависят от соотношения его высоты  $h$ , ширины  $a$  и длины  $b$ . Влияние соотношения параметров целика в сечении, перпендикулярном направлению нагрузки, учитывается  $K'_\phi$ .

Влияние параметров в сечении, совпадающих с направлением действия нагрузки, учитывается  $K''_\phi$ .

при  $0,25 \leq \frac{a}{h} \leq 4$ ,

$$K_{\phi}'' = 0,6 + 0,4 \cdot \frac{a}{h}; \quad (1.15)$$

при  $1 \leq \frac{a}{h} \leq 4$ ,

$$K_{\phi}'' = \frac{a}{h}. \quad (1.16)$$

При тех же условиях, но в слаботрещиноватых породах

$$K_{\phi}'' = \sqrt{\frac{a}{h}}. \quad (1.17)$$

Если междукамерный целик имеет прямоугольную форму, а соотношение его параметров в плане соответствует условию  $1 \leq \frac{b}{a} \leq 4$ , то

$$K_{\phi}' = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{b}{a}. \quad (1.18)$$

Ориентировочное значение коэффициента структурного ослабления ( $K_{с.о}$ ) для пород различной степени нарушенности, работающих на сжатие, приведено в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Ориентировочное значение коэффициента структурного ослабления ( $K_{с.о}$ )

Степень нарушенности пород трещинами	Значения $K_{с.о}$
Слаботрещиноватые	0,45
Среднетрещиноватые	0,3–0,45
Сильнотрещиноватые	0,15–0,30
Раздробленные	0,15
Соляные породы	$\geq 0,9$

Рекомендуемые значения коэффициента нагрузки, учитывающего долю веса пород налегающей толщи, воспринимаемую целиками  $K_n$ , приведены в таблице 1.8 ( $L$  – длина по простиранию).

Коэффициент  $K_a$ , учитывающий влияние угла падения рудного тела  $\alpha$  на величину нагрузки, приходящейся на междукамерный целик, рассчитывается из следующих выражений.

Для ленточных и прямоугольных целиков, расположенных длинной осью по падению-восстанию:



$$K_{\alpha} = \cos^2 \alpha + \eta \cdot \sin^2 \alpha. \quad (1.19)$$

Таблица 1.8

Значения коэффициента нагрузки  $K_H$

$\frac{L}{H}$	При незначительной податливости целиков	При значительной податливости целиков, наличие слабых прослоек
0,1	0,6	0,4
0,3	0,8	0,6
0,5	0,9	0,8
0,7	1,0	0,9
0,8 и более	1,0	1,0

При их ориентации по простиранию:

$$K_{\alpha} = \frac{\eta \cdot \sin \alpha}{\cos \beta \cdot \sin(\alpha - \beta)}, \quad (1.20)$$

где  $\beta = \alpha - \arctg(\eta \cdot \tg \alpha)$ ;

$\eta = \frac{\mu}{1 - \mu}$  – коэффициент бокового распора;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

Коэффициент запаса прочности  $K_{\text{зап}}$  учитывает факторы со случайным характером влияния:

$$K_{\text{зап}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.21)$$

где  $K_1$  учитывает отклонение средней прочности породы, принятой в расчете, от минимальной прочности образца по результатам испытаний, принимается из диапазона 1,25–1,35;

$K_2$  учитывает неравномерность распределения напряжений в опасных сечениях целика, принимается из диапазона 1,2–1,3;

$K_3$  учитывает возможное отклонение фактических размеров целиков и камер от их расчетной величины; принимается из диапазона 1,1–1,5.

В различных условиях  $K_{\text{зап}}$  принимается равным от 1,5 до 3 и в особых случаях 5.

Рекомендуемые значения коэффициента, учитывающего влияние времени на несущую способность целика ( $K_{\text{вр}}$ ), приведены в таблице 1.9.

Ширина жестких междукамерных целиков  $a_{\text{ж}}$  на Старобинском месторождении при применении камерной системы разработки по условию обеспечения безопасной отработки камеры определяется по формуле

$$a_{ж} = \left( N \cdot l \cdot \left( \frac{1}{\rho} \cdot e^x \cdot f \cdot H - 1 \right) - a_i \cdot (N - 1) \right) \cdot \sqrt{\frac{h}{h_c}}, \text{ м}, \quad (1.22)$$

Таблица 1.9

Значения коэффициента  $K_{вр}$ 

Срок службы целика	Значение $K_{вр}$	
	Слабо- и среднетрещиноватые породы	Сильнотрещиноватые или пластичные породы
До 2	1,0	1,0
2–5	0,8	0,7
Свыше 5	0,7	0,5

где  $N$  – число очистных ходов в камере;

$l$  – ширина очистного хода, м;

$H$  – глубина разработки, м;

$a_i$  – ширина поддерживающего (внутрикамерного) целика, м,  $a_i = 1,2–1,5$  м, для одноходовых очистных камер  $a_i = 0$ ;

$1/\rho, f$  – коэффициенты (для пород, относящихся к I и II типам по классификации Открытого акционерного общества «Белгорхимпром»,  $1/\rho = 1,33; f = 0,0007$ ); относящихся к III типу –  $1/\rho = 0,84; f = 0,00124$ );

$H$  – высота целика в проектируемом очистном ходе, принимается не более 4,0 м;

$h_c$  – то же в стандартном очистном ходе (для комбайна типа ПК-8  $h_c = 3,0$  м);

$e^x$  – экспоненциальная функция, значения которой приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Экспоненциальная функция ( $e^x$ ) для значений аргумента ( $f \cdot H$ ) от 0,2 до 0,9

$e^x$	Значения аргумента ( $f \cdot H$ )									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,2	1,2214	1,2337	1,2461	1,2586	1,2712	1,2840	1,2969	1,3100	1,3231	1,3364
0,3	1,3499	1,3634	1,3771	1,3910	1,4049	1,4191	1,4333	1,4477	1,4627	1,4770
0,4	1,4918	1,5068	1,5220	1,5373	1,5527	1,5683	1,5841	1,6000	1,6161	1,6323
0,5	1,6487	1,6653	1,6820	1,6989	1,7160	1,7333	1,7507	1,7683	1,7860	1,8040
0,6	1,8221	1,8404	1,8589	1,8776	1,8905	1,9155	1,9348	1,9542	1,9739	1,9937
0,7	2,0138	2,0340	2,0544	2,0751	2,0950	2,1170	2,1383	2,1596	2,1815	2,2034
0,8	2,2255	2,2479	2,2705	2,2933	2,3164	2,3396	2,3632	2,3869	2,4109	2,4351
0,9	2,4596	2,4843	2,5093	2,5345	2,5600	2,5857	2,6117	2,6379	2,6645	2,6912

При работе по технологии с оставлением податливых целиков по условию беспрепятственного отгона комбайна из камеры допустимая ширина податливого целика  $a$  определяется по формуле, установленной эмпирическим путем для условий Старобинского месторождения:

$$a = 0,214 \cdot \left( 2,44 + \frac{3,1 \cdot t}{7,3 - 0,0093 \cdot H} \right), \quad (1.23)$$

где  $t$  – время нахождения комбайна в камере, сутки;

$H$  – глубина разработки, м.

Для Старобинского месторождения минимальная ширина податливого целика должна приниматься равной 1,2 м.

Относительные потери для ленточных целиков определяются по формуле

$$p = \frac{a}{l' + a}. \quad (1.24)$$

### 1.16. Выбор способов охраны и крепления горных выработок

*Под охраной горной выработки* понимают совокупность мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработки путем более полного использования прочности и несущей способности вмещающих пород и на снижение концентраций напряжений в породах вокруг нее, а также неблагоприятных проявлений горного давления.

Наиболее общей формой проявлений горного давления является деформирование горных пород, которое приводит к потере ими устойчивости, формированию значительных нагрузок на крепь.

При разработке месторождений полезных ископаемых лимитирующим элементом часто является кровля выработок, т.к. здесь, в первую очередь, возможно образование областей растягивающих напряжений, к которым особенно чувствительны массивы горных пород вследствие своих структурных особенностей и деформационно-прочностных свойств. Наряду с этим в кровле очистных выработок, особенно в областях, примыкающих к целикам, могут образовываться зоны действия высоких сжимающих напряжений.

Устойчивость выработок зависит от прочности пород и действующих напряжений. Естественно, что повышение устойчивости массивов может быть достигнуто либо с помощью снижения уровня напряжений, либо с помощью упрочнения пород. Снижение уровня напряжений в массивах пород называют их *разгрузкой*, а повышение прочности - *уплотнением*.

Основной формой проявления горного давления в горных выработках калийных рудников является ползучесть вмещающих их пород, а также происходящие на ее фоне расслоение и отслоение по глинистым прослойкам. Проявления свойств ползучести соляных пород вокруг выработок происходят в виде смещения этих пород внутрь выработки.

*Горная крепь* - это искусственное сооружение, возведенное в подземных горных выработках для предотвращения обрушений окружающих пород, сохранения необходимых форм и размеров поперечного сечения выработок, а также для управления горным давлением.

Горизонтальные выработки крепят деревянной крепью, металлической, бетонной, железобетонной, анкерной, каменной, комбинированной.

На Старобинском месторождении наибольшее распространение получила анкерная крепь. Используются металлические винтовые анкера и металлические клинораспорные КАЗ – (крепь анкерная замковая). Длина анкера  $\ell_a$  для винтового анкера от 900 до 1800 мм (через каждые 300 мм), для КАМВ – (крепь анкерная металлическая винтовая) от 900 до 2000 мм (через каждые 100 мм).

Применение анкеров допускается в любых горно-геологических и горнотехнических условиях месторождения. В выработках, где прогнозируются большие смещения пород, КАМВ целесообразно применять в сочетании с анкерами КАЗ.

Для сохранения выработок в пригодном для эксплуатации состоянии кроме крепления применяют различные меры охраны, позволяющие снизить напряжения в породном массиве в пределах контура выработки.

На Старобинском месторождении калийных солей широкое применение нашли два способа охраны горизонтальных выработок:

- 1) способ охраны компенсационными щелями (полостями);
- 2) способ охраны разгружающими выработками.

**Компенсационная щель** - узкая полость, образованная в элементах контура выработки (кровле, почве, боках) с целью перераспределения напряженного состояния породного массива и за счет этого увеличения срока службы выработки

При способе охраны компенсационными щелями последние устраивают по контуру выработки (рис. 1.49). Компенсационные щели могут проводиться как в период проходки выработок, так и в процессе их эксплуатации. Проведение компенсационных щелей в подготовительных выработках на стадии отработки выемочного столба должно осуществляться впереди лавы вне зоны влияния временного опорного давления. Протяженность зоны временного опорного давления ( $L$ ) определяется по формуле:

$$L = - 38,6 + 0,29 \cdot H - 0,000079 \cdot H^2, \text{ м}, \quad (1.25)$$

где  $H$  – глубина разработки, м.

В подготовительных выработках, расположенных со стороны отработанного или отрабатываемого с опережением смежного выемочного столба, компенсационные щели проводятся на расстоянии не менее  $1,5 \cdot L$ .

В первую очередь щели прорезают в кровле и вслед за тем (при необходимости) в боках и в почве. В выработках, подлежащих креплению анкерами и на сопряжениях выработок, щель проводится после возведения крепи. Глубина щели  $h_{щ}$  определяется по формуле:

$$h_{щ} \geq 0,25 \cdot b \pm 0,2 \text{ м}, \quad (1.26)$$

где  $b$  – ширина выработки, м.

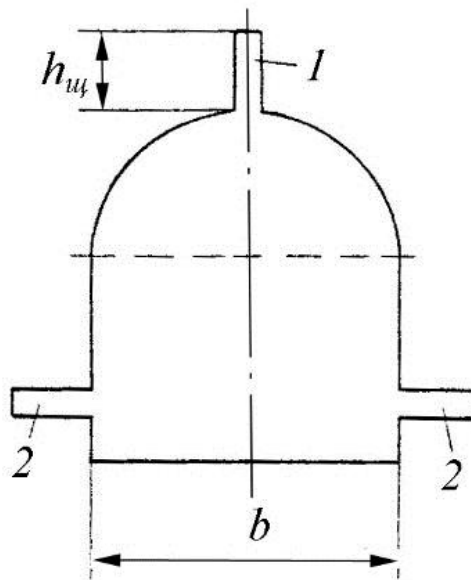


Рисунок 1.49 – Охрана горизонтальной выработки компенсационными щелями: 1 – щель в кровле выработки, 2 – щель в боках выработки,  $b$  – ширина выработки,  $h_{щ}$  – глубина щели

Щели, прорезаемые в кровле по оси выработки, располагают вертикально, а прорезаемые на участках перехода плоской кровли в криволинейную часть (в выработках шириной  $> 3,2$  м) – под углом  $75-80^\circ$ . Смещение вертикальной щели в кровле от оси выработки допускается не более  $0,5$  м.

Щели в кровле и боках проводят сплошными по длине выработки и заполняют податливым материалом. При глубине заложения выработки менее  $800$  м и ширине  $3,0-3,2$  м вертикальные щели допускается оставлять незаполненными. Деревянные брусья, используемые в качестве заполнителя, устанавливают в щелях через  $1,0-1,5$  м. Время между прорезкой щели и ее заполнением не должно превышать одних суток.

Механизм работы щелей заключается в том, что в зоне влияния очистных работ вмещающие породы разламываются у груди забоя щелей с образованием в кровле и стенках выработки монолитных блоков, которые продолжая деформироваться, создают вокруг выработки устойчивую защитную оболочку мощностью, примерно равной глубине щелей.

**Разгружающая выработка** - горная выработка, пройденная с целью снижения напряженного состояния породного массива в окрестности контура охраняемой выработки.

Разгружающие выработки проводятся с целью перераспределения напряжений вокруг охраняемой выработки, подверженной повышенному горному давлению (рис. 1.50).

Областью применения разгружающих выработок являются глубины не более  $800$  м. Разгружающая выработка проводится первой в группе и вслед за ней последовательно все остальные.

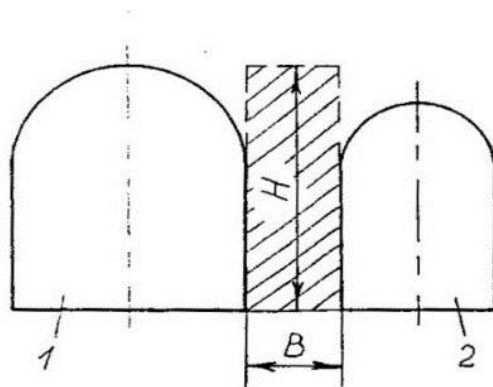


Рисунок 1.50 – Охрана горизонтальной выработки разгружающей выработкой:  
 1 – разгружающая выработка, 2 – охраняемая выработка,  $H$  – высота целика,  $B$  – ширина целика

Превышение кровли в разгружающей выработке относительно охраняемой должно быть не менее 0,8 м. Оно создается комбайном при проходке, буровзрывными работами, проведением компенсационной щели машинным способом или компенсационной полости комбайном избирательного действия.

Ленточные целики, оставляемые между разгружающей и охраняемой выработками, должны быть шириной 2,5-3,3 м.

Механизм воздействия разгружающей выработки на охраняемую заключается в создании возможности продольного смещения слоев кровли в сторону разгружающей выработки и снижения за счет этого вертикальной составляющей горного давления на охраняемую выработку.

### Методика расчета устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей

Методика для расчета устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей при разработке пластов столбовой, камерной и комбинированной системами позволяет прогнозировать деформации (конвергенцию «кровля-почва») и выбирать необходимые способы охраны, средства и параметры крепления выработок, предусмотренные разделом 3 данной инструкции и обеспечивающие их безопасное состояние в течение проектируемого срока службы.

**Конвергенцией** называют сближение противоположных стенок выработки. Сближение кровли и почвы — **вертикальная конвергенция выработки**.

Расчет устойчивости подготовительных выработок проводится в следующем порядке:

- оцениваются горно-геологические и горнотехнические условия разработки пласта с целью выбора варианта привязки кровли выработки, размера охранного целика, технологической схемы ведения горных работ;
- рассчитывается конвергенция «кровля-почва» выработки, соответствующая условиям принятого варианта;

– выбираются способы охраны, средства и параметры крепления выработки.

Если нет возможности обеспечить в принятом варианте устойчивость подготовительной выработки рассматриваются другие варианты, связанные, например, с оставлением в кровле пачки пород большей мощности или более прочной пачки пород, увеличением размеров охранного целика, поэтапным проведением выработки и т.п.

Прогнозируемое состояние подготовительной выработки на конечный срок службы с учетом принятых способов охраны, средств и параметров крепления допускает возможность появления в ней незначительных прогибов и отслоений пород, которые не должны существенным образом осложнять ведение горных работ.

Способы охраны, средства и параметры крепления подготовительных выработок включают:

- рациональное расположение выработок в пласте и относительно друг друга;
- регулирование напряженного состояния вмещающих пород с помощью разгружающих выработок и компенсационных щелей (полостей), обеспечивающее безопасное состояние выработки на конечный срок службы;
- оставление от выработанного пространства целиков достаточных размеров;
- ремонт и крепление.

Ширина целика для охраны бортового штрека лавы на границе с ранее отработанным выемочным столбом при опережении очистных работ в смежных столбах до 500 м и отсутствии других способов охраны штрека принимается по таблице 1.11.

Таблица 1.11

Выбор ширины целика для охраны бортового штрека лавы на границе с выработанным пространством

Глубина разработки ( $H$ ), м	400	500	600	700	800	900
Ширина целика ( $a$ ), м	30	35	45	60	80	100

*При опережении очистных работ в смежных столбах свыше 500 м ширина целика должна увеличиваться на 25 % по сравнению с данными таблицы 1.11.*

*В случае расположения в контуре охранного целика закладочных и других вспомогательных выработок, пройденных по проекту на всю длину панели параллельно бортовому штреку лавы, размер целика следует увеличивать на суммарную ширину этих выработок*

*Размеры целиков ( $a$ ) для основных применяемых на месторождении вариантов взаимного расположения выработок в технологических схемах подготовки выемочных столбов с учетом различных способов охраны выработок приведены на графиках рисунка 1.51. Данные материалы справедливы для случаев, когда опережение очистных работ в смежных выемочных столбах не превышает 500 м.*

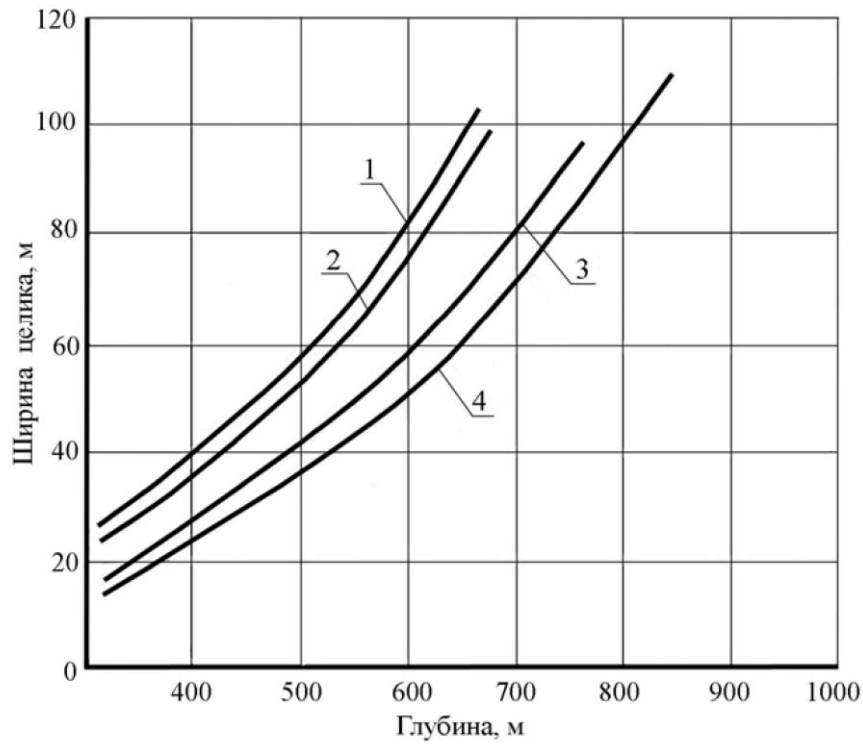


Рисунок 1.51 - Графики для выбора размеров охранных целиков ( $a$ ) при поддержании выработок на границе со смежной обрабатываемой панелью: 1 - группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, разгружающую выработку, бортовой штрек лавы (рисунок 1.52); 2 - группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы (рисунок 1.53); 3- группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы, охраняемый тремя компенсационными щелями (рисунок 1.53); 4- группа сближенных выработок, включающая разгружающую выработку и бортовой штрек лавы (рисунок 1.54)

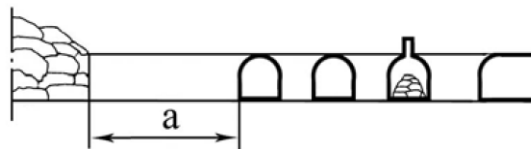


Рисунок 1.52 - Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, разгружающую выработку, бортовой штрек лавы

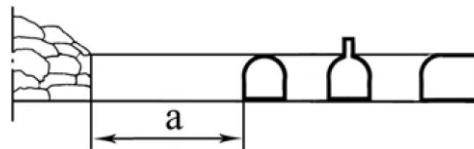


Рисунок 1.53 - Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы



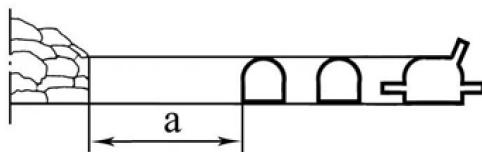


Рисунок 1.54 - Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы, охраняемый тремя компенсационными щелями

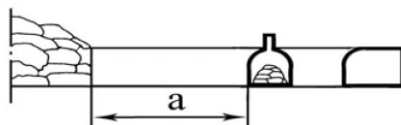


Рисунок 1.55 - Группа сближенных выработок, включающая разгружающую выработку и бортовой штрек лавы

**Бортовой штрек** - ограничивает выемочный столб лавы.

При комбинированном порядке отработки выемочных столбов в панели ширину внутрипанельного целика с учетом проведенных в целике технологических выработок, а также с учетом длительного срока службы панельных выработок увеличивают на 60 % по сравнению с данными таблицы 1.11. Это же положение распространяется на случай отработки выемочных столбов от выработок главного направления к границе панели в прямом порядке.

Ширина целика для охраны панельных выработок при выемке пласта с разделением на слои и отдельной подготовке слоевых лав или комбинированной системой:

- при опережении очистных работ в слоях свыше 400 м принимается по таблице 1.12.
- при опережении очистных работ в слоях 400 м и менее, и глубине разработки не более 800 м, приведенные в таблице 1.12 размеры целиков (а) уменьшаются на 30 %;
- при прямом порядке отработки выемочных столбов в панели, приведенные в таблице 1.12 размеры целиков, увеличиваются на 60 %;
- при селективной выемке слоев пласта в нижней лаве с возведением за забойной крепью широких (более 9 м) закладочных полос и глубине разработки до 700 м в условиях надработки пласта вышележащим горизонтом, приведенные в таблице 1.12 размеры целиков уменьшаются на 40 %.

Таблица 1.12

Выбор ширины целиков для охраны панельных выработок

Глубина разработки (Н), м	400	500	600	700	800	900
Ширина целиков (а), м	20	35	45	55	60	70

Ширина ленточных целиков между панельными выработками должна приниматься не менее:

- 3,0 м - на глубине 400-600 м;
- 5,0 м - на глубине 600-800 м;
- 10,0 м - на глубине более 800 м.

В случае применения разгружающих выработок ширина целиков между панельными выработками принимается в соответствии с технологическими требованиями к способу охраны разгружающими выработками.

Конвергенция «кровля-почва», ожидаемая на конечный срок службы выработок при соответствующих схемах ведения очистных работ, определяется по формулам, приведенным в таблице 1.13.

$$U = (V_0 \cdot t + U_1) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.27)$$

где  $V_0$  - средняя скорость конвергенции «кровля-почва» за пределами зоны временного и остаточного опорного давления (зоны влияния очистных работ) (таблица 1.14), мм/год;

$U_1$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки со стороны массива в зоне временного опорного давления собственной лавы (ширина целика при определении  $U_1$  равна 0), мм/м;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий влияние соседних выработок (таблица 1.15);

$K_2$  - коэффициент, учитывающий коэффициент, учитывающий пролет выработки, определяется из соотношения

$$K_2 = \frac{b_{\text{ЭКВ.}}}{b_{\text{ЭКВ. с.}}}, \quad (1.28)$$

где  $b_{\text{ЭКВ.}}$  - эквивалентный пролет выработки, м;

Под **эквивалентным пролетом** подразумевается ширина выработки неограниченной длины, устойчивость которой эквивалентна устойчивости кровли выработки произвольной формы.

$b_{\text{ЭКВ. с.}}$  - эквивалентный пролет стандартной выработки, в качестве которой принята выработка проходческого комбайна типа ПКС-8 ( $b_{\text{ЭКВ. с.}} = 2,0 \text{ м}$ );

$h$  - высота выработки, м.

Так, в общем виде эквивалентный пролет протяженных выработок  $b_{\text{ЭКВ}}$  определяется с учетом геометрии сечения выработок, их формы в плане по формуле (1.29) для всех сечений протяженных выработок, приведенных на (рисунок 1.56):

Формулы для расчета конвергенции «кровля-почва» в подготовительных выработках проектный срок службы  $U$ , мм

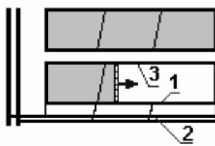
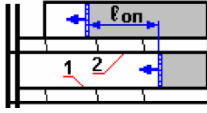
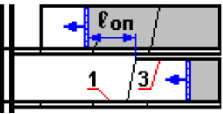
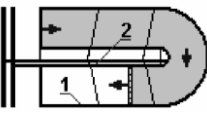
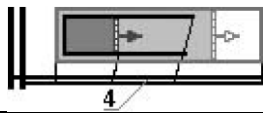
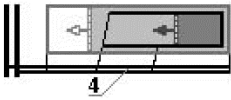
Схема ведения горных работ	Расположение выработки	Номер формулы для определения $U$
<b>Однослойная выемка или выемка на полную мощность пласта</b>		
Прямой порядок отработки панели 	1 - выработка со стороны массива в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы	(1.27)
	2 - выработка со стороны массива в зоне влияния временного и остаточного опорного давления собственной лавы	(1.30)
	3 - выработка в зоне влияния остаточного опорного давления смежной лавы и временного опорного давления собственной лавы	(1.31)
<b>Обратный порядок отработки панели</b>		
	1 - выработка в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы;	(1.27)
	2 - выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления смежной лавы и временного опорного давления собственной лавы.	(1.32)
	1 - выработка в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы;	(1.27)
	3 - выработка проводится поэтапно с отставанием от лавы смежного выемочного столба	При $l_{оп} < 500$ м – по (1.33) При $l_{оп} > 500$ м – по (1.34)
Комбинированный порядок отработки панели 	1 - выработка в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы;	(1.27))
	2 - выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления лавы при прямом порядке отработки выемочного столба и временного опорного давления при обратном порядке отработки выемочного столба в панели	(1.32), при этом $K_{оп}$ принимается равным 1
<b>Слоевая выемка с отдельной подготовкой слоевых лав</b>		
Прямой порядок отработки панели 	4 - выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления верхней и нижней лав	(1.35)
Обратный порядок отработки панели 	4 - выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления верхней лавы	(1.36)

Таблица 1.14

Средняя скорость конвергенции «кровля-почва» выработки вне зоны влияния очистных работ

Глубина разработки $H$ , м	Срок службы выработки $t$ , лет							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Средняя скорость конвергенции «кровля-почва» выработки $V_o$ , мм/год							
400	2,5	1,6	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	1,0
500	5,5	3,7	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,3
600	8,5	5,7	4,7	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5
700	11,5	7,8	6,4	5,7	5,4	5,1	5,0	4,8
800	14,0	9,8	8,0	7,3	6,8	6,5	6,3	6,0
900	17,0	12,0	9,8	8,7	8,1	7,7	7,5	7,2

Таблица 1.15

Коэффициенты учета влияния соседних выработок  $K_I$

Ширина целика, $a$ , м	Глубина разработки, $H$ , м					
	400	500	600	700	800	900
	Значение $K_I$ для двух выработок в группе					
3,0	1,1	1,12	1,16	1,20	1,25	1,30
5,0	1,04	1,06	1,14	1,18	1,22	1,27
10,0	1,0	1,0	1,07	1,12	1,14	1,18
	Значение $K_I$ для трех выработок в группе					
3,0	1,49	1,52	1,57	1,63	1,70	1,78
5,0	1,25	1,27	1,37	1,42	1,46	1,52
10,0	1,20	1,20	1,28	1,34	1,37	1,45
	Значение $K_I$ для четырех выработок в группе					
3,0	1,76	1,79	1,85	1,92	2,0	2,08
5,0	1,46	1,48	1,60	1,65	1,71	1,78
10,0	1,29	1,29	1,50	1,57	1,60	1,70

$$b_{\text{эKB.}} = \frac{4}{3} \cdot (R + R_1) + d, \quad (1.29)$$

где  $R$ ,  $R_1$  и  $d$  принимаются в соответствии со спецификацией к соответствующим рисункам:

а)  $R_1 = 0$ ;  $d = 0$ ;

б)  $R = R_1 = 0$ ;  $d = 0$ ;

в)  $R = 0,5 \cdot R_o$ ;  $R_1 = 0$ ;  $d = l_{\text{нл}}$ ;

з)  $R = 0; d = l_{пл}$ ;

д)  $d = 0$ ;

е)  $R_1 = 0; d = l_1 + l_2$ ;

$d$  - размер плоской части кровли выработки, м).

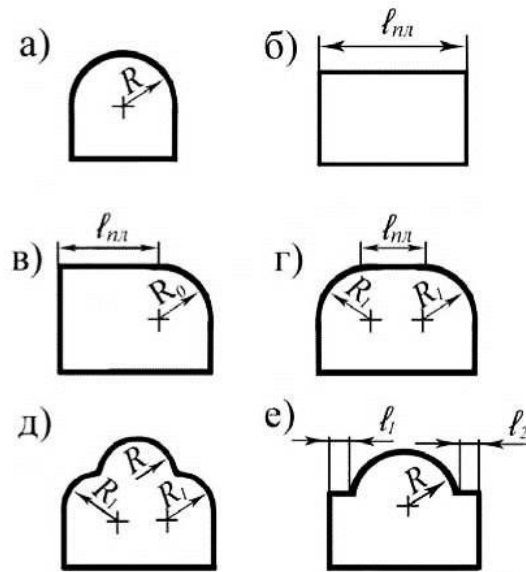


Рисунок 1.56 - Сечение протяженных выработок

Например, формула для расчета эквивалентного пролета (рисунок 1.56, в) имеет вид:

$$b_{эkv} = 0,67 \cdot R_0 + l_{пл}.$$

Формула (1.27) справедлива и для расчета конвергенции «кровля-почва» вентиляционных штреков лав, проводимых в центре столба.

$$U = (V_0 \cdot t + U'_1 + U'_2) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.30)$$

где  $U'_1$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне временного опорного давления смежной лавы, мм/м;

$U'_2$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне остаточного опорного давления смежной лавы, мм/м.

$$U = (V_0 \cdot t + U_2 + U'_2) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.31)$$

где  $U_2$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки со стороны выработанного пространства смежной лавы в зоне временного опорного давления собственной лавы, мм/м.

$$U = (V_0 \cdot t + U'_1 + K_{он}(U'_2 + U_2)) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.32)$$

где  $K_{on}$  – коэффициент, учитывающий длительность совместного влияния на выработку остаточного опорного давления лавы смежного выемочного столба и временного опорного давления лавы собственного выемочного столба в зависимости от величины опережения очистных работ в выемочных столбах ( $l_{оп}$ ).

Значения коэффициента  $K_{on}$  приведены в таблице 1.1 б.

Таблица 1.16

Значения коэффициента  $K_{on}$

Величина опережения ( $l_{оп}$ ), м	Значение коэффициента $K_{on}$
до 100	0,5
от 100 до 200	0,6
от 200 до 300	0,7
от 300 до 400	0,8
от 400 до 500	0,9
свыше 500	1,0

$$U = (U_2 + U_2') \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.33)$$

$$U = U_2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.34)$$

$$U = (V_0 \cdot t + U_1^B + U_2^B + U_1^H + U_2^H) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.35)$$

$$U = (V_0 \cdot t + U_1^B + U_2^B) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (1.36)$$

где  $U_1^B$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне временного опорного давления лавы верхнего слоя, мм/м;

$U_2^B$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне остаточного опорного давления лавы верхнего слоя, мм/м;

$U_1^H$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне временного опорного давления лавы нижнего слоя, мм/м;

$U_2^H$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне остаточного опорного давления лавы нижнего слоя, мм/м.

Значения относительной конвергенции «кровля-почва» при различных случаях воздействия на выработку опорного давления определяются по соответствующим номограммам, представленным на рисунках 1.57-1.59.

При определении  $U_1$  для бортовых штреков лав ширина целика –  $a = 0$ .

Способы охраны и средства крепления выработки на проектируемый срок ее службы выбираются в соответствии с данными таблицы 1.17, исходя из расчетного значения конвергенции «кровля-почва».

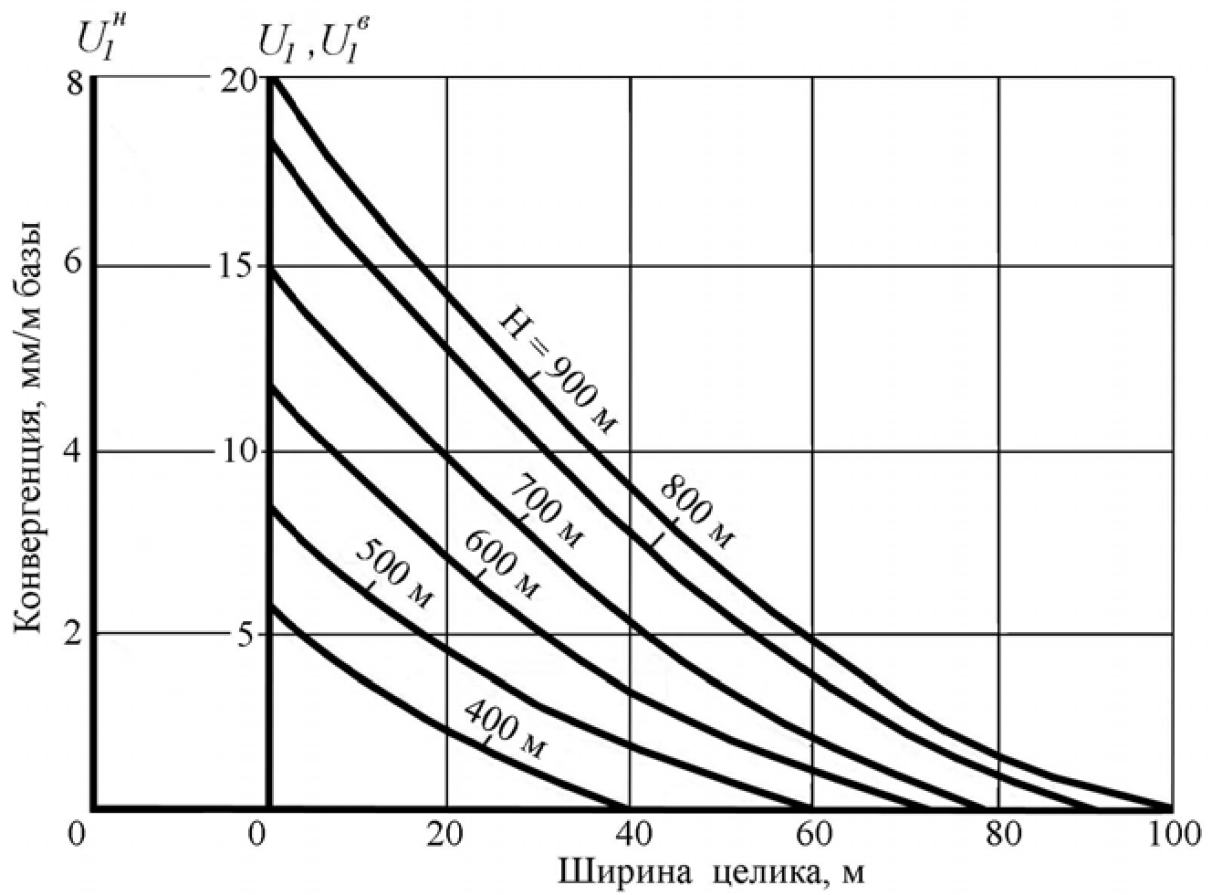


Рисунок 1.57 - Зависимости относительных конвергенций «кровля-почва» выработки в зоне временного опорного давления (со стороны массива) от ширины целика –  $U_1^H$ ,  $U_1$ ,  $U_1^B$

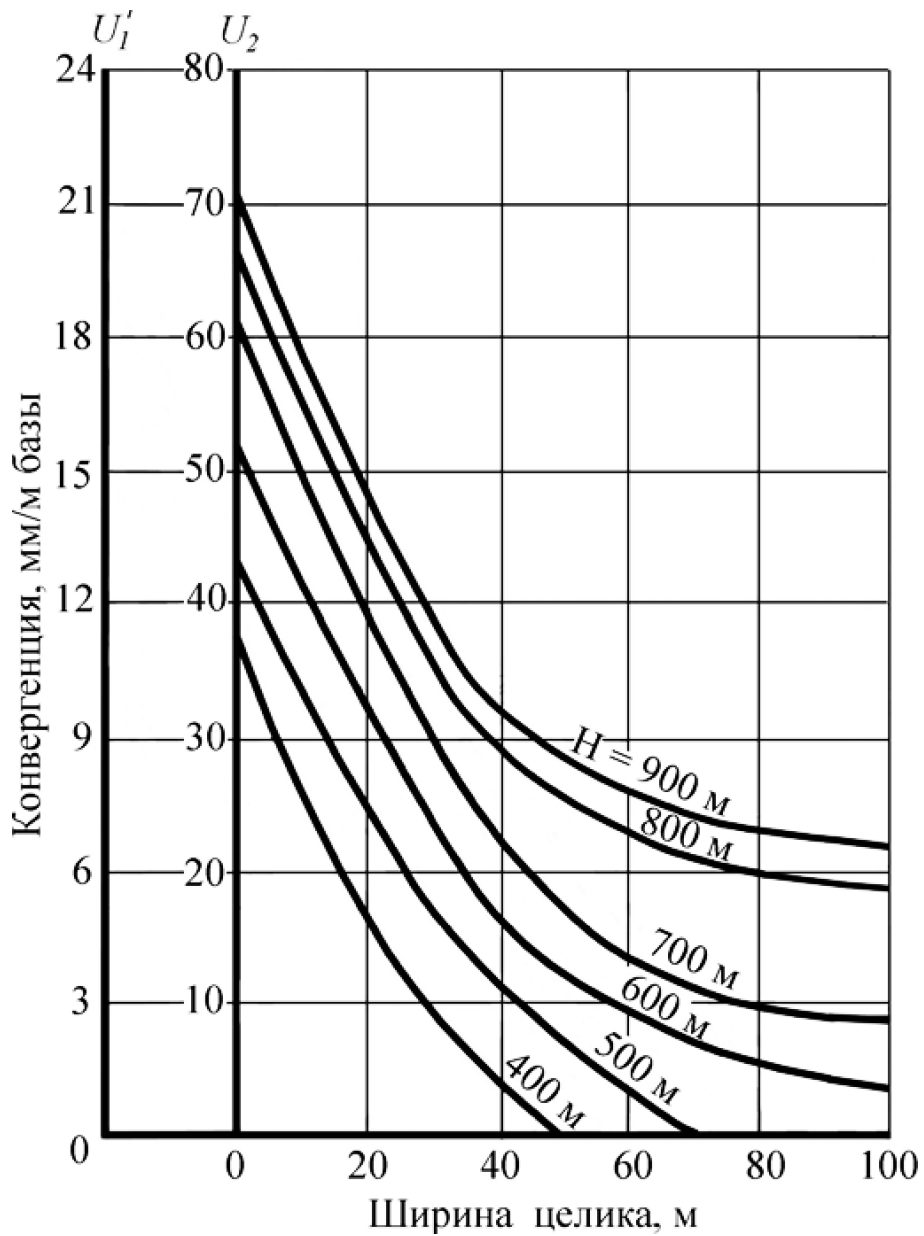


Рисунок 1.58 - Зависимости относительных конвергенций «кровля-почва» выработки в зоне временного опорного давления лавы (со стороны выработанного пространства) от ширины целика –  $U_1'$ ,  $U_2$



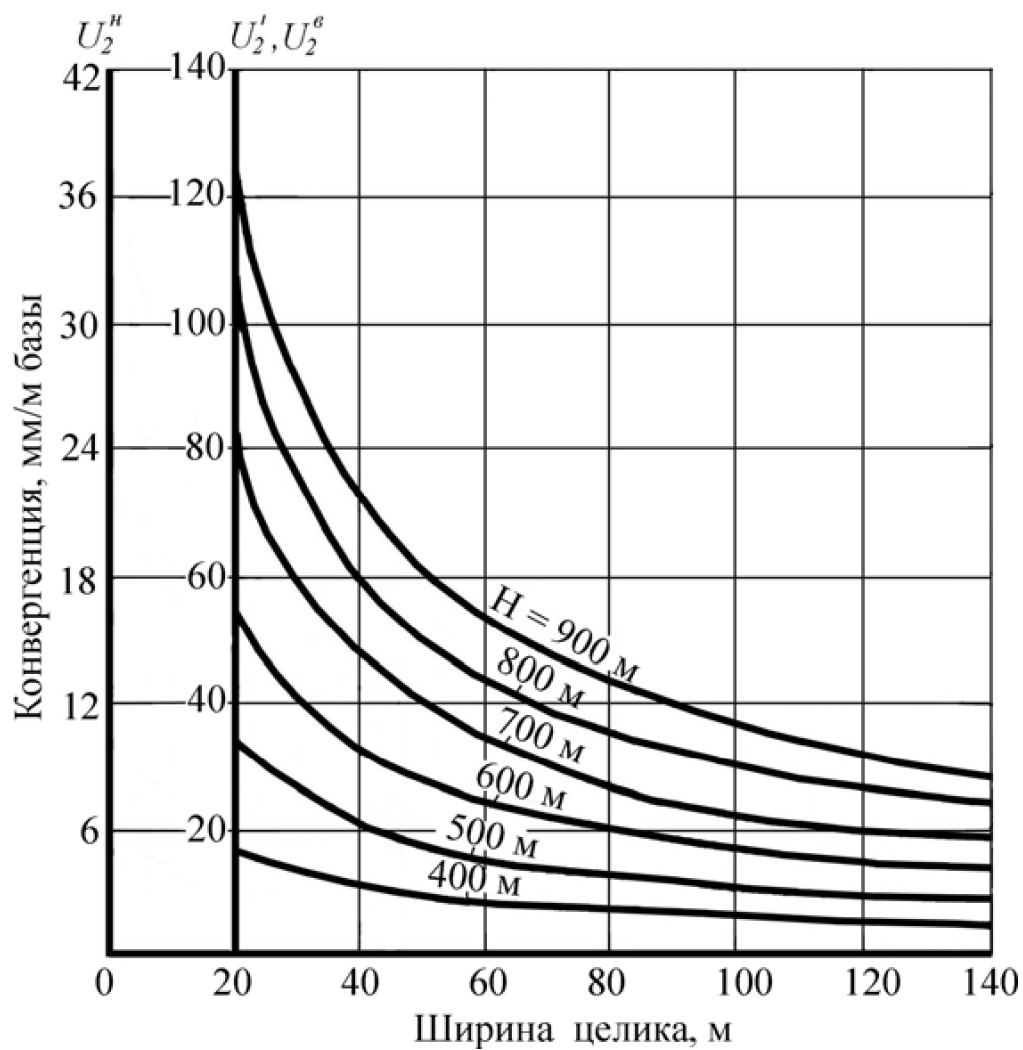


Рисунок 1.59 - Зависимости относительных конвергенций выработки в зоне остаточного опорного давления лавы от ширины целика -  $U_2^H, U_2^I, U_2^B$

## Выбор способов охраны и средств крепления подготовительных выработок

№ п/п.	Расчетное значение конвергенции «кровля-почва» $U$ , мм	Условия поддержания	Способы охраны и средства крепления
1	$U \leq 0,03 \cdot b$	Легкие	Не требуются
2	$0,03 \cdot b < U < 0,06 \cdot b$	Средние	Анкерная крепь, разгружающая выработка либо компенсационная щель в кровле.
3	$0,06 \cdot b < U < 0,09 \cdot b$	Тяжелые	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анкерная крепь, разгружающая выработка в сочетании с компенсационными щелями.</li> <li>– В панельных выработках проводятся щели в кровле и при необходимости две в боках.</li> <li>– Целики между выработками принимаются шириной 5-10 м.</li> </ul>
4	$U > 0,09 \cdot b$	Очень тяжелые	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анкерная крепь, разгружающая выработка в сочетании с компенсационными полостями (щелями большой ширины).</li> <li>– Устанавливаются стяжная или комбинированная крепи, в почве - компенсационные щели. В панельных выработках проводятся щели в кровле, почве и две в боках.</li> <li>– Целики между выработками принимаются шириной 10 м.</li> <li>– Козырьки и бока выработок крепятся анкерами КАЗ (крепь анкерная замковая).</li> </ul>

Примечание:  $b$  - ширина выработки, м (для выработок сложной геометрической формы в плане  $b = b_{\text{экв}}$ ).

## 1.17. Определение параметров анкерной крепи

**Под охраной** понимается совокупность заранее проектируемых мероприятий, направленных на предотвращение потери устойчивости выработки или снижение влияния горного давления. К числу способов и вариантов охраны относятся: использование рациональной формы поперечного сечения выработок, оставление вокруг них защитных толщ и целиков, расположение выработки в зонах массива с высокой прочностью или с пониженными напряжениями, снижение концентрации напряжений за счёт применения особой технологии проведения и др. Правильно выбранный способ охраны является эффективным способом снижения затрат на крепление и поддержание выработок.

**Крепление выработки** - применение горной крепи с целью предотвращения обрушения или уменьшения смещения пород для нормальной эксплуатации выработки.

**Поддержание выработки** - совокупность технических мероприятий, устраняющих нарушение её устойчивости в период эксплуатации.

Рациональная форма сечения выработки обеспечивает наилучшее использование несущей способности материала крепи. Форма выработки выбирается в зависимости от направления преобладающего давления. Так, при значительном давлении со стороны кровли рациональной является выработка со сводчатым очертанием в кровле (рисунок 1.60, а). При наличии значительного горного давления лучше выбрать подковообразную форму выработки (рисунок 1.60, б) или круглую форму (рисунок 1.60, г). При наличии значительного горного давления с кровли и с боков рациональной является подковообразная форма выработки (рисунок 1.60, б). При всестороннем давлении боковых пород лучше выбрать подковообразную форму с обратным сводом (рисунок 1.60, в) или же круглую (рисунок 1.60, г); последняя наиболее рациональна при равномерном давлении со всех сторон, например, в вертикальных выработках. При неодинаковом всестороннем, но симметричном давлении наиболее целесообразно эллиптическое сечение с большой осью в направлении большего давления (рисунок 1.60, д). В случае применения в качестве крепёжного материала дерева крепь криволинейного очертания сделать сложно, поэтому рациональной формой становится трапезиевидная (рисунок 1.60, е) или прямоугольная - шурфы, стволы (рисунок 1.60, ж).

**Горная крепь** - это искусственное сооружение, возводимое в подземных выработках для предотвращения обрушения окружающих пород и сохранения необходимых форм и размеров поперечных сечений выработок, а также управления горным давлением. Совокупность работ по возведению горной крепи называется креплением. Горная крепь должна удовлетворять техническим, производственным и экономическим требованиям.

**Под анкерной крепью** понимают систему закрепленных определенным образом в кровле, боках и почве выработок анкеров для упрочнения массива горных пород и повышения устойчивости обнажений, благодаря скреплению породных слоев или структурных блоков между собой.

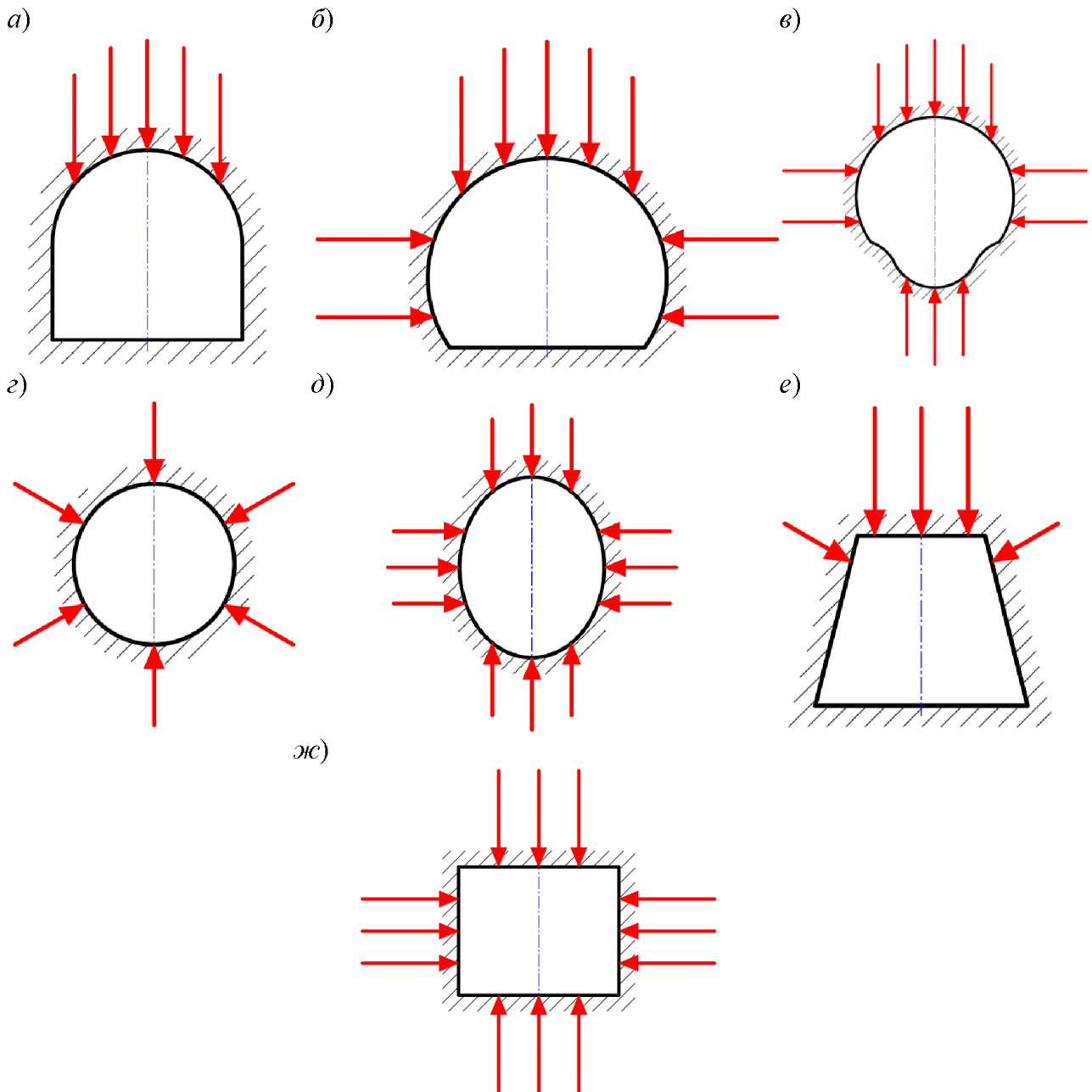


Рисунок 1.60 - Рациональные формы очертания выработок в зависимости от горного давления

Анкерная крепь представляет собой стержни - анкеры, закрепляемые различными способами в толще пород. Эту крепь применяют как в качестве самостоятельной крепи, так и в сочетании с другими видами крепей. Анкерная крепь имеет значительные технико-экономические и эксплуатационные преимущества перед обычными видами рамной крепи. Она обеспечивает повышение безопасности работ, улучшает состояние выработок и снижает затраты на их крепление и поддержание. По сравнению с другими видами крепи анкерная крепь позволяет легко механизировать процесс возведения крепи.

**Анкер** - стержень, имеющий на одном конце замок или участок стержня для закрепления в шпуре, а на другом (контурном) - резьбу под гайку или другое

устройство для натяжения закрепленного анкера и установки на контуре выработки поддерживающих элементов (опорных плит, подхватов).

Благодаря поддерживающим элементам породы кровли (стенок, почвы) как бы «сшиваются», вследствие чего происходит упрочнение массива пород и повышение устойчивости его обнажений (рисунок 1.61).

В породах со слоистой структурой слои неустойчивой непосредственной кровли либо:

скрепляются анкерами в одну монолитную плиту, которая способна воспринимать нагрузку от вышележащих пород (рисунок 1.61, а);

либо прикрепляются («подшиваются») к устойчивой основной кровле. При этом замки анкеров заглубляют в устойчивую зону породного массива не менее чем на 0,3 м (рисунок 1.61, б)

В породах неслоистой структуры анкера располагают в виде расходящихся лучей, в результате чего образуются сжатые породные клинья, которые не могут обрушиться в выработку из-за их самозаклинивания (рисунок 1.61, в).

На рисунке 1.62 также показаны варианты схем крепления выработок анкерами с опорными плитками и металлическими подхватами.

Материал анкерной крепи: дерево, металл, пластики, бетонная смесь.

Анкера различаются по способу закрепления в шпуре стержня анкера:

**Замковые**, закрепляемые в донной части шпура специальным устройством (замком).

**Беззамковые**, закрепление происходит за счет контакта с породными стенками шпура по всей длине его рабочей части.

**Смешанные**, представляющие комбинацию замковых и беззамковых анкеров.

Главный критерий при выборе анкерной крепи в рудниках - безопасность при проведении работ по креплению горных выработок в сложных горно-геологических условиях.

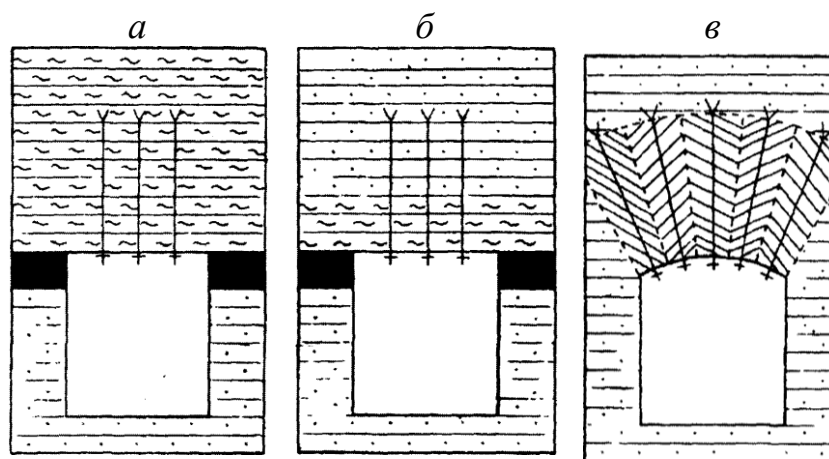


Рисунок 1.61 - Схемы крепления выработок анкерами: а - «сшивание» слоистых пород; б - прикрепление слоистых пород к монолитным; в - образование зажатых породных клиньев в монолитных породах

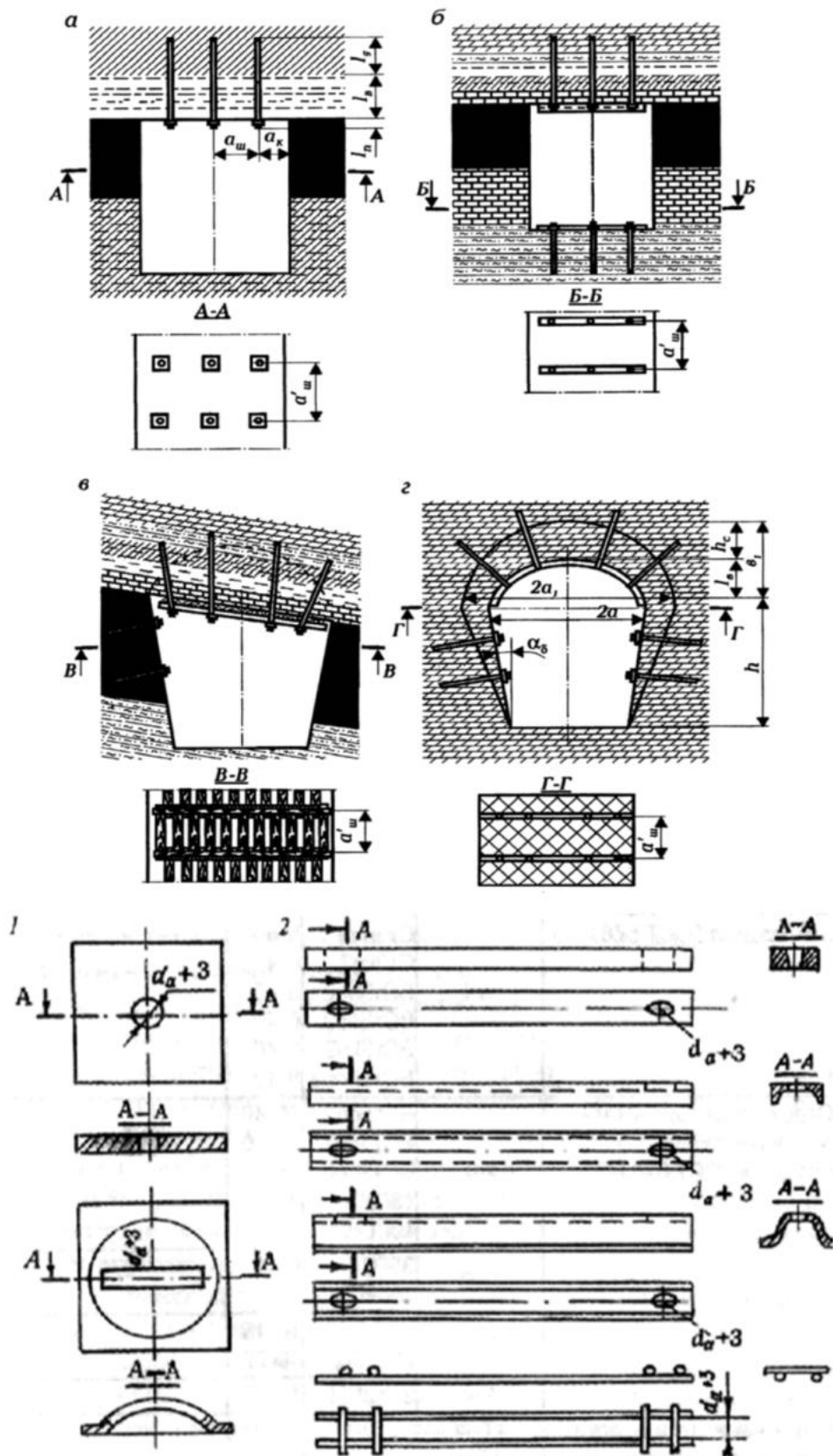


Рисунок 1.62 - Схемы крепления выработок анкерами: а - штанги с опорными плитками в кровле; б - штанги с металлическими подхватами в кровле и подошве; в - штанги с деревянными подхватами в кровле и с опорными плитками в боках; г - штанги с металлическим арочным подхватом и с затяжкой из сетки. 1 - опорные плитки; 2 - металлические подхваты

По характеру работы различают жесткие, податливые и ограниченно-податливые анкера.

Замковые анкера, имеют незначительный боковой распор, обладают меньшей несущей способностью, чем беззамковые анкера. Работа анкера замкового типа проходит по большей части в податливом режиме, поскольку усилия проскальзывания замка в шпуре оказываются меньше, чем усилие разрыва стержня.

Технические возможности беззамковых анкеров имеют ряд преимуществ, они работают в жестком режиме и способны при соответствующей плотности установки блокировать развитие смещений пород, ограничивая их 20 - 50 мм.

Основными параметрами анкерной крепи являются:

отставание крепи от забоя;

схема установки штанг по периметру сечения выработки;

длина штанг (глубина их установки в массив);

шаг установки штанг по длине и ширине выработки;

разрывное усилие штанги (определяется маркой стали и диаметром арматуры).

Отставание крепи от забоя определяет момент, с которого начинается поддержание выработки. Чтобы произошло натяжение анкеров, приконтурная часть массива должна сместиться в выработку. Вблизи забоя смещения контура выработки минимальны. Смещения массива развиваются по мере удаления забоя выработки на протяжении примерно 3-4-х габаритов выработки. На большем удалении от забоя смещения контура стабилизируются. Самый эффективный способ установки анкеров - у забоя выработки сразу после обнажения пород.

На практике из-за цикличности проходки (процессы отбойки, отгрузки, оборки заколов, крепления, бурения, зарядания выполняются последовательно, затем цикл повторяется) крепь практически всегда отстает от забоя. При большом отставании крепи от забоя на незакрепленном участке выработки происходит значительное разуплотнение структурных блоков или расслоение тонкоплитчатых пород. При этом массив теряет свою устойчивость. Начинаются вывалы, отслоения. Запоздалая установка анкеров резко снижает эффективность их работы, так как большая часть смещений уже произошла до установки крепи, не встречая ее сопротивления.

Процессы деформирования и разрушения горных пород развиваются во времени. Поэтому при остановке забоя на длительный срок крепь на пройденном участке выработки должна быть подведена вплотную к забою.

По этой же причине правилами безопасности запрещается допускать разрыв во времени между окончанием бурения шпуров под анкера и их установкой.

Выбор схемы установки анкеров по периметру сечения выработки определяется структурой массива, местами отслоений и вывалов. При проведении выработок в массивах с горизонтальной или пологопадающей слоистостью наиболее характерными являются отслоения плит пород с кровли по контактам слоев. В таких случаях крепят кровлю вертикальными анкерами (рисунок 1.63, а).

В массивах с практически вертикальным залеганием интенсивной сланцеватости в первую очередь происходит излом тонкоплитчатых пород в боках и их выдавливание в выработку (рисунок 1.63, б).

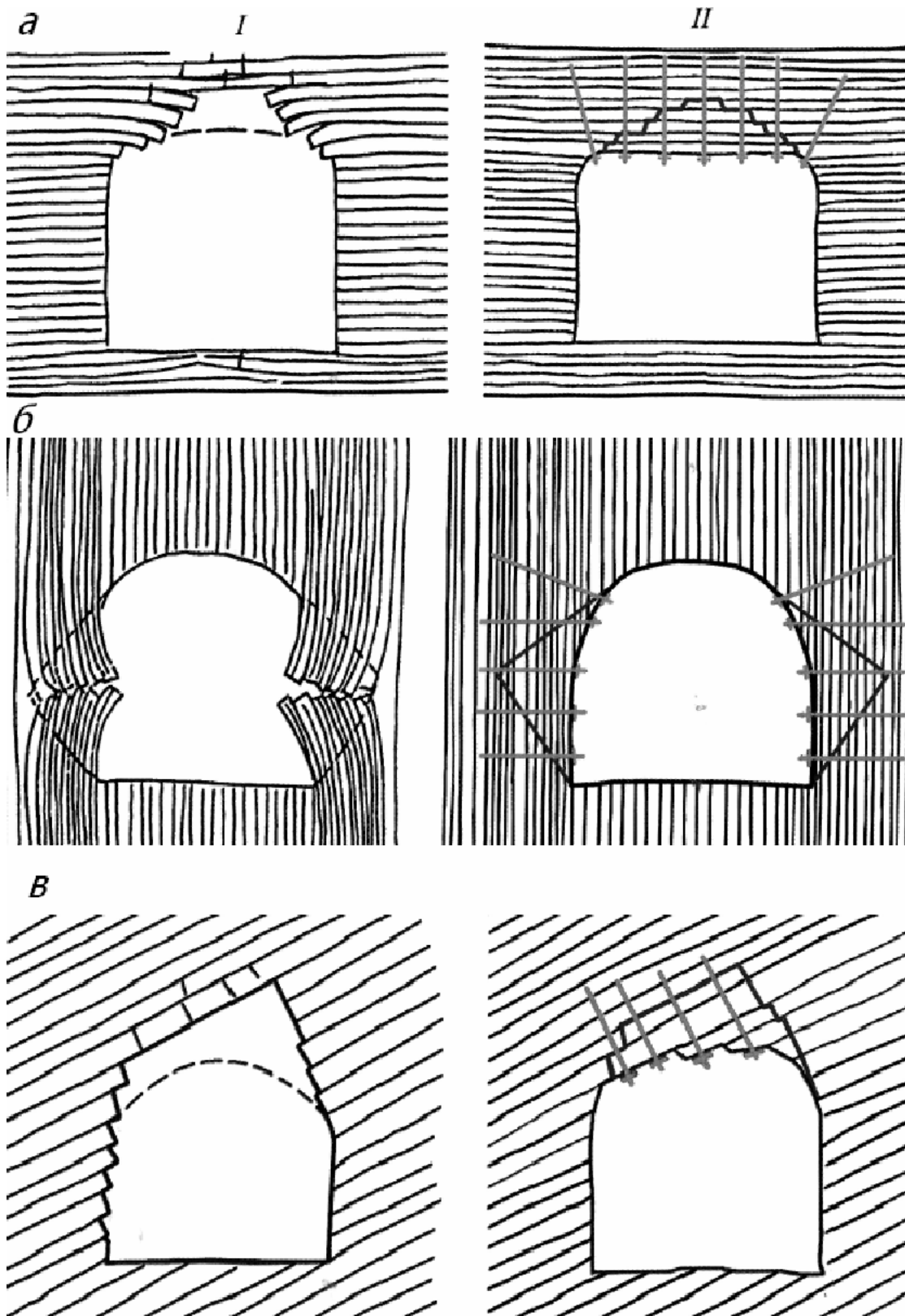


Рисунок 1.63 - Формы отслоений (I) и рациональные схемы установки анкерной крепи (II) при: *a* - горизонтальном, *б* - вертикальном, *в* - наклонном залегании поверхностей ослабления массива

При наклонном залегании слоистой толщи пород отслоения кровли происходят по межпластовым контактам и внутрипластовым поверхностям ослабле-



ния (зеркалам скольжения, поверхностям наложения и т.п.) (рисунок 1.63, в). Сечение выработки после отслоений приобретает несимметричный вид. Рациональная схема установки анкеров в кровле - наклонная, вкрест падения слоев.

Длина анкеров (глубина их установки в массив) должна превышать ожидаемую мощность отслоений. Наиболее надежным способом ее определения являются данные практики.

Длина штанг определяется по сумме мощности породных отслоений и длины замковой части, заглубленной в массив выше зоны расслоения. Длину замковой части анкера рассчитывают по условию сцепления штанги с массивом. Выбранную глубину установки анкеров проверяют на достаточность в ходе опытно-промышленных работ.

На сопряжениях выработок пролеты обнажения кровли существенно больше, чем в одиночной выработке.

Поэтому длина анкеров, достаточная для одиночной выработки (рисунок 1.64, а), может оказаться недостаточной на сопряжении (рисунок 1.64, б).

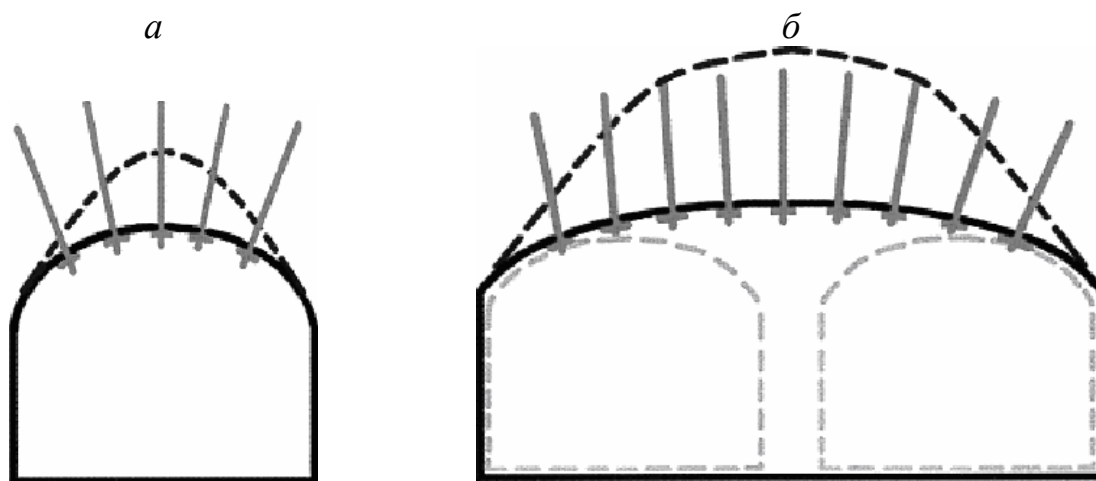


Рисунок 1.64 - Схемы, демонстрирующие, что длина анкеров, достаточная для одиночной выработки (а), недостаточна на сопряжении (б).

Шаг установки анкеров зависит от их длины. Область воздействия анкера на массив можно представить конусом, вершина которого находится в глубине массива у конца анкера. Сетка установки анкеров должна быть такой, чтобы области их влияния на контуре выработки перекрывались (рисунок 1.65). Чем больше длина анкеров, тем шире основание конуса, тем больше может быть шаг установки крепи.

При этом должны соблюдаться следующие условия:

- шаг установки анкеров должен быть меньше размеров структурных блоков, на которые массив раздроблен трещинами;
- несущая способность штанги на разрыв (определяется ее диаметром) должна быть достаточной для поддержания веса пород, приходящихся на один анкер в контуре ожидаемого отслоения.

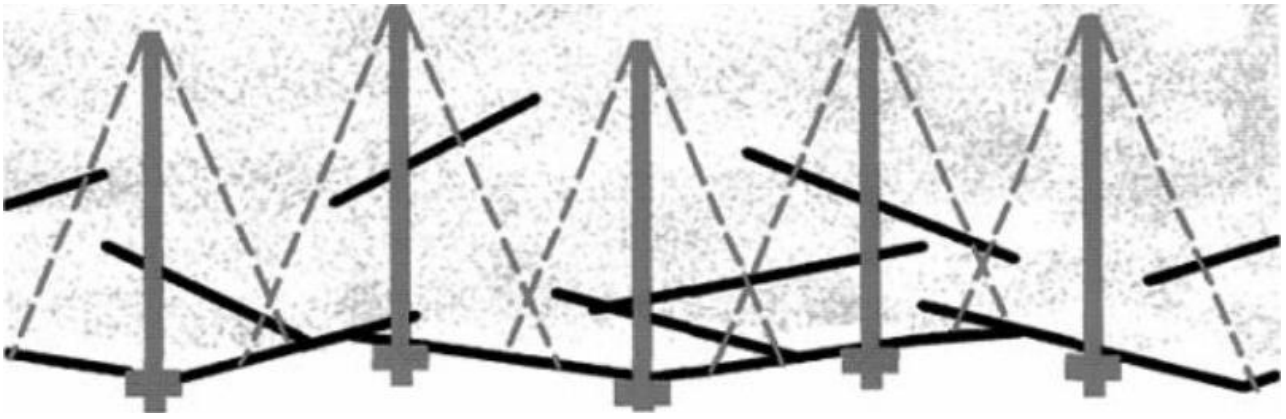


Рисунок 1.65 - Принцип шага установки анкерной крепи

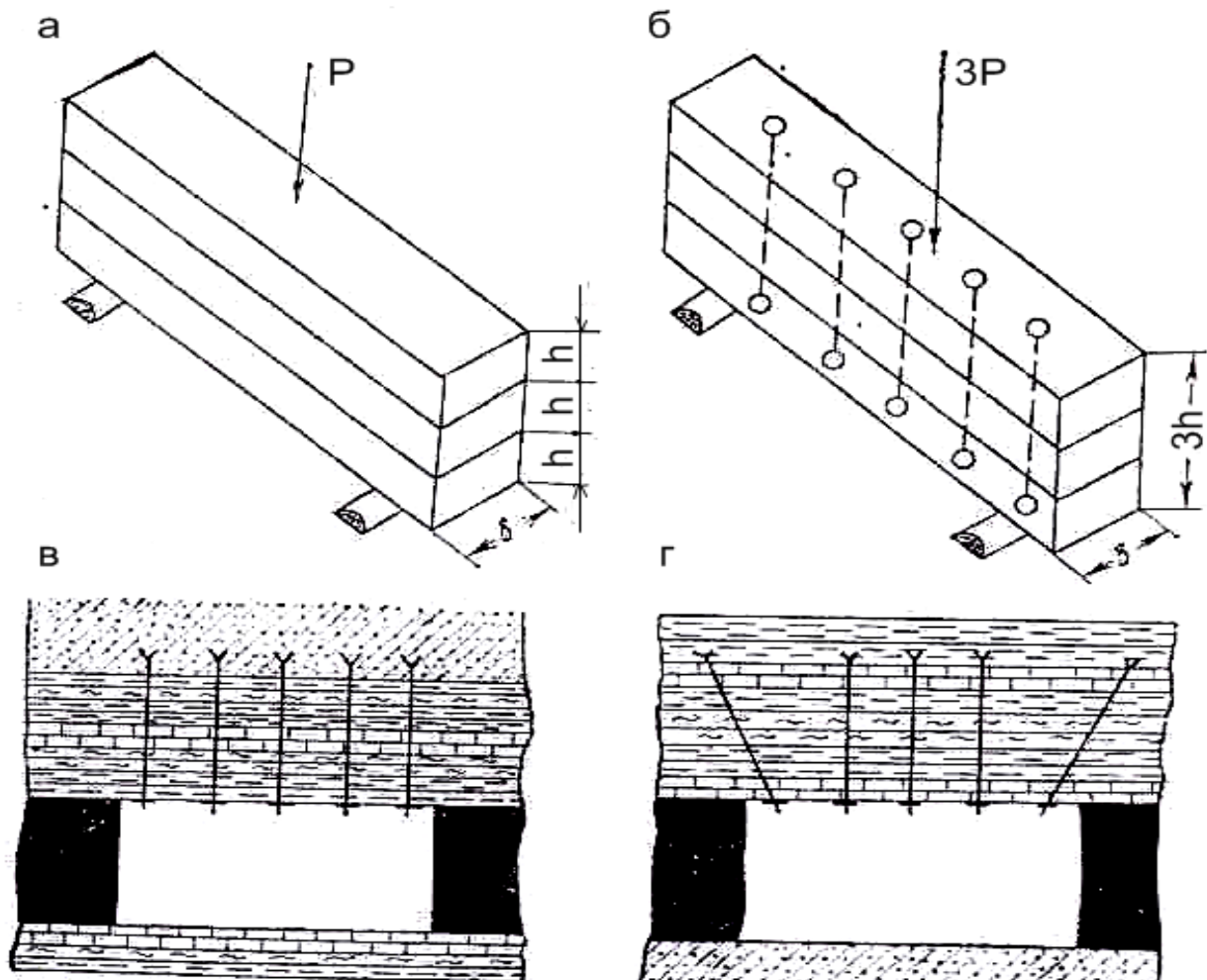


Рисунок 1.66 - Схемы, поясняющие работу анкерной крепи:

*a* – брусья, не скрепленные между собой; *б* – брусья, скрепленные болтами; *в* – слои пород непосредственной кровли «подшиты» анкерами к основной кровле; *г* – слои пород непосредственной кровли «сшиты» между собой анкерами

Сущность работы анкерной крепи можно пояснить на следующем примере. На две опоры положены один на другой (рисунок 1.66, *a*) три бруса, не скрепленных между собой. Их суммарный момент сопротивления составит:

$$W_{\text{несвяз}} = \frac{bh^2}{6} \cdot 3 = \frac{bh^2}{3}. \quad (1.37)$$

Если эти брусья прочно скрепить между собой болтами (рисунок 1.67, б), то суммарный момент сопротивления их значительно возрастет:

$$W_{\text{связ}} = \frac{b(3h)^2}{6} = \frac{3bh^2}{2} = 3W_{\text{несвяз}}. \quad (1.38)$$

Аналогичная схема работы породной плиты наблюдается и при скреплении анкерами отдельных слоев пород (рисунок 1.66, в, г). Если анкерную крепь установить вслед за обнажением пород кровли и создать в ней необходимое напряжение, то слои пород будут удерживаться в естественной связи, что будет способствовать предотвращению их расслоения и повышению несущей способности пород.

С помощью анкерной крепи обеспечивается взаимодействие отдельных слоев пород в кровле выработки. Это означает, что отдельные слои пород в зоне пониженных напряжений стягиваются анкерами, тем самым исключают в этих слоях действие вертикальных растяжений и сжатия и обеспечивают несущую способность кровли.

Поэтому в тонкослоистых породах можно с помощью анкеров закрепить слои пород в кровле и тем самым предотвратить их отделение от массива, взаимное сдвигание и прогибание в горную выработку. Устойчивость кровли при этом будет зависеть от предела прочности пород на изгиб и числа соединенных анкерами слоев.

Горную выработку можно поддерживать анкерной крепью и тогда, когда кровля ее не плоская, а сводчатая, порода частично разрушена или же предполагается различный характер залегания слоев. При сводчатой форме выработки обеспечивается дополнительное сопротивление боковым смещениям слоев пород. В этом случае анкера закрепляются в породе, в которой не произошло нарушение равновесного напряженного состояния, или где напряжения не превысили предела упругости породы.

Для противодействия растягивающим напряжениям анкера должны устанавливаться перпендикулярно к плоскостям зарождающихся трещин, т. е. в кровле – к плоскостям напластования, а в стенках – к плоскостям продольных трещин разрыва.

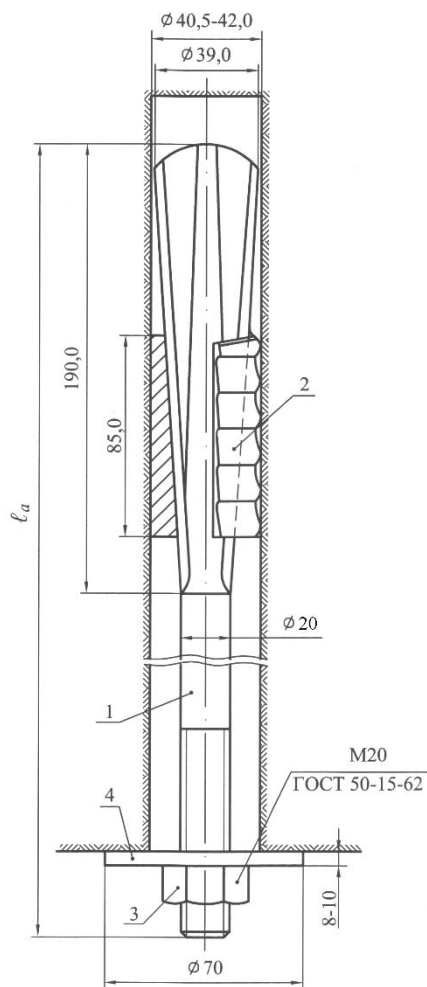
На рудниках Старобинского месторождения калийных солей применяются два типа анкеров: крепь анкерная замковая (КАЗ), имеющая постоянный контакт с породой лишь в местах установки замка и опорной шайбы и крепь анкерная, металлическая винтовая (КАМВ), имеющая постоянный контакт с породой по всей активной длине.

КАМВ работает в жестком режиме (податливость до разрыва анкера за счет вытягивания металла - до 30 мм). Крепь предусматривает повышение устойчивости приконтурных пород путем их сшивания.

КАЗ работает в податливом режиме (податливость анкера до полной потери несущей способности - 60-75 мм). Крезь предусматривает повышение устойчивости приконтурных пород за счет их подвешивания с расположением замковой части за пределами зоны возможного обрушения.

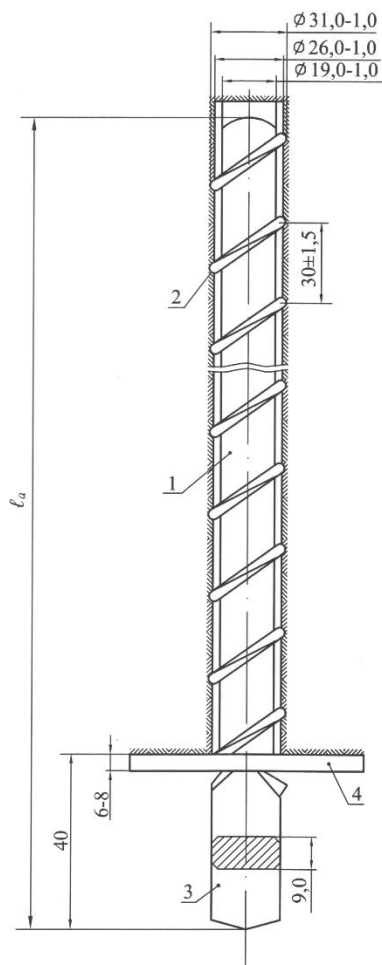
КАЗ (рисунок 1.67, а) состоит из стержня 1, который в верхней части переходит в клин, а в нижней части имеет резьбу, двух распорных полуштулок («сухарей») 2, натяжной гайки 3 и шайбы – опорной плитки 4. Анкер закрепляется в шпуре посредством расклинивания клиноконической головки распорными полуштулками.

а



Крезь КАЗ: 1 – стержень; 2 – две распорные полуштулки (сухари); 3 – натяжная гайка; 4 – опорная плитка (шайба)

б



Крезь КАМВ: 1 – круглый стержень; 2 – резьба специального профиля; 3 – хвостовик на шайбу; 4 – шайба опорная плоская

Рисунок 1.67 - Конструкции анкерной крепи КАЗ, КАМВ

Конструктивные размеры крепи для условий Старобинского месторождения калийных солей должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1.18.

Несущая способность и податливость замка зависят от разности диаметров замка и шпура, прочности пород и качества установки крепи.

## Конструктивные размеры КАЗ

Основные конструктивные размеры крепи	Величина показателя
Длина «сухарей», мм	85
Размер шайбы, мм	70 x 70 x 8÷10
Длина анкера, мм	от 900 до 2000 через каждые 100
Поперечный размер разрезного распорного замка (диаметр), мм:	
- в исходном положении	38
- в закреплённом положении	44
Диаметр стержня анкера, мм	20

В каменной соли и сильвините несущая способность анкера составляет *100-110 кг* при величине податливости в рабочем режиме *70 мм*. При установке в глинистых породах несущая способность анкера снижается до *50-70 кН* при той же средней величине податливости.

Достоинство анкеров КАЗ:

- обладают достаточно большой податливостью (*65-70 мм*);
- позволяют осуществлять визуальный контроль за состоянием крепи в процессе эксплуатации.

Недостатки:

- низкая несущая способность в глинистых породах;
- создают небольшое первоначальное натяжение (не более *25 кН* в соли и *5 кН* в глине);
- до выхода на максимальную нагрузку допускают расслоение сшитой пачки пород до *20-30 мм*;
- установка крепи трудоемка и не поддается механизации;
- конструкция анкеров не исключает случаи их установки с одним «сухарем», в результате чего несущая способность снижается до *5-15 кН*.

Рациональная область применения КАЗ:

- крепление кровли очистных и подготовительных выработок;
- крепление кровли выработок в сочетании с винтовыми анкерами;
- крепление «козырьков» выработок;
- крепление боков выработок и междуштрековых целиков.

Анкер КАМВ (рисунок 1.56, б) представляет собой круглый стержень из стали марки Ст.3, имеющий по всей длине резьбу специального профиля 2. Один конец анкера 3 расплюсчен с целью завинчивания его в шпур с помощью бурового оборудования и удержания опорной плитки 4. Закрепление анкера осуществляется за счет внедрения его витков в стенки шпура.

Конструктивные размеры крепи для условий Старобинского месторождения калийных солей должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1.19.

Процесс крепления выработок анкерами КАМВ состоит из бурения шпуров и завинчивания в них анкеров.

Прочность закрепления КАМВ в шпуре при заданных шаге и внешнем диаметре винта, угле профиля витков и прочности горных пород зависит от глубины завинчивания (количества витков, взаимодействующих с породой) и диаметра шпура.

При диаметре анкера по резьбе  $31,0-1,0$  мм и диаметре шпура  $26,0-1,0$  мм несущая способность анкера составляет  $100-120$  кН в каменной соли и  $70-100$  кН – в глинистых породах.

Таблица 1.19

### Конструктивные размеры КАМВ

Основные конструктивные размеры крепи	Величина показателя
Стандартная длина анкера, мм	900, ±50 1200±50, 1500±50, 1800±50
Наружный диаметр резьбы, мм	31-1,0
Внутренний диаметр резьбы, мм	19-1,0
Шаг резьбы, мм	30±1,5
Хвостовик под плоскую шайбу, мм	
- длина	50±10
- ширина	33...40
- толщина	10±1,0
Размер шайбы под хвостовик, мм	70x70x8
Отверстие под анкер, мм	25,5+0,52

#### Достоинства КАМВ:

- вступают в работу сразу после установки, не допускают расслоения пород;
- работы по возведению крепи механизированы;
- высокая несущая способность.

#### Недостатки:

- необходимость соблюдения точного соответствия между диаметрами шпура и анкера;
- трудоемкость бурения шпуров диаметром  $25-26$  мм в породах с высоким содержанием глинистых прослоек;
- ограниченная податливость анкеров (не более  $30$  мм);
- невозможность контроля за состоянием крепи в процессе эксплуатации.

Применение анкеров допускается в любых горно-геологических и горно-технических условиях месторождения. В выработках, где прогнозируются большие смещения пород, КАМВ целесообразно применять в сочетании с анкерами КАЗ.

Работает анкер в режиме нарастающего сопротивления.

### Методика расчета параметров анкерной крепи

Расчет параметров установки анкерной крепи включает в себя:

- расчет необходимой мощности скрепляемых анкерами КАМВ пород или высоты зоны возможного обрушения для анкеров КАЗ;
- расчет полной длины анкера и выбор ближайшего типоразмера крепи;
- определение расстояния между анкерами (шага установки анкеров по длине выработки);
- определение количества рядов анкерной крепи (шага установки анкеров по ширине для расширенных выработок, сопряжений, камер, перерубок).

Для анкеров КАМВ необходимая мощность скрепляемых анкерами пород  $M_{min}$  в кровле выработок и сопряжений без применения охраны компенсационными щелями определяется по формуле:

$$M_{min} = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{2,142 \cdot b_{эkv.}^3 \cdot \gamma}{1300 \cdot \sigma_{сж}^{уср.} - P_x}}, \text{ м} \quad (1.39)$$

где  $b_{эkv.}$  - эквивалентный пролет выработки, м (определяется по (1.29));

$\gamma$  - объемный вес пород в массиве,  $\gamma = 21 \text{ кН/м}^3$ ;

$\sigma_{сж}^{уср.}$  - усредненный предел прочности пород на сжатие, который определяется в соответствии с типом непосредственной кровли, МПа;

$P_x$  - нагрузка от сил бокового распора пород на скрепленную анкерами кровлю,  $\text{кН/м}^2$ . Значение  $P_x$  определяется по формуле:

$$P_x = K'_1 \cdot K'_2 \cdot K'_3 \cdot H \cdot \gamma \cdot \frac{\mu_{уср.}}{1 - \mu_{уср.}}. \quad (1.40)$$

где  $K'_1$ ,  $K'_2$ ,  $K'_3$  - коэффициенты, учитывающие соответственно влияние очистных работ, способ охраны и концентрацию напряжений в зоне выработок, определяются по справочным таблицам;

$H$  - глубина разработки, м;

$\mu_{уср.}$  - усредненный коэффициент Пуассона, принимается в зависимости от типа кровли.

Методика расчета эквивалентного пролета выработок различной геометрической формы представлена в таблице 1.20.

Методика расчета эквивалентного пролета выработок  
различной геометрической формы

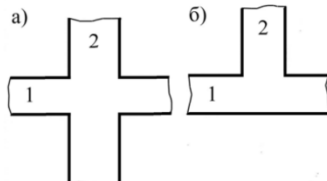
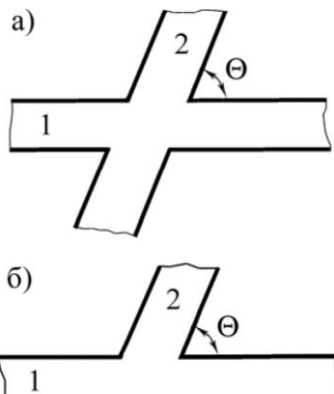

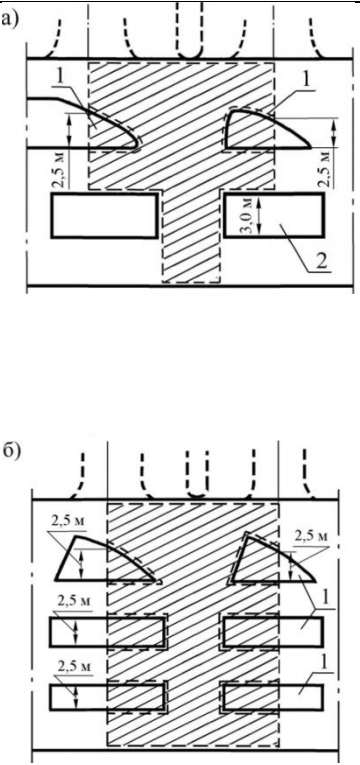

Схема выработок	Формулы для расчета эквивалентного пролета
<p>Сопряжения одиночных протяженных выработок под прямым углом</p> 	$b_{\text{экв.}} = b_{1\text{экв.}} + b_{2\text{экв.}} - \sqrt{\alpha \cdot b_{1\text{экв.}} \cdot b_{2\text{экв.}}},$ <p>где <math>b_{1\text{экв.}}</math>, <math>b_{2\text{экв.}}</math> - эквивалентные пролет выработки определяются для каждой из сопрягающихся выработок по формуле (3), м; для места сопряжения с пересечением (ноз. а) <math>\alpha = 0,32</math>; для места сопряжения без пересечения (ноз. б) <math>\alpha = 0,4</math>.</p>
<p>Сопряжение одиночных протяженных выработок под углом <math>30^\circ - 90^\circ</math></p> 	$b_{\text{экв.}\theta} = b_{\text{экв.}(\theta=90^\circ)} \cdot \sqrt{1 + 0,2 \cdot \cos \theta}$
<p>Выработки камерного типа, образованные путем расширения участка одиночной выработки (а) и камеры, образованные путем сбойки (перерубок) двух и более параллельных выработок (б)</p>	$b_{\text{экв.}} = \frac{2 \cdot S}{P}$ <p> - площадь для подсчета эквивалентного пролета (S) - (для а) в площадь обнажения (в плане) включается расширенный участок; - для б) в площадь обнажения (в плане) включаются расширенные участки параллельных выработок, образованные при разделке сопряжения, и подрезанные части ленточных целиков шириной не более 2,5 м);</p>



Схема выработок	Формулы для расчета эквивалентного пролета
	<p>----- - линия периметра (<math>P</math>) опорной поверхности кровли в пределах площади подсчета эквивалентного пролета;</p> <p><math>l</math> - податливый участок ленточного целика.</p>
<p>Камеры разворота для очистных комбайнов</p> 	$b_{экр.} = \frac{2 \cdot S}{P}$ <p> - площадь для подсчета эквивалентного пролета (<math>S</math>).</p> <p>Обнажение (в плане) ограничивается осями междукамерных целиков. В подсчет его общей площади включаются целики треугольной формы и столбчатые целики прямоугольной формы шириной не более 2,5 м. Целики шириной более вышеуказанного размера (жесткие) в подсчет площади обнажения не включаются.</p> <p>----- - линия периметра (<math>P</math>) опорной поверхности кровли в пределах площади подсчета эквивалентного пролета;</p> <p>1 – для а) податливый участок ленточного целика; для б) податливые столбчатые целики; 2 - жесткий столбчатый целик.</p>

**Непосредственная кровля** – это толща пород, залегающих непосредственно над пластом или ложной кровлей. Находится в устойчивом равновесном состоянии при наличии крепи, а после ее удаления обрушается через непродолжительное время. По составу и строению непосредственная кровля делится на три типа.

Тип кровли для условий Старобинского месторождения определяется по содержанию слабых прослоек в непосредственной кровле выработки  $\eta$  на высоту 2 м (таблица 1.21).

Каждому типу кровли соответствуют усредненные значения предела прочности пород на сжатие и усредненный коэффициент Пуассона.

Значения коэффициентов  $K'_1$ ,  $K'_2$ ,  $K'_3$ , учитывающих соответственно влияние очистных работ, способ охраны и концентрацию напряжений в зоне выработок, определяются по справочным таблицам 1.22 -1.24.

Таблица.1.21

Типы кровли и усредненные значения предела прочности пород на сжатие и коэффициента Пуассона

Состав и строение пород непосредственной кровли на высоту 2,0 м	Тип кровли	Усредненный предел прочности пород на сжатие $\sigma_{сж}^{уср.}$ , МПа	Усредненный коэффициент Пуассона $\mu_{уср.}$
Средняя мощность прочных слоев до 12 см; содержание слабых прослоек $\eta \geq 30\%$	I	20,6	0,35
Средняя мощность прочных слоев от 12 до 20 см, содержание слабых прослоек $\eta = 15-30\%$	II	23,5	0,3
Средняя мощность прочных слоев 20 см и более; содержание слабых прослоек $\eta < 15\%$	III	26,5	0,3

Таблица 1.22

Коэффициент  $K'_1$ , учитывающий влияние очистных работ

Разработка	$K'_1$
столбовой системой с обрушением кровли	3,0
камерной системой с податливыми целиками	2,6
камерной системой с жесткими целиками	2,0
в надработанном массиве	1,3
отсутствует влияние очистных работ	1,0

Если значение  $M_{min}$  превышает наибольший применяемый на рудниках типоразмер анкерной крепи, равный 1,8 м, то для обеспечения устойчивости выработки ее необходимо охранять компенсационными щелями или разгружающей выработкой.

Таблица 1.23

Коэффициент  $K'_2$ , учитывающий способ охраны выработок

Способ охраны выработок	$K'_2$
Компенсационная щель в кровле выработки	0,5
Компенсационная щель в кровле и разгружающая выработка	0,5
Разгружающая выработка	0,8
Присечная выработка	0,8
Целики, оставляемые для охраны панельных выработок при столбовой системе разработки пластов	0,4-0,8
Отсутствует влияние очистных работ	1,0

Таблица 1.24

Коэффициент  $K'_3$ , учитывающий концентрацию напряжений в зоне выработок

Выработки	$K'_3$
Одиночная протяженная	1,0
Две сближенные (сближенными считаются выработки, пройденные с целиком 2,5-5,0 м)	1,25
Три и более сближенные	1,7
Сопряжения, перерубки, капитальные камерного типа	1,3
Групповые, пройденные с целиком 5-8 м	1,12
Групповые, пройденные с целиком 8-15 м	1,07

Впоследствии при появлении видимых деформаций контура рекомендуется предусматривать дополнительное крепление (КАЗ, КАМВ, деревянные стойки, кусты, костры и так далее) или ремонт выработки.

Необходимая мощность скрепляемых анкерами КАМВ пород  $M_{min}$  в кровле выработок при использовании в качестве способа охраны компенсационных щелей рассчитывается по формуле:

$$M_{min} = h_{щ} \cdot \sqrt[3]{\frac{0,05 \cdot b_{эkv.}^2 \cdot \gamma \cdot (b_{эkv.} - 1,4 \cdot h_{щ})}{1300 \cdot \sigma_{сж}^{ур} - P_x}}, \text{ м} \quad (1.41)$$

где  $h_{щ}$  - максимальная глубина щели, м.

Для анкеров КАЗ высота зоны возможного обрушения пород  $h_{обр.}$  определяется по следующим формулам:

для выработки без применения охраны:

$$h_{обр.} = 0,7 A_i b_{эkv.}, \text{ м}, \quad (1.42)$$

где  $A_i$  - коэффициент, который определяется в зависимости от эквивалентного пролета выработки по таблице 1.25.

Для выработки, охраняемой компенсационными щелями:

$$h_{обр.} = 0,7 A_i (h_{щ} + b_{экв.}), \text{ м}, \quad (1.43)$$

Таблица 1.25

Значение коэффициента  $A_i$  при определении высоты зоны возможного обрушения пород

Эквивалентный пролет выработки $b_{экв.}$ , м	Значение коэффициента $A_i$	
	I тип кровли	II и III типы кровли
менее 3,0	0,35	0,35
от 3,0 до 4,5	0,35	0,5
от 4,5 до 6,0	0,5	0,5

При использовании анкеров КАЗ для крепления «козырьков» и «утогов» в районе сводчатых частей кровли выработки, высоту зоны возможного обрушения пород без применения компенсационных щелей следует принимать равной  $h_{обр.} = 0,5 - 0,7$  м.

Для сводчатых частей кровли выработки, охраняемой компенсационными щелями:

$$h_{обр.} = h_{щ} + 0,3, \text{ м}, \quad (1.44)$$

Расчетная полная длина анкера  $l$  определяется по формулам:  
для анкеров КАМВ

$$l = M_{min} + l_n, \text{ м}, \quad (1.45)$$

где  $l_n$  - пассивная длина анкера, м (часть анкера, выступающая из шпура в выработку; ее принимают в зависимости от конструкции анкера, толщины опорной плиты, подхвата и т. д., но не более 0,2 м; при отсутствии подхвата  $l_n$  принимается равной 0,05 м);

для анкеров КАЗ

$$l = h_{обр.} + l_3 + l_n, \text{ м}, \quad (1.46)$$

где  $l_3$  - длина замковой части анкера, заглубленная в массив за пределы зоны возможного обрушения пород, м;  $l_3 \geq 0,3$  м.

Для крепления выработки принимается анкер ближайшего большего типоразмера. Необходимо учитывать, что концы анкеров замковой конструкции должны располагаться в слоях каменной соли либо сильвинита.

В случае применения для охраны выработки вертикальной компенсационной щели в кровле или разгружающей выработки длина анкеров должна быть не менее высоты щели или величины превышения кровли разгружающей выработки над кровлей охраняемой выработки.

Шаг установки анкеров КАМВ в ряду ( $a_p$ ) определяется исходя из условия устойчивости нижнего слоя кровли по формуле:

$$a_p \leq \frac{1,3 \cdot m_n \cdot \sqrt{\frac{34000 \cdot \sigma_{сж}^{уср}}{P_x}}}{K_5}, м \quad (1.47)$$

где  $m_n$  - мощность пачки соляных пород по геологическому разрезу от кровли до первого глинистого прослойка мощностью более 3 мм или же до группы тонких глинистых прослоев суммарной мощностью более 3 мм, сосредоточенных в количестве трех и более на 1 см разреза кровли, м;

$K_5$  - коэффициент, равный 1,0 для подготовительных выработок; 1,8 - для выработок главных направлений, околоствольных дворов и камер служебного назначения.

Допускается корректировка полученных по формуле (1.47) значений  $a_p$ , но не более чем на  $\pm 0,1$  м.

Необходимое количество рядов крепи  $n_k$  в поперечном сечении протяженной выработки для случаев, когда в кровле выработки: отсутствует компенсационная щель

$$n_k = 1,5 \cdot \frac{b}{a_p} - 2,6. \quad (1.48)$$

предусмотрена компенсационная щель

$$n_k = 1,8 \cdot \frac{b}{a_p} - 2,6. \quad (1.49)$$

где  $b$  - ширина выработки, м.

В формулах (1.48), (1.49) при  $n_k < 1$  принимается один ряд крепи.

Расчетное количество рядов анкерной крепи округляется в большую сторону до ближайшего значения, кратного 0,5. Например, если расчетное количество рядов анкеров по ширине выработки равно 2,3, то принимается 2,5 ряда. Такое количество рядов в схеме крепления может быть реализовано следующим образом: в одном сечении устанавливается два анкера, в другом через  $0,5 \cdot a_p$  один и так далее. Возможна другая схема, когда в одном сечении устанавливают два анкера, в следующем на расстоянии  $a_p$  - три анкера и т. д.

Шаг установки анкеров КАЗ в ряду ( $a_p$ ) определяется исходя из условия подвешивания приконтурных пород кровли выработки по формуле:

$$a_p \leq \frac{R_3 \cdot n_3}{\gamma \cdot h_{обр.} \cdot (b - \frac{h_{обр.}}{1,43})}, м \quad (1.50)$$

где  $R_3$  - несущая способность анкера КАЗ,  $кН$ ; принимается по таблице 1.26;

$n_3$  - количество рядов анкерной крепи, принимается от 2 до 4 исходя из ширины плоской части кровли выработки.

Таблица 1.26

Определение несущей способности анкерной крепи  
в зависимости от типа кровли

Тип анкера	Несущая способность анкерной крепи, $кН$		
	тип кровли I	тип кровли II	тип кровли III
КАМВ ( $R_6$ )	70	85	100
КАЗ ( $R_3$ )	50	60	70

В выработках с плоской кровлей расстояние между рядами анкеров крепи, а также между крайним рядом и боком выработки должно быть не более принятого шага установки.

На сопряжении и в выработках камерного типа анкерная крепь устанавливается в шахматном порядке.

При расчетном шаге установки анкеров, равным 3,0 м и более, крепь в выработке не возводится.

Выработки шириной 3,0-3,2 м с устойчивой сводчатой формой кровли до появления признаков разрушения (трещины в кровле, отслоения боков и козырьков) поддерживаются без применения анкерной крепи. Нарушенные участки указанных выработок обираются и крепятся анкерной крепью.

Крепление сопряжений выработок, пересекающихся с различными привязками по кровле, производится анкерами КАЗ с применением в расчете расстояния между анкерами в ряду понижающего коэффициента 0,7.

При смешанном креплении выработок анкерами КАЗ и КАМВ рекомендуется в крайних рядах (у стенок выработки) устанавливать анкеры КАМВ, в центральных - анкеры КАЗ. Допускается регулярное чередование поперечных крепежных сечений с различным типом анкеров.

При необходимости повышения устойчивости нарушенных участков кровли длина анкеров, применяемых в качестве дополнительного крепления, определяется из условия подвешивания отслоившихся пород к устойчивым слоям кровли с заделкой в последние на глубину не менее 0,3 м.

Длина и параметры установки анкеров для крепления отслоений в стенках и кровле выработок определяется по месту с учетом характера отслоений и трещинообразования.

Для повышения эффективности работы анкерной крепи и устранения продавливания опорных шайб в соляные породы допускается крепление с использованием подхватов из деревянных досок толщиной  $0,04-0,05$  м.

## **2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **2.1. Подземные горные выработки, их расположение в пространстве и назначение**

*Цель работы:* изучить расположения подземных горных выработок в земной коре, их терминологическую характеристику.

#### **Задания**

1. Письменно дайте определения вертикальным горным выработкам.
2. Письменно дайте определения наклонным горным выработкам.
3. Письменно дайте определения горизонтальным горным выработкам.
4. Изобразите в рабочей тетради рисунок 2.1 и присвойте названия горным выработкам.
5. Изобразите в рабочей тетради рисунок 2.2 и присвойте названия горным выработкам.

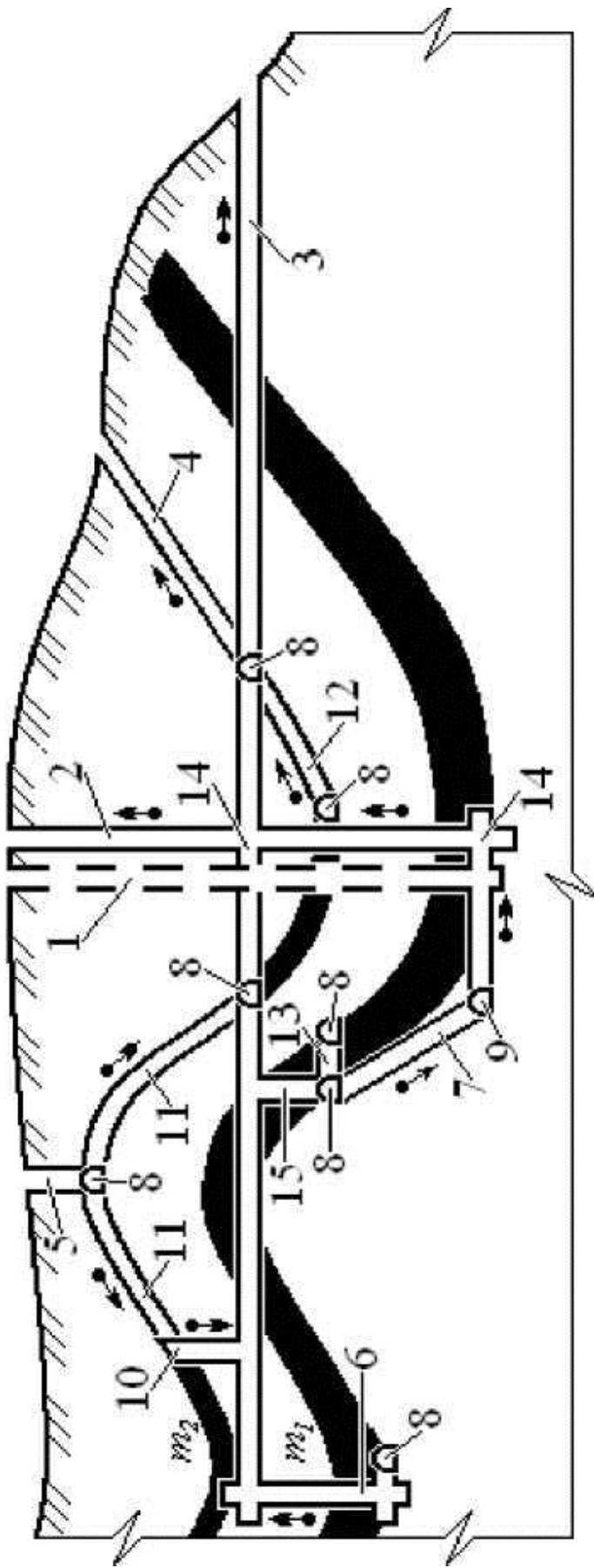


Рисунок 2.1 Схема расположения подземных горных выработок при разработке пластовых залежей (разрез вкрест простирания)



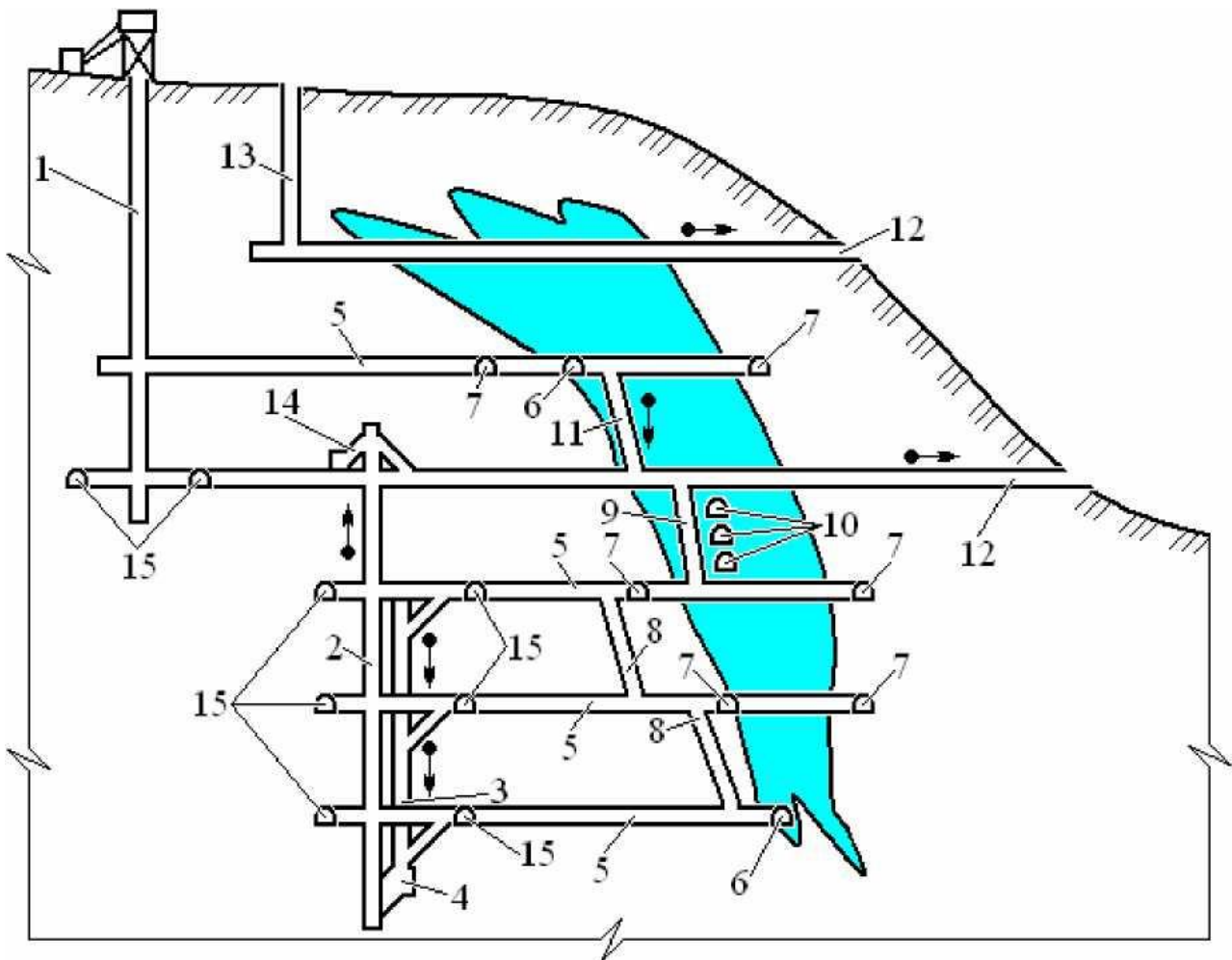


Рисунок 2.2 - Схема расположения подземных горных выработок при разработке рудной залежи (разрез вкрест простирания)

## 2.2. Способы вскрытия шахтного поля

*Цель работы:* изучить схемы вскрытия шахтных полей.

На рисунке 2.3 представлены схемы вскрытия вертикальными стволами с капитальным квершлагом отличающиеся тем, что вариант *а* предполагает для обеспечения восходящего проветривания уклонной части шахтного поля углубку вспомогательного ствола до нижней технической границы, по варианту *б* – для проветривания уклонной части проводится воздухоподающий ствол.

На рисунке 2.4 представлены схемы вскрытия вертикальными стволами с гарнизонными квершлагами отличающиеся тем, что по варианту *а* главный и вспомогательный стволы по мере отработки запасов в бремсберговых выемочных полях периодически углубляются для воспроизводства запасов, для обеспечения восходящего проветривания последней уклонной части шахтного поля углубляется только вспомогательный ствол. По варианту *б* для воспроизводства запасов главный и вспомогательный стволы периодически углубляются и шахтное поле обрабатывается только бремсберговыми выемочными полями.

Рассмотренные варианты вскрытий применяются при пологом залегании пластов. Отличительным признаком является размер шахтного поля по падению.

С целью увеличения пропускной способности выдачи полезного ископаемого и обеспечения полной конвейеризации транспорта пласты вскрывают наклонными стволами, проводимыми по нижнему пласту или по породам лежащего бока (рисунок 2.5). В качестве дополнительных вскрывающих выработок используются капитальные или горизонтные квершлагги.

Крутонаклонные и крутые пласты вскрываются вертикальными стволами с этажными квершлаггами (рисунок 2.6). Так как количество полезного ископаемого в границах этажа обычно значительно меньше чем в границах панели, то возникает необходимость частой углубки вертикальных стволов. Чтобы не снижать производительность скипового подъема полезного ископаемого проводят дополнительно породоуглубочный ствол с опережением на один этаж и затем углубляют главный и вспомогательный стволы в направлении снизу вверх (см. рисунок 2.6, а).

С этой же целью этаж делят на два подэтажа (см. рисунок 2.6, б). Руда, поступающая на промежуточный горизонт, перепускается через гезенки на основной. Таким образом, время отработки этажа до реконструкции шахты увеличивается.

Сочетание при вскрытии различных по пространственному положению основных вскрывающих выработок представляет комбинированное вскрытие (рисунок 2.7). В данном примере погрузка полезного ископаемого осуществляется непосредственно на главный наклонный ствол, а восходящее проветривание уклонных выемочных полей осуществляется через вертикальный воздухоподающий ствол.

В условиях гористой местности применяется вскрытие штольнями (рисунок 2.8), позволяющее обеспечить простую схему транспорта полезного ископаемого и водоотлива при отработке запасов выше штольневого горизонта, при отработке запасов ниже штольневого горизонта используется ступенчатый подъем, затрудняется проветривание.

Чтобы правильно выбрать способ и схему вскрытия, производят экономическую оценку нескольких приемлемых для данных горно-геологических условий и окончательно принимают наиболее выгодный.

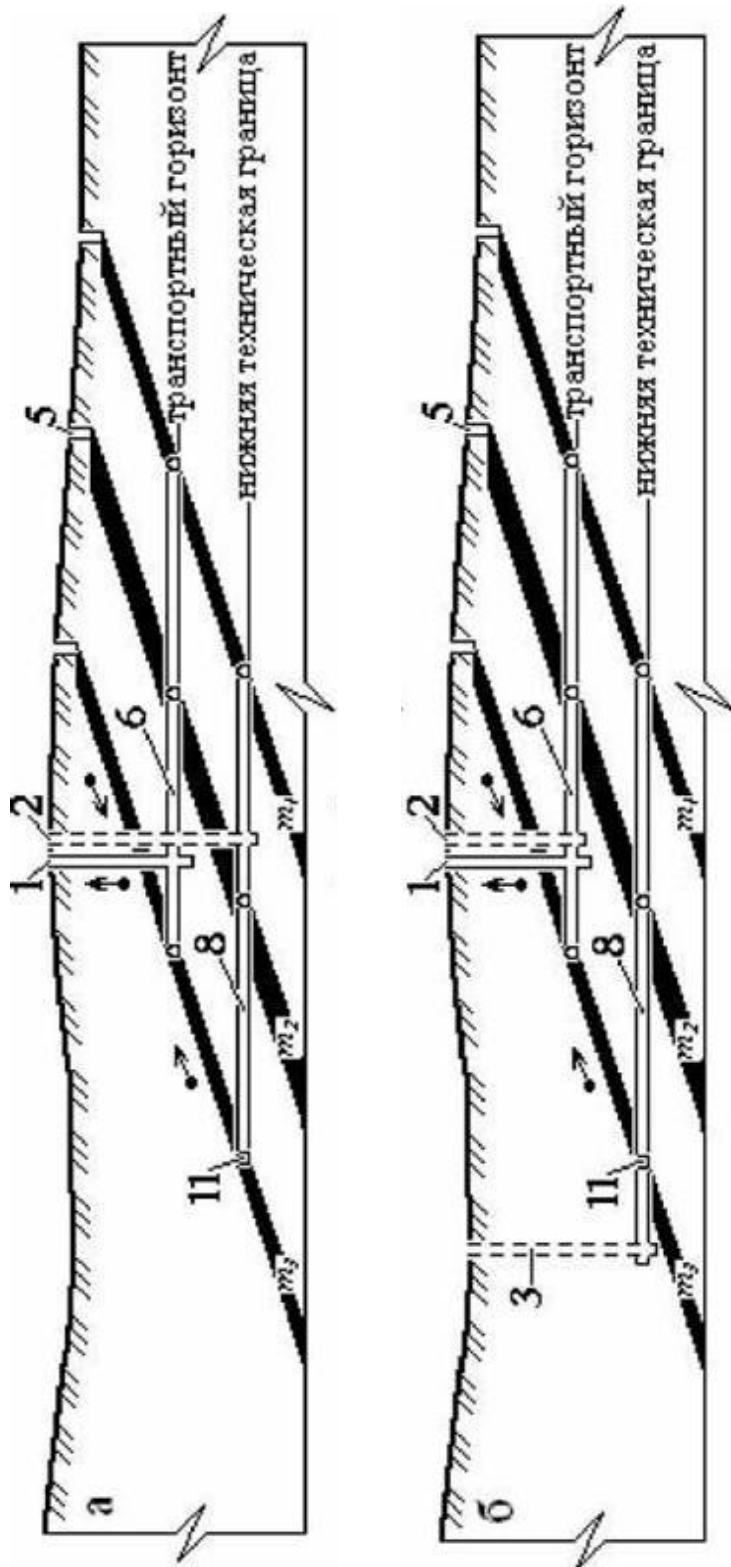


Рисунок 2.3 - Вскрытие вертикальными стволами с капитальным квершлагом

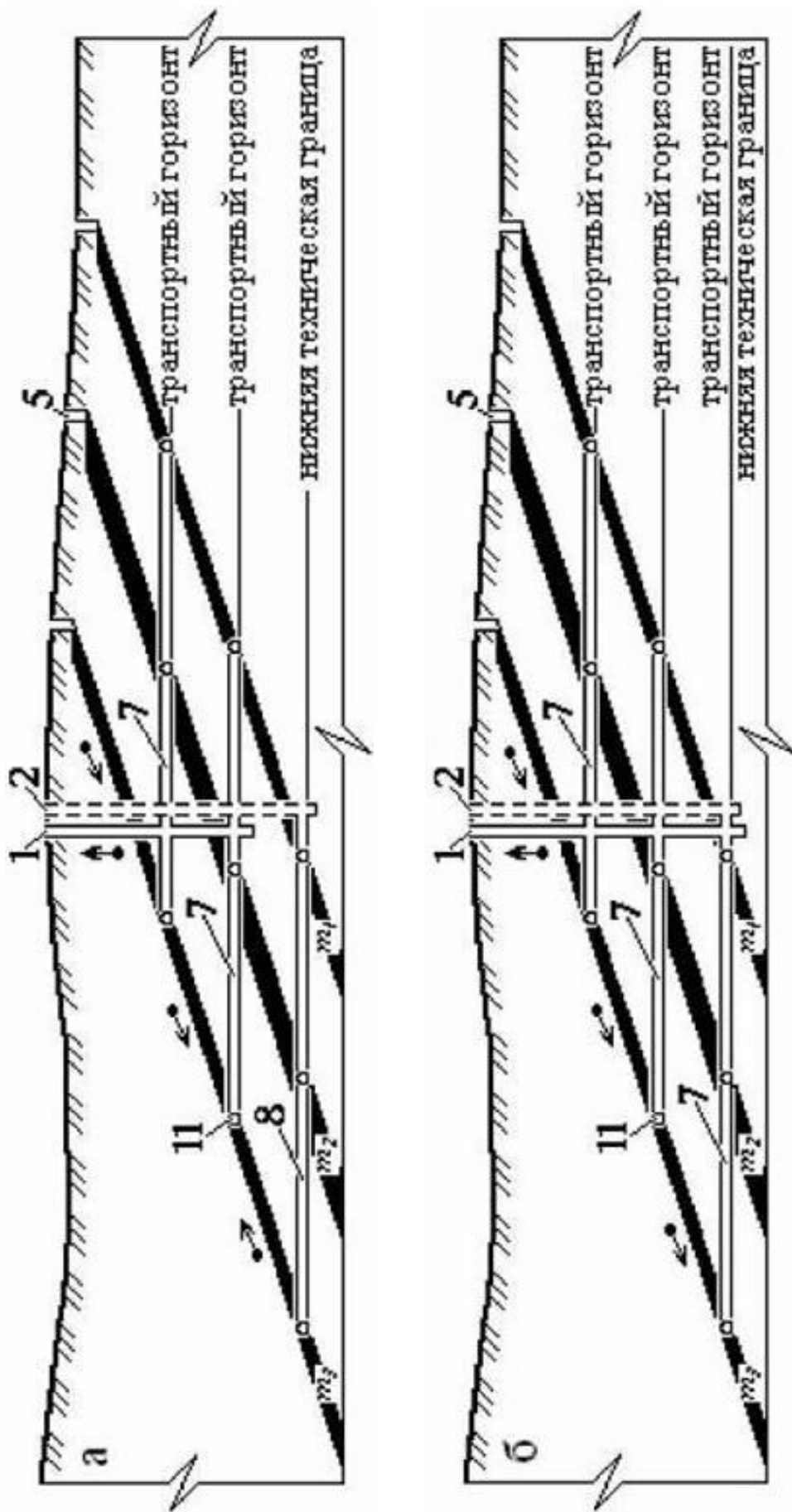


Рисунок 2.4. Вскрытие вертикальными стволами с горизонтными квершлагами

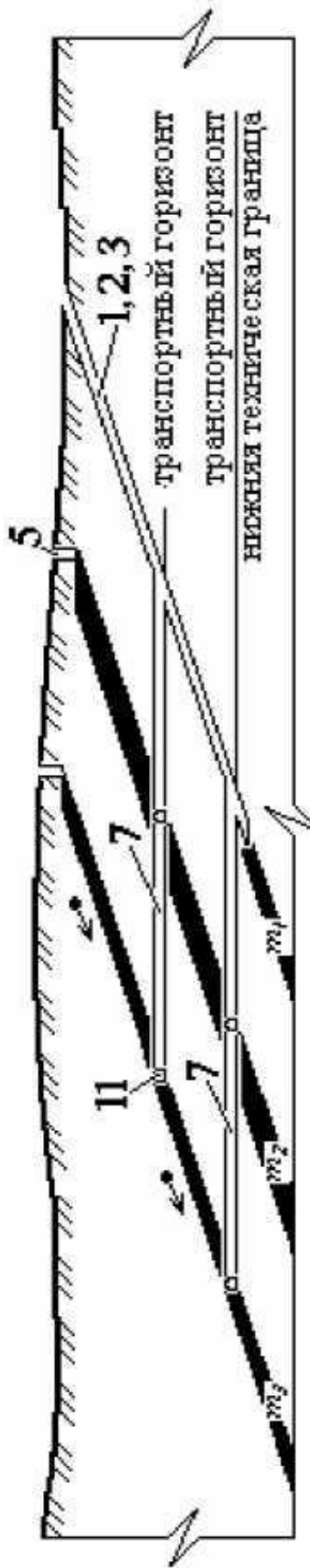


Рисунок 2.5 Вскрытие наклонными стволами с горизонтными квершлагами

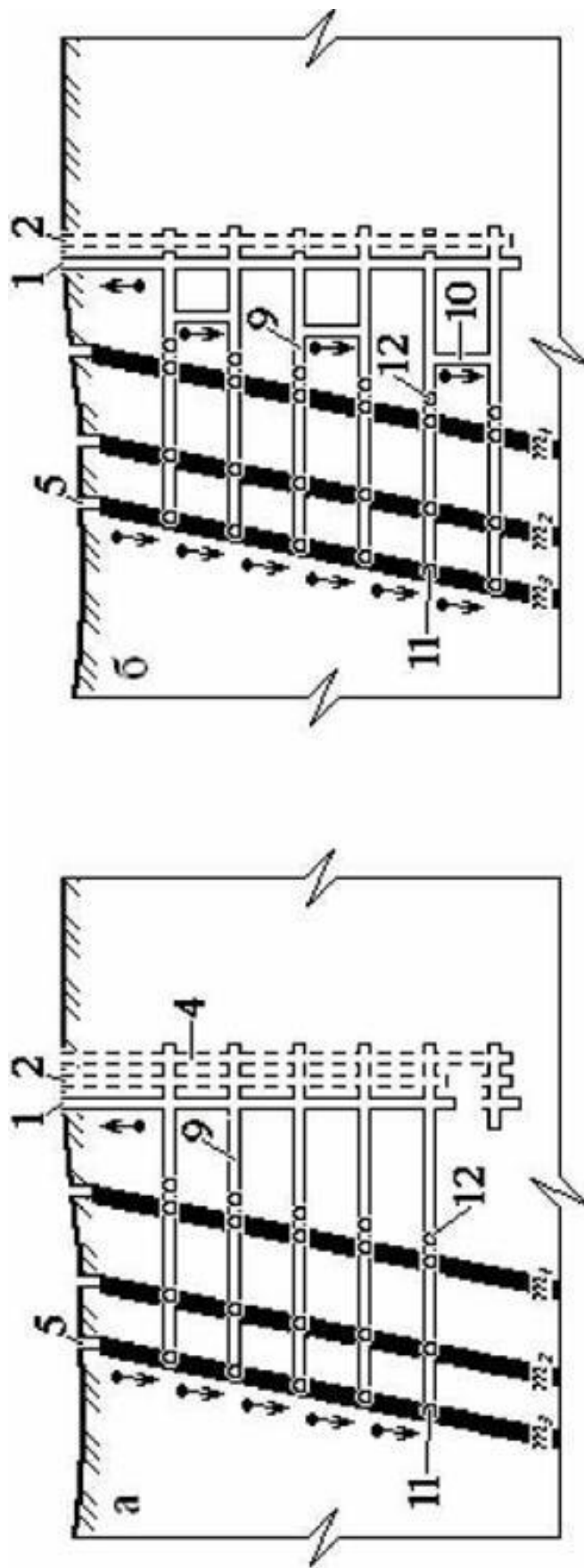


Рисунок 2.6. Вскрытие вертикальными стволами с этажными квершлагами

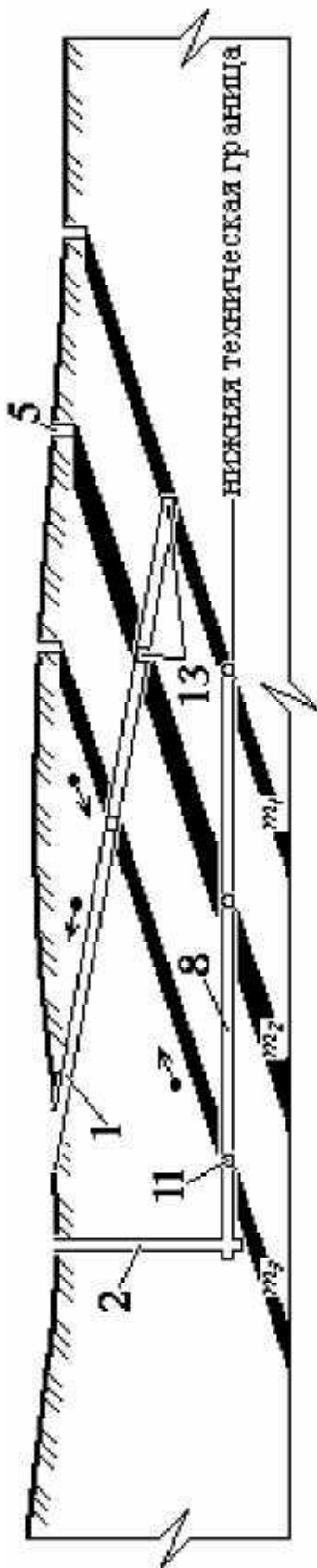


Рисунок 2.7 - Комбинированное вскрытие

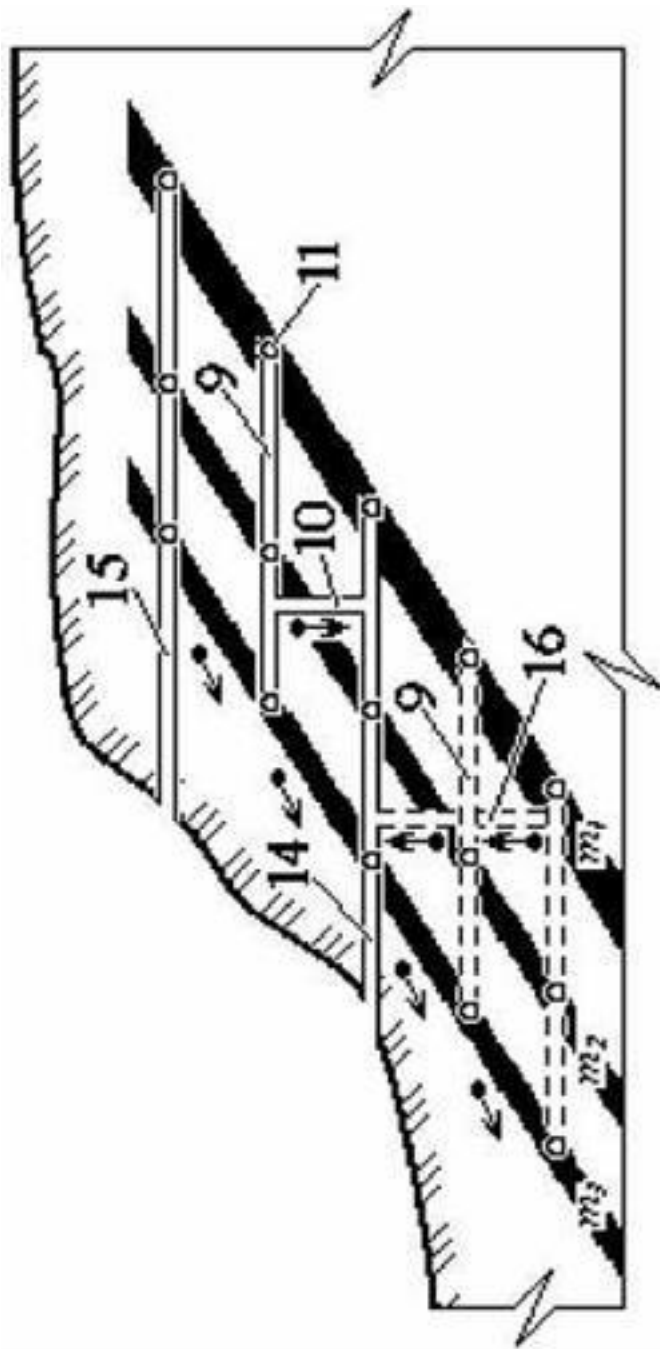


Рисунок 2.8 - Вскрытие штольнями с этажными верхшагами и слепыми стволами

## 2.3. Схемы способов вскрытия рудных месторождений

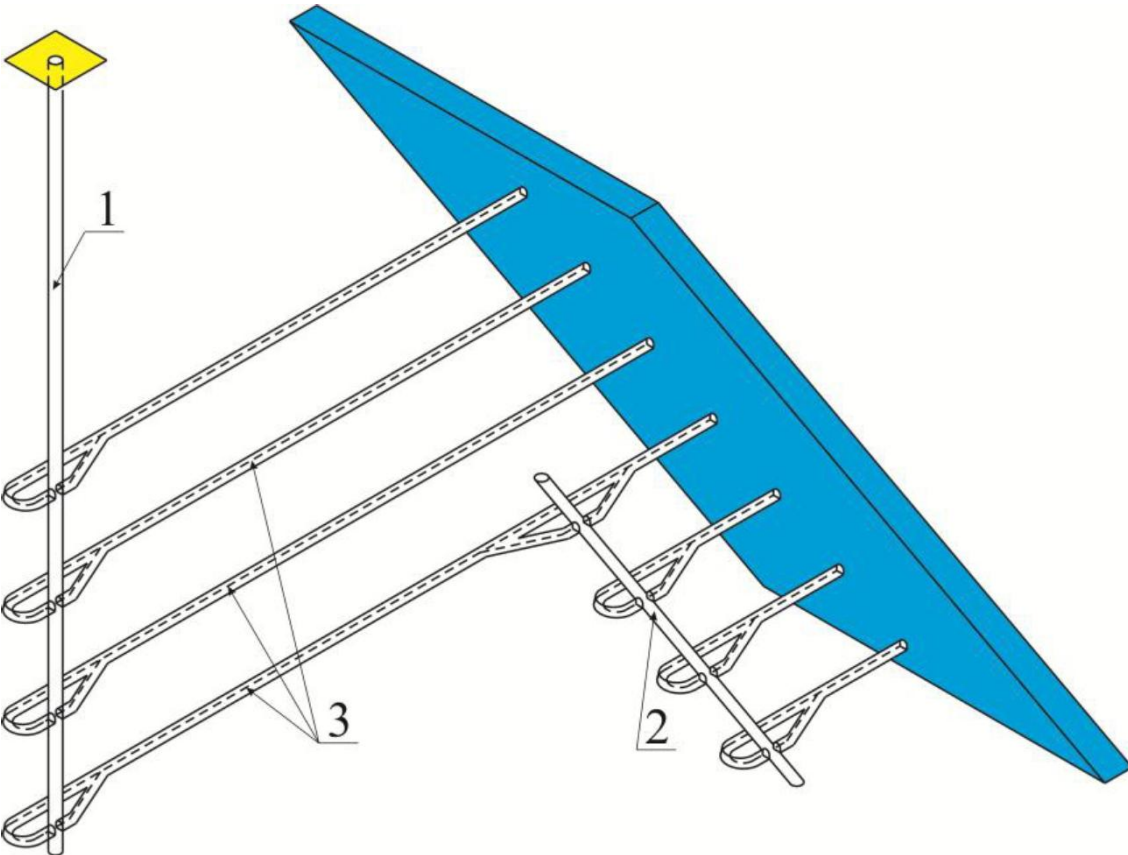
*Цель работы:* изучить схемы способов вскрытия рудных месторождений.

### Задания

1. Присвойте названия выработкам, изображенным на рисунках 2.3–2.8.
2. В таблице 2.1 представлены схемы способов вскрытия рудных месторождений. В соответствии с полученными вариантами заданий для соответствующей схемы:
  - определите способ вскрытия, группу способа вскрытия, условия, достоинства и недостатки;
  - присвойте названия выработкам для соответствующих позиций схемы.

Таблица 2.1

Варианты схем способов вскрытия рудных месторождений

№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
1	

№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
2	
3	



№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
4	
5	

№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
6	
7	

№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
8	
9	

№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
10	<p>Diagram 10 illustrates a mining system for a steeply dipping ore body. A yellow diamond-shaped marker is connected by a line (1) to a horizontal shaft (2). From the end of shaft 2, a series of vertical shafts (3) are drilled, each connected to a horizontal shaft that runs parallel to the ore body's surface.</p>
11	<p>Diagram 11 illustrates a mining system for a stepped ore body. A yellow stepped ore body is shown next to a blue rectangular block. Three horizontal shafts (1) are shown passing through the yellow body and terminating in the blue block. Dashed lines indicate the shaft paths.</p>

№ варианта	Схема вскрытия рудных месторождений
12	
13	

## 2.4. Системы разработки пластовых месторождений для различных горно-геологических условий

*Цель работы:* изучить системы разработки пластовых месторождений для различных горно-геологических условий.

### Общие положения

В зависимости от мощности, угла падения, строения, вмещающих пород, глубины залегания рудные пласты отрабатываются различными приемами. Подготовительные работы и очистная выемка (массовая добыча) находятся в тесной взаимосвязи в пространстве и времени, которая называется системой разработки. **Система разработки** – это определенный, увязанный в пространстве и времени порядок ведения подготовительных работ и очистной выемки.

Системы разработки классифицируют по следующим признакам: без деления и с делением пласта на слои; с длинными и короткими очистными забоями; очередность ведения подготовительных работ и очистной выемки; по направлению подвигания очистного забоя относительно элементов залегания пласта.

При отработке пластов с углами падения до  $18^\circ$ , мощностью до 6,5 м применяют различные варианты системы разработки длинными столбами по простиранию, сущность которых заключается в оконтуривании части шахтопласта до начала ведения очистных работ подготовительными выработками. При оконтуривании образуются длинные столбы, ориентированные по простиранию. Наиболее характерные варианты приведены на рисунок 2.9–2.11.

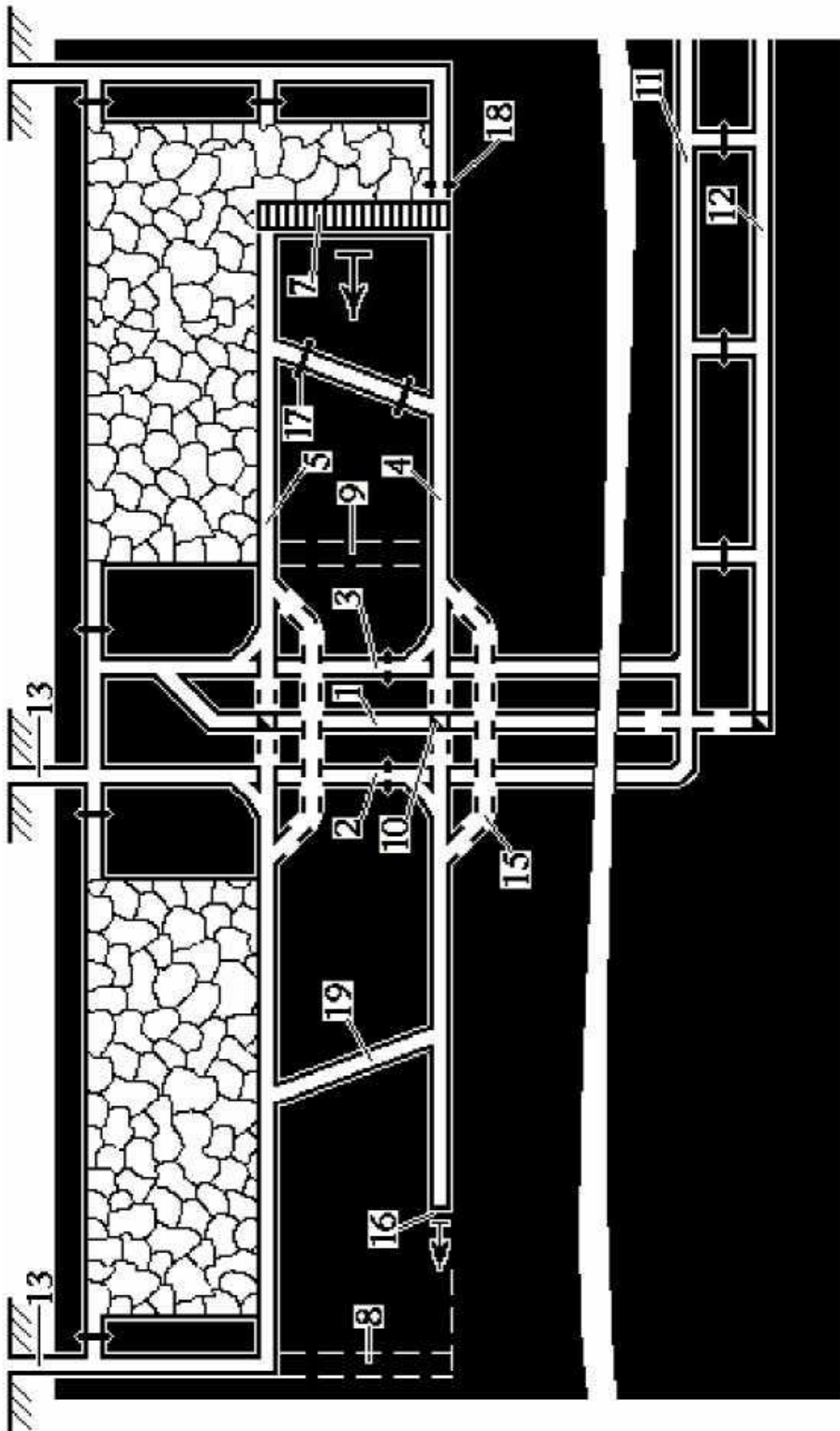


Рисунок 2.9. Система разработки длинными столбами по простиранию ярусного конвейерного штрека для повторного использования его в качестве вентиляционного при отработке нижележащего яруса

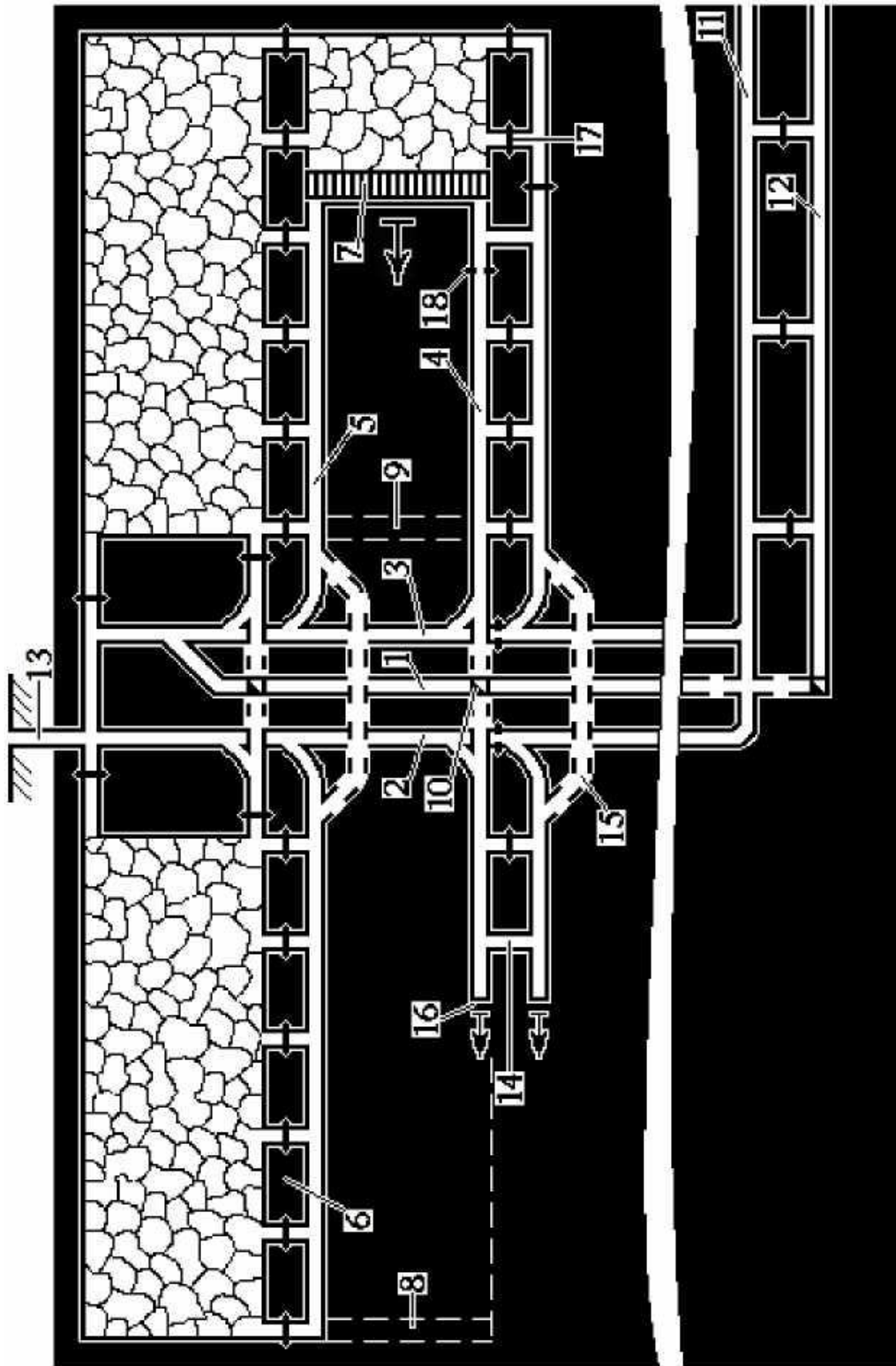


Рисунок 2.10. Система разработки длинными столбами по простиранию с оставлением межъярусных целиков



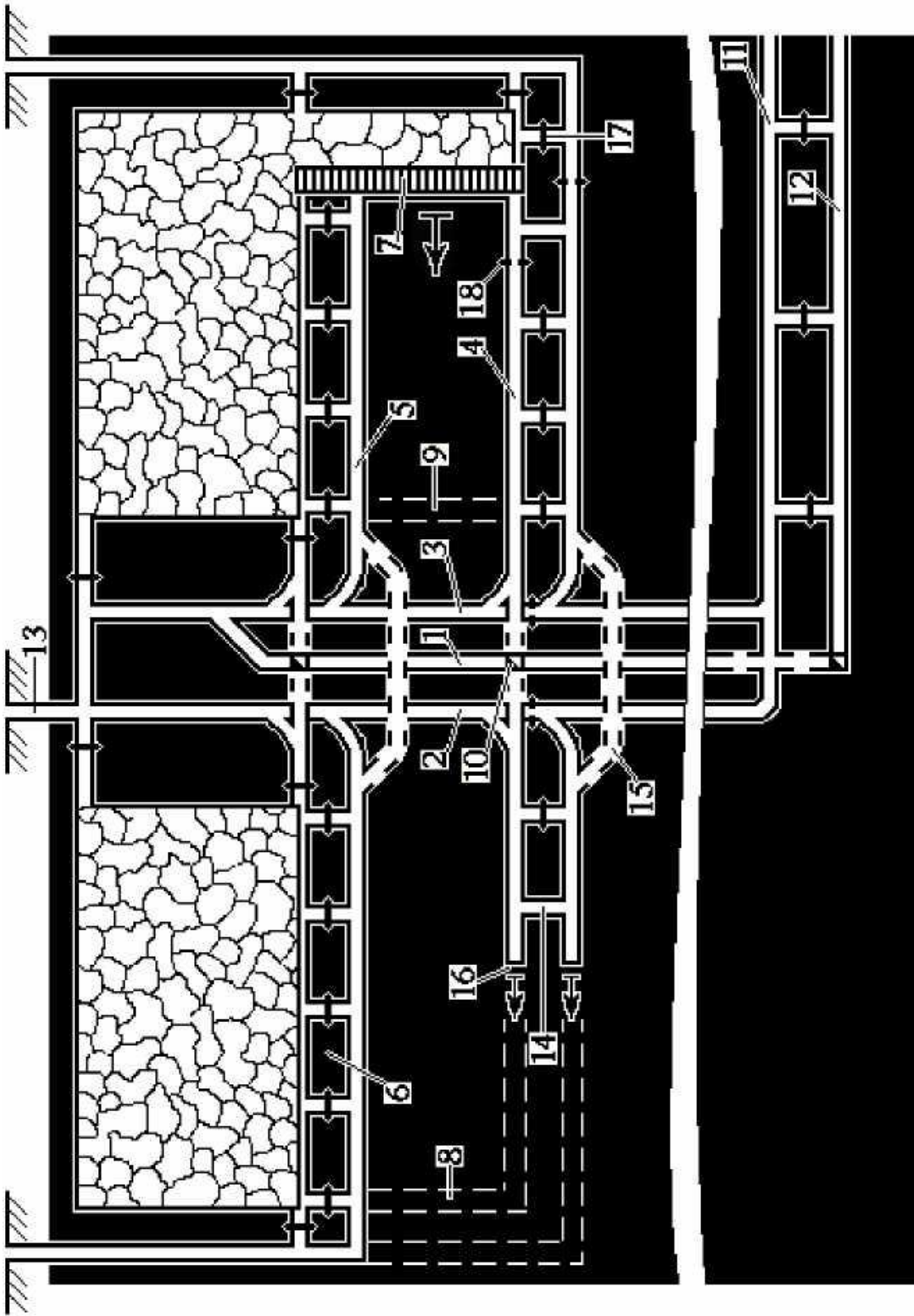


Рисунок 2.11. Система разработки длинными столбами по простиранию с оставлением межъярусных целиков и последующей отработкой их нижележащей лавой

Достоинствами столбовых систем разработки являются:

- дополнительная разведка условий залегания пласта;
- возможность предварительной дегазации выемочного столба;
- независимое ведение подготовительных работ и очистной выемки.

Недостатки:

- более поздний срок ввода в эксплуатацию выемочных полей;
- значительные эксплуатационные потери в межъярусных целиках.

При отработке участков шахтопласта неправильной формы применяются варианты системы разработки длинными столбами с поворотом на определенный угол, одноразовым разворотом, многоразовым разворотом механизированного комплекса, (рисунок 2.12.)

Достоинства данных систем разработки:

- сокращение временных затрат на перемонтаж комплекса;
- снижение эксплуатационных потерь руды.

Недостатки:

- необходимость проведения обводных выработок;
- трудности при управлении комплексом во время поворота;
- сложная схема проветривания.

С целью сокращения объемов проведения подготовительных выработок, быстрого развития фронта очистных работ, снижения эксплуатационных потерь при отработке тонких и частично средней мощности пластов известна комбинированная система разработки (рисунок 2.13), сущность которой заключается в отработке нечетных ярусов сплошной системой, а четных – столбовой.

Недостатки:

- интенсивное воздействие горного давления на штреки и их сопряжения с лавой;
- высокая трудоемкость возведения бутовых полос.

Камерно-столбовая система разработки является комбинированной (камерная + столбовая системы разработки). Область применения включает ограниченные (забалансовые) участки пластов пологого падения мощностью до 4,5 м с устойчивыми породами кровли, где нет возможности разместить очистное оборудование для длинных очистных забоев.

Один из существующих на практике вариантов (рисунок 2.14) заключается в следующем. От панельных выработок начинают проведение транспортного и вентиляционного штреков (узких протяженных камер) по простиранию пласта (диагонально). Затем, от проводимых штреков диагонально по падению и восстанию пласта отработывают прямым ходом заходками камеры. После отработки камер последовательно продлевают штреки и отработывают следующие камеры в направлении границ выемочного столба. Камеры крепят анкерной крепью. Между смежными камерами оставляются междукамерные целики, отработываемые следом за отработкой камер, либо, во вторую очередь после отработки камер в пределах столба. Междукамерные целики могут отработываться без возведения крепи.

Достоинства данной системы разработки:

- возможность отработки участков шахтного поля неправильной формы, ранее отнесенных к забалансовым запасам;
- использование одного и того же комплекта оборудования для проведения штреков и отработки камер;
- одновременная выемка угля в заходках и возведение анкерной крепи.

Недостатки:

- сложное проветривание большого количества тупиковых забоев;
- большие эксплуатационные потери (до 60–70 %).

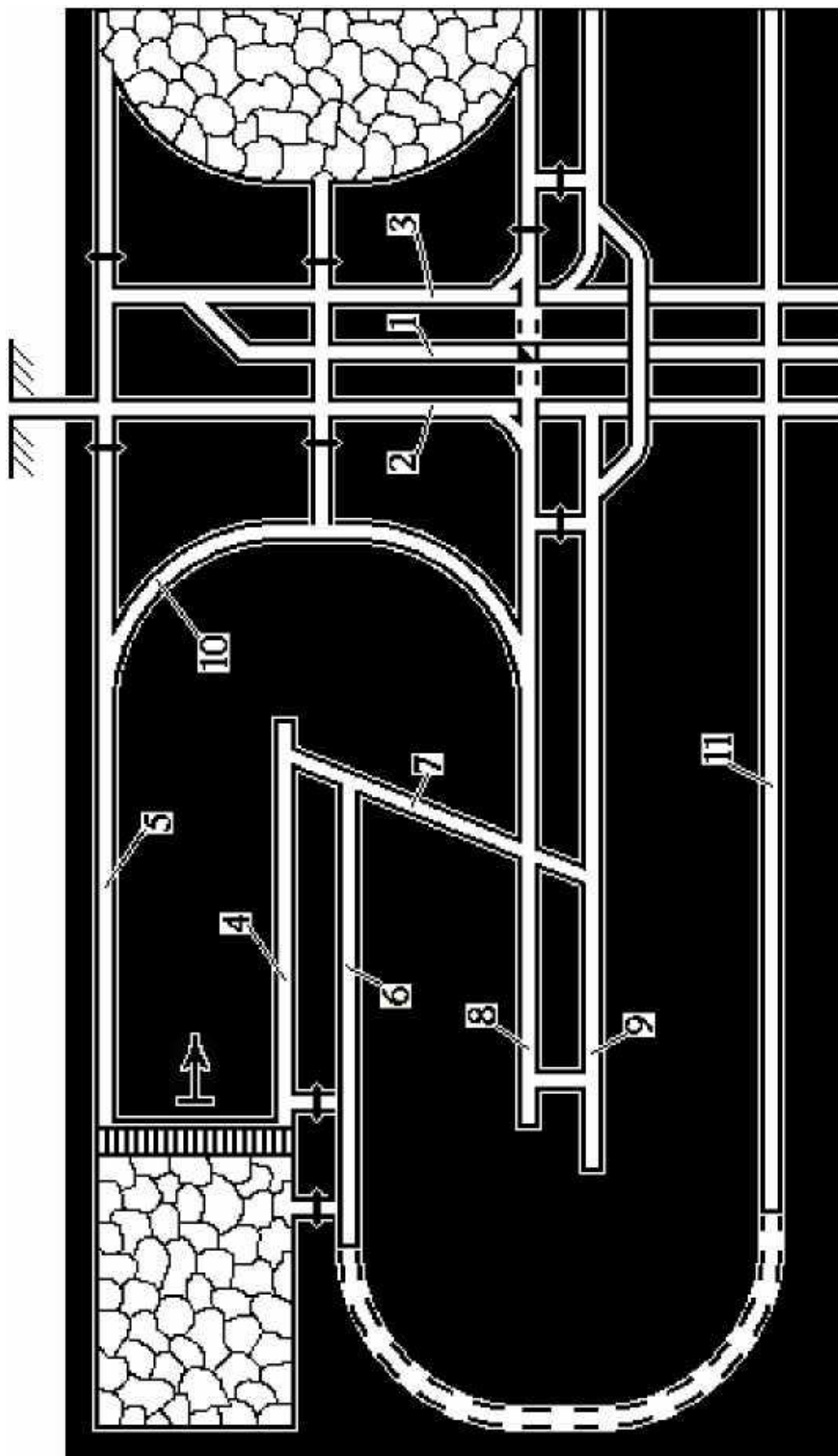


Рисунок 2.12. Система разработки длинными столбами по простиранию с многоразовым разворотом механизированного комплекса на 180°

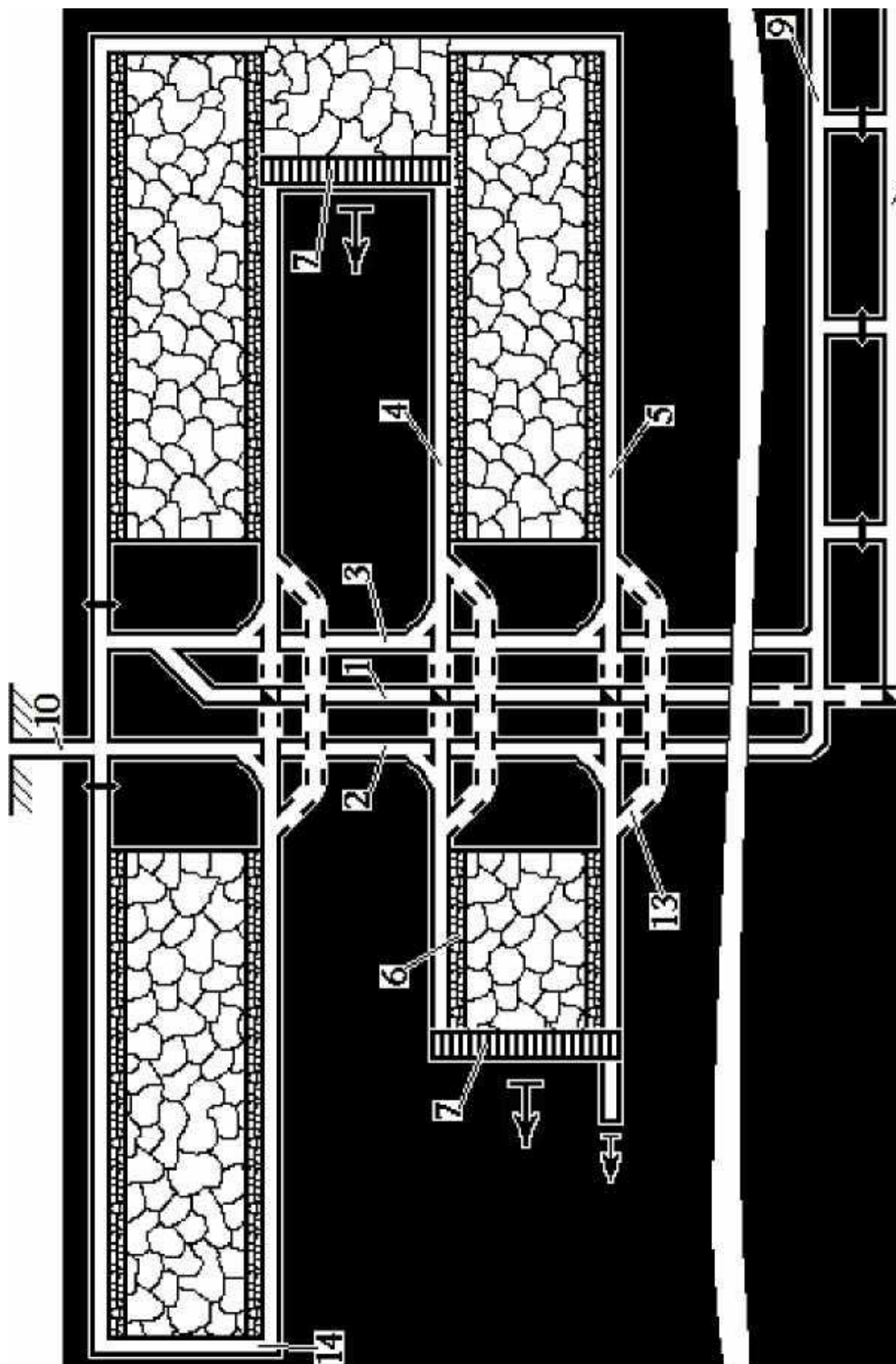


Рисунок 2.13. Комбинированная система разработки

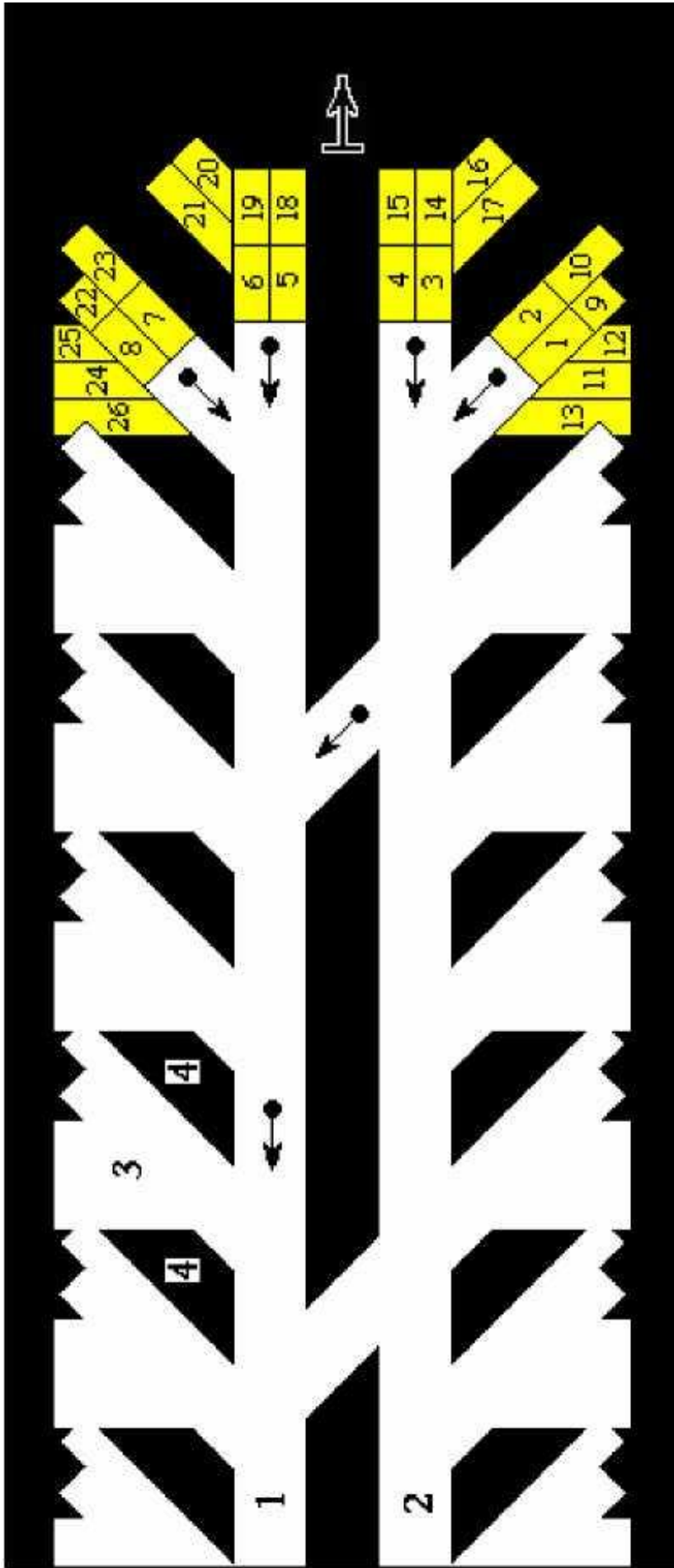


Рисунок 2.14. Камерно-столбовая система разработки

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Присвойте названия обозначениям на рисунках 2.9–2.14.
2. Поясните сущность системы разработки длинными столбами по простиранию с сохранением ярусного конвейерного штрека для повторного использования его в качестве вентиляционного при отработке следующего яруса. Назовите достоинства и недостатки.
3. Поясните сущность системы разработки длинными столбами по простиранию с оставлением межъярусных целиков. Назовите достоинства и недостатки.
4. Поясните сущность системы разработки длинными столбами по простиранию с оставлением межъярусных целиков и последующей отработкой их ниже лежащей лавой. Назовите достоинства и недостатки.
5. Поясните сущность системы разработки длинными столбами по простиранию с многократным разворотом механизированного комплекса на  $180^\circ$ . Назовите достоинства и недостатки.
6. Поясните сущность комбинированной системы разработки. Назовите достоинства и недостатки.
7. Поясните сущность камерно-столбовой системы разработки. Назовите достоинства и недостатки.
8. Укажите на каждой схеме системы разработки направление транспортировки угля и движения воздушной струи.

## 2.5. Определение оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений

Цель работы: изучение вариантов управления горным давлением при разработке рудных месторождений, освоение методики расчета оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений.

Определение оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений по методике приведенной в разделе 1.14.

### Демонстрационный пример

Определить оптимальные параметры междукамерных целиков с прямоугольной формой поперечного сечения. Разработку пологопадающей рудной залежи предполагается осуществить камерной системой разработки.

Исходные данные для расчета: глубина  $H=250$  м, длина по простиранию  $L=400$  м,  $\gamma=0,026$  МН/м<sup>3</sup>,  $\alpha=20^\circ$ ,  $h=5$  м,  $\sigma_{сж}=120$  МПа,  $K_{с.о}=0,4$ ,  $l=12$  м,  $l'=8$  м,  $\mu=0,3$ . Срок службы целиков – 5 лет.

### Решение

1.1. Рассчитываем  $K'_\phi$ ,  $K''_\phi$  по формулам

$$K'_\phi = 0,8 + 0,2 \frac{\sigma}{a},$$

$$K''_\phi = 0,6 + 0,4 \frac{\sigma}{h}.$$

Принимаем по таблицам  $K_n = 1$

$$\eta = \frac{0,3}{1-0,3} = 0,43$$

$$K_\alpha = \cos^2 20^\circ + 0,43 \sin^2 20^\circ = 0,93.$$

По таблицам  $K_{вр} = 0,7$ ,  $K_I = 1,3$ ,  $K_2=1,25$ ,  $K_3=1,1$ .

Принимаем ориентировочные значения  $a = 3$  м, подставим исходные данные в выражение (1.9), получим:

$$\frac{1,0 \cdot 0,93 \cdot 0,026 \cdot 200 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 3 + 12 \cdot 8 + \sigma}{120 \cdot 0,4 \cdot 0,7} =$$
$$= 3 \cdot \sigma \cdot \left( 0,8 + 0,2 \cdot \frac{\sigma}{3} \right) \cdot \left( 0,6 + 0,4 \cdot \frac{\sigma}{5} \right).$$

После преобразования:

$$\sigma^2 - 10,1\sigma - 170,6 = 0,$$

откуда

$$\sigma = 5,05 \pm \sqrt{5,05^2 + 170,6} = 5,05 \pm 14.$$



Поскольку при таком значении  $\nu$  условие  $\frac{\nu}{a} \leq 4$  не соблюдается решение, повторяем расчет при  $a = 6$  м с соответствующим изменением коэффициента формы:

$$\frac{1,0 \cdot 0,93 \cdot 0,026 \cdot 200 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 6 + 12 \cdot 8 + \nu}{120 \cdot 0,4 \cdot 0,7} =$$

$$= 6\nu \cdot \left( 0,8 + 0,2 \cdot \frac{\nu}{6} \right) \cdot \sqrt{\frac{6}{5}}.$$

После преобразования, получено квадратное уравнение

$$\nu^2 + 3,1\nu - 167 = 0,$$

откуда

$$\nu = -1,55 \pm \sqrt{2,4 + 167} = -1,55 \pm 13,$$

Принимаем  $\nu = 11,5$ .

Таким образом, результат расчета:  $a = 6$  м,  $\nu = 11,5$  м.

### Задача 1

Определить параметры круглых, квадратных и ленточных целиков. Разработку пологопадающей рудной залежи предполагается осуществить камерной системой разработки.

Поддержание выработанного пространства при этой системе осуществляется рудными целиками. Коэффициент нагрузки  $K_n$  принять равным 1.

Данные для расчета прочных размеров целиков представлены в таблице 1.7.

**Задание**

1. Изучить методику определения оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений.
2. Получить исходные данные у преподавателя. Исходными данными для выполнения работы являются значения в таблицах 2.3 и 2.4 в соответствии с номером варианта.
3. Оформить отчет.
4. Выписать исходные данные в виде таблицы 2.3 в отчет.
5. Выполнить необходимые расчеты.
6. Проанализировать полученные результаты.
7. Сформулировать выводы.

### Задача 2

Используя данные задачи 1 из условия прочности (1.8) получить зависимость допустимой ширины междукламерных целиков при камерной системе разработки пологопадающей рудной залежи от глубины отработки  $f = a(H)$ .

**Задание**

1. Выразить ширину целика через другие параметры условия прочности (1.8), считая  $H$  переменной.

2. Изменение глубины отработки принимаем от 150 до 500 м, с периодичностью (шагом)  $\Delta = 50$  м.
3. Выполнить необходимые расчеты, занести в таблицу.
4. Построить график зависимости  $f = a(H)$ .
5. Проанализировать полученные результаты.
6. Сформулировать выводы.

Таблица 2.3

Данные для расчета прочных размеров целиков для вариантов 1-10

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность налегающих пород, $H$ , м	350	270	280	200	250	220	240	260	240	280
Высота целика, $h$ , м	5	4	3	4	5	3	6	5	3	4
Предельно допустимый устойчивый пролет горизонтального обнажения, $l$ , м	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ширина камеры, $l'$ , м	6	3,2	7	8	6	10	9	4	3,2	3,4
Срок службы целиков, лет	5	5	5	4	4	3	3	5	5	5
Средний объёмный вес пород налегающей толщи, $\gamma$ , МН/м <sup>3</sup>	0,02	0,024	0,026	0,028	0,022	0,024	0,028	0,029	0,026	0,026
Предел прочности на сжатие, $\sigma_{сж}^0$ МПа	20	29	27	36	33	26	30	25	32	34
Коэффициент запаса прочности, $K_{зап}$	2,9	3,1	3,0	2,8	2,9	3,0	3,1	2,5	3,2	3,0
Коэффициент времени, учитывающий влияние времени на несущую способность целика, $K_{вр}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Коэффициент структурного ослабления, учитывающий снижение прочности пород в реальном массиве по сравнению с их прочностью в образце, $K_{с.о}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Угол падения рудного тела, $\alpha$	5	5	6	9	6	7	8	5	10	9
Коэффициент Пуассона, $\mu$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Диаметр целика, $d_{ц}$ , м	3	4	3,2	3	3	4	2,9	4	3	3

Таблица 2.4

Данные для расчета прочных размеров целиков для вариантов 11-20

Показатель	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Мощность налегающих пород, $H, м$	300	280	290	270	260	320	310	270	340	290
Высота целика, $h, м$	3	6	5	3	4	5	4	3	4	5
Предельно допустимый устойчивый пролет горизонтального обнажения, $l, м$	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ширина камеры, $l', м$	6	3,2	7	8	6	8	9	4	3,2	3,4
Срок службы целиков, лет	3	3	5	5	5	5	5	5	4	4
Средний объемный вес пород налегающей толщи, $\gamma, МН/м^3$	0,024	0,028	0,029	0,026	0,026	0,02	0,024	0,026	0,028	0,022
Предел прочности на сжатие, $\sigma_{сж}^0$ $МПа$	26	30	25	32	34	20	29	27	36	33
Коэффициент запаса прочности, $K_{зап}$	3,0	1,1	2,5	3,2	3,0	2,9	3,1	3,0	2	1,5
Коэффициент времени, учитывающий влияние времени на несущую способность целика, $K_{вр}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Коэффициент структурного ослабления, учитывающий снижение прочности пород в реальном массиве по сравнению с их прочностью в образце, $K_{с.о}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Угол падения рудного тела, $\alpha$	7	8	5	6	9	5	5	6	7	6
Коэффициент Пуассона, $\mu$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Диаметр целика, $d_{ц}, м$	4	2,9	4	3	3	3	4	3,2	3	3

## 2.6. Определение устойчивости подготовительных выработок

Цель: практическое освоение методики расчета устойчивости подготовительных выработок выбор способов их охраны.

Определение устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей производится в соответствии с методикой, приведенной в 1.16.

### *Демонстрационный пример расчета устойчивости подготовительных выработок*

Выбрать способ охраны транспортного, конвейерного и центрального вентиляционного штреков лавы, поддерживаемых в следующих горногеологических и горнотехнических условиях:

- глубина разработки  $H = 550$  м;
- опережение очистных работ в смежных выемочных столбах –  $l_{on} = 300$  м;
- длина столба -  $4000$  м;
- скорость подвигания лавы  $W = 1000$  м/год.

Столб отрабатывается от границы шахтного поля к выработкам главных направлений. Подготовительные выработки проводятся на всю длину панели.

Принятая ширина транспортного и вентиляционного штреков  $3,0$  м, конвейерного  $4,5$  м.

### *Решение*

1. Транспортный штрек, проводимый со стороны смежного отрабатываемого столба, для указанных условий должен охраняться целиком, ширина которого определяется интерполяцией по таблице 1.12 ( $a = 40$  м).

Конвергенция «кровля-почва» транспортного штрека ( $U_T$ ) за проектный срок службы рассчитывается по формуле (1.32):

$$U_T = (V_0 \cdot t + U'_1 + K_{on}(U'_2 + U_2)) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \text{ мм},$$

Срок службы выработки равен отношению длины столба и скорости подвигания лавы:

$$t = \frac{4000}{1000} = 4 \text{ года}.$$

Скорость конвергенции «кровля-почва»  $V_0 = 3,5$  мм/год, определяется интерполяцией по таблице 1.14.

Относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне временного опорного давления смежной лавы при ширине целика  $40$  м согласно номограмме (рисунок 1.58), составляет  $U'_1 = 4$  мм/м.

Относительная конвергенция «кровля-почва» выработки со стороны выработанного пространства смежной лавы в зоне временного опорного давления собственной лавы при ширине целика 40 м определяется по номограмме (рис. 1.58) составляет  $U_2=14$  мм/м.

Относительная конвергенция «кровля-почва» выработки в зоне остаточного опорного давления смежной лавы по номограмме (рисунок 1.59)  $U'_2 = 28$  мм/м.

$K_{on} = 0,8$ , принимается по таблице 1.16 при величине опережения очистных работ в смежных столбах 300 м.

$K_1 = 1$  для одиночной выработки согласно таблице 1.15.

$K_2$  для выработки проходческого комбайна ПКС-8 без расширения (рисунок 2.15) определяется по формуле (1.28):

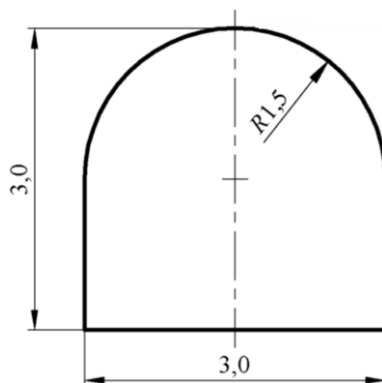


Рисунок 2.15 - Форма и размеры поперечного сечения выработки, проводимой проходческим комбайном ПКС-8

$$K_2 = \frac{b_{\text{ЭКВ.}}}{b_{\text{ЭКВ. с.}}} = \frac{\frac{3}{4} \cdot R}{2} = \frac{\frac{3}{4} \cdot 1,5}{2} = 1.$$

Формула для определения  $b_{\text{ЭКВ.}}$  выбирается для соответствующего сечения протяженной выработки (рисунок 1.56, а) на основе формулы (1.29).

Высота выработки  $h = 3,0$  м.

Следовательно

$$U_T = (3,5 \cdot 4,0 + 4,0 + 0,8 \cdot (28 + 14)) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 155 \text{ мм.}$$

В соответствии с таблицей 1.17 расчетная величина конвергенции «кровля-почва» определяем из условия поддержания и способы охраны транспортного штрека при ширине выработки  $b=3$  м, т.к.

$$0,03 \cdot b = 0,03 \cdot 3000 = 90 \text{ мм};$$

$$0,06 \cdot b = 0,06 \cdot 3000 = 180 \text{ мм},$$

т.е.  $90 < 155 < 180$ , следовательно, условия поддержания подготовительных выработок - средние, при которых способами охраны является разгружающая выработка или компенсационная щель в кровле.

2. Рассмотрим возможность обеспечения устойчивости вентиляционного штрека лавы без применения способов охраны. Для этого выполним те же расчеты, что и транспортного штрека. Расчет конвергенции «кровля-почва» проводим по формуле (1.27)

$$U_g = (V_0 \cdot t + U_1) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \text{ мм},$$

где  $U_1$  - относительная конвергенция «кровля-почва» выработки со стороны массива в зоне временного опорного давления собственной лавы определяется по номограмме (рисунок 1.57) при ширине целика  $a = 0$ , составляет  $U_1 = 10 \text{ мм}$ .

Значения остальных величин в формуле (1.27) не отличаются от приведенных для транспортного штрека лавы

$$U_g = (3,5 \cdot 4,0 + 10,0) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 72 \text{ мм}.$$

Таким образом, расчет показывает, что в соответствии с таблицей 1.17

$$U_g \leq 0,03 \cdot b = 0,03 \cdot 3000 = 90 \text{ мм}.$$

Следовательно, условия поддержания центрального вентиляционного штрека лавы - легкие, он может находиться в устойчивом состоянии без дополнительной охраны, так как его прогнозируемая деформация меньше допустимой.

3. Для выбора необходимого способа охраны конвейерного штрека лавы воспользуемся формулой (1.27).

Коэффициент учета влияния соседних выработок  $K_1 = 1,545$  определяется интерполяцией из таблицы 1.15 для трех выработок в группе при ширине целика  $a = 3 \text{ м}$ .

$$K_2 = \frac{b_{\text{ЭКВ.}}}{b_{\text{ЭКВ. с.}}} = \frac{4}{2} = 2.$$

$b_{\text{ЭКВ.}}$  определяется по формуле (1.29) для сечения рисунок 1.56,в.

$$b_{\text{ЭКВ.}} = \frac{4}{3} \cdot (0,5 \cdot 1,5 + 0) + 3 = 4.$$

Значения остальных величин в формуле (1.27) не отличаются от приведенных для вентиляционного штрека лавы.

$$h = 3,0 \text{ м}.$$

$$U_k = (V_0 \cdot t + U) K_1 \cdot K_2 \cdot h = (3,5 \cdot 4,0 + 10) \cdot 1,54 \cdot 2,0 \cdot 3,0 = 222 \text{ мм}.$$

Так как, расчетная величина конвергенции «кровля-почва» меньше

$$0,06 \cdot b = 0,06 \cdot 4500 = 270 \text{ мм},$$

$$\text{но больше } 0,03 \cdot b = 0,03 \cdot 4500 = 135 \text{ мм},$$

то в соответствии с таблицей 1.17 принимаем для охраны конвейерного штрека разгружающую выработку, а в качестве крепления - анкерную крепь КАМВ.

### Задание

Определить способ охраны транспортного, конвейерного и центрального вентиляционного штреков лавы. Столб отрабатывается от границы шахтного поля к выработкам главных направлений. Подготовительные выработки проводятся на всю длину панели. Принятая ширина транспортного и вентиляционного штреков - 3,0 м, конвейерного - 4,5 м.

Исходные данные:

- глубина разработки  $H$ , м;
- опережение очистных работ в смежных выемочных столбах, м;
- длина столба, м;
- скорость подвигания лавы, м/год.

Для выполнения задания необходимо:

8. Изучить методику расчета устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей.
9. Получить исходные данные у преподавателя.
10. Оформить отчет.
11. Выписать исходные данные в виде в отчет.
12. Выполнить необходимые расчеты.
13. Проанализировать полученные результаты.
14. Представить выводы.

## 2.7. Определение параметров анкерной крепи

Цель работы: изучение вариантов охраны и крепления подземных горных выработок при разработке рудных месторождений, освоение методики расчета параметров анкерной крепи.

Определение параметров анкерной крепи для условий Старобинского месторождения калийных солей производится в соответствии с методикой, приведенной в 1.17.

### *Демонстрационные примеры*

#### *Пример 1*

Определить параметры крепления конвейерного штрека лавы и мест его перерубок (сбоек) анкерами КАМВ.

*Исходные данные для расчета:*

Разрабатывается IV сильвинитовый слой Третьего калийного горизонта на глубине  $H = 750$  м;

конвейерный штрек проходится шириною  $b = 4,5$  м;

берма со стороны лавы обобрана;

процентное содержание слабых прослоек в разрезе кровли -  $\eta = 33\%$ ;

мощность пачки соляных пород по геологическому разрезу от кровли до первого глинистого прослойка мощностью более 3 мм или же до группы тонких глинистых прослоек суммарной мощностью более 3 мм, сосредоточенных в количестве трех и более на 1 см разреза кровли -  $m_n = 0,162$  м;

охрана штрека осуществляется разгружающей выработкой.

### Решение

1. Оценка геологического фактора.

Согласно таблице 1.21 кровля выработки по устойчивости относится к I типу.

2. Оценка формы и геометрических размеров выработки:

а) эквивалентный пролет кровли конвейерного штрека определяется по формуле (1.29):

$$b_{\text{экв.}} = \frac{4}{3} \cdot (R + R_1) + d = \frac{4}{3} \cdot (0,5 \cdot 1,5) + 3 = 4,0 \text{ м,}$$

где для штрека шириной 4,5 м с обобранной со стороны лавы бермой согласно спецификации, соответствующей схемы выработки рисунок 1.56, в:

$$R = 0,5 \cdot R_0, (R_0 = 1,5 \text{ м});$$

$$R = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75, R_1 = 0$$

б) Эквивалентный пролет мест перерубок определяется с учетом их геометрических размеров в плане (рисунок 2.16) по соответствующей формуле, приведенной в таблице 1.20

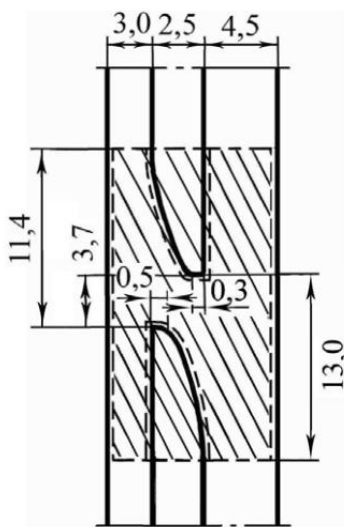


Рисунок 2.16. Типовое сопряжение горной выработки - перерубка

$$b_{\text{экв.}} = \frac{2 \cdot S}{P} = \frac{2 \cdot (11,4 + 13,0 - 3,7) \cdot (3,0 + 2,5 + 4,5)}{2 \cdot (11,4 + 13,0 - 3,7) + (13,0 - 3,7) + (11,4 - 3,7) + 0,3 + 0,5 + \sqrt{2^2 + (13,0 - 3,7)^2} + \sqrt{2^2 + (11,4 - 3,7)^2}} = 5,4 \text{ м.}$$

где  $S$  - площадь перерубки (в плане) для подсчета эквивалентного пролета,  $\text{м}^2$ ;



$P$  - периметр опорной поверхности кровли перерубки в пределах площади подсчета эквивалентного пролета, м;

3. Определение необходимой мощности ( $M_{min}$ ) пород кровли, скрепляемых анкерами КАМВ.

Для определения необходимой мощности скрепляемых анкерами пород кровли используем формулу (1.37):

$$M_{min} = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{2,142 \cdot b_{эkv.}^3 \cdot \gamma}{1300 \cdot \sigma_{сж}^{ycp.} - P_x}}, м$$

где  $b_{эkv.}$  - эквивалентный пролет выработки, м;

$\gamma$  - объемный вес пород в массиве,  $\gamma = 21$  кН/м<sup>3</sup>;

$\sigma_{сж}^{ycp.}$  - усредненный предел прочности пород на сжатие, который определяется в соответствии с типом непосредственной кровли по таблице 1.21  $\sigma_{сж}^{ycp.} = 20,6$  МПа;

$P_x$  - нагрузка от сил бокового распора пород на скрепленную анкерами кровлю, кН/м<sup>2</sup>. Значение  $P_x$  определяется по формуле:

$$P_x = K'_1 \cdot K'_2 \cdot K'_3 \cdot H \cdot \gamma \cdot \frac{\mu_{ycp.}}{1 - \mu_{ycp.}},$$

где  $K'_1$ ,  $K'_2$ ,  $K'_3$  - коэффициенты, учитывающие соответственно влияние очистных работ, способ охраны и концентрацию напряжений в зоне выработок, определяются по справочным таблицам 1.22-1.24:  $K'_1 = 3,0$ ;  $K'_2 = 0,8$ ;  $K'_3 = 1,25$  (конвейерный *штрек*);  $K'_3 = 1,25$  (места перерубок);

$H$  - глубина разработки, м;

$\mu_{ycp.}$  - усредненный коэффициент Пуассона, принимается в зависимости от типа кровли по таблице 1.21:  $\mu_{ycp.} = 0,35$ .

а) конвейерный *штрек*:

$$P_x = 3,0 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 750 \cdot 21 \cdot \frac{0,35}{1 - 0,35} = 25442 \frac{кН}{м^2};$$

$$M_{min} = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{2,142 \cdot 4^3 \cdot 21}{1300 \cdot 20,6 - 25442}} = 1,83, м$$

б) места перерубок:

$$P_x = 3,0 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 750 \cdot 21 \cdot \frac{0,35}{1 - 0,35} = 26460 \frac{кН}{м^2};$$

$$M_{\min} = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{2,142 \cdot 5,4^3 \cdot 21}{1300 \cdot 20,6 - 26460}} = 5,88, \text{ м}$$

#### 4. Полная длина анкера.

Расчетную полную длину анкера КАМВ определяем по формуле (1.45):

$$l = M_{\min} + l_n, \text{ м},$$

где  $l_n$  - пассивная длина анкера, м (принимаем без подхвата  $l_n=0,05$  м).

а) конвейерный штрек (без использования подхвата):

$$l = 1,83 + 0,05 = 1,88 \text{ м}.$$

Для крепления конвейерного штрека принимается типоразмер анкера КАМВ длиной 1,8 м. При необходимости в зоне влияния очистных работ может быть предусмотрена дополнительная установка анкеров КАЗ.

б) места перерубок (с использованием подхватов):

$$l = 5,88 + 0,2 = 6,08 \text{ м}.$$

Значения  $M_{\min}$  и  $l$  значительно больше 1,8 м, то в данном случае необходимо применить дополнительную охрану или крепление. Для крепления мест перерубок выбираем анкеры максимальной длины - 1,8 м. Кроме того, для поддержания кровли необходимо предусмотреть установку «костра» из леса (костровую крепь), либо «кустов» стоек (кустовую крепь). При подходе лавы к местам перерубок может быть предусмотрена дополнительная установка анкеров КАЗ.

#### 5. Расчет шага установки анкеров:

а) Шаг установки анкеров КАМВ в ряду для крепления выработок определяется по формуле (1.47):

$$a_p \leq \frac{1,3 \cdot m_n \cdot \sqrt{\frac{34000 \cdot \sigma_{сж}^{всп}}{P_x}}}{K_5}, \text{ м}$$

где  $m_n$  - мощность пачки соляных пород по геологическому разрезу от кровли до первого глинистого прослойка мощностью более 3 мм или же до группы тонких глинистых прослоек суммарной мощностью более 3 мм, сосредоточенных в количестве трех и более на 1 см разреза кровли, м;

$K_5$  - коэффициент, равный 1,0 для подготовительных выработок;

Для конвейерного штрека

$$a_p \leq \frac{1,3 \cdot 0,162 \cdot \sqrt{\frac{34000 \cdot 20,6}{25442}}}{1} = 1,10, \text{ м}.$$

Принимается шаг установки анкеров  $a_p = 1,1$  м.

Для мест перерубок

$$a_p \leq \frac{1,3 \cdot 0,162 \cdot \sqrt{\frac{34000 \cdot 20,6}{25460}}}{1} = 1,08, \text{ м.}$$

Принимается шаг установки анкеров  $a_p = 1,1$  м.

Количество рядов анкеров по ширине конвейерного штрека определяется по формуле (1.48):

$$n_k = 1,5 \cdot \frac{b}{a_p} - 2,6 = 1,5 \cdot \frac{4,5}{1,1} - 2,6 = 3,54.$$

Количество рядов округляем до ближайшего значения, кратного 0,5, и получаем  $n_k = 3,5$  ряда.

б) На перерубках принимается установка анкеров в шахматном порядке (1,1x1,1) м.

### Пример 2

Определить параметры крепления анкерами КАЗ конвейерного штрека лавы, охраняемого горизонтальными компенсационными щелями глубиной 1,0 м. В кровле выработки залегают породы I типа, ширина штрека  $b = 4,5$  м, эквивалентный пролет  $b_{эkv} = 3,5$  м, ширина плоской части кровли  $l_{пл} = 1,5$  м.

### Решение

При креплении анкерами КАЗ высота зоны возможного обрушения пород в кровле выработки с применением способа охраны горизонтальными компенсационными щелями определяется по формуле (1.43):

$$h_{обр.} = 0,7 A_i (h_{щ} + b_{эkv.}) = 0,7 \cdot 0,35 \cdot (1 + 3,5) = 1,10 \text{ м,}$$

где  $A_i$  - коэффициент, определяется по табл. 8;  $A_i = 0,35$ ;

Расчетная полная длина анкера  $l$  определяется по формуле (1.46):

$$l = h_{обр.} + l_3 + l_n = 1,10 + 0,30 + 0,05 = 1,45 \text{ м,}$$

где  $l_3$  - длина замковой части анкера, заглубленная в массив за пределы зоны возможного обрушения пород, м; принимаем  $l_3 = 0,3$  м;

$l_n$  - пассивная длина анкера (часть анкера, выступающая из шпура в выработку), м; при отсутствии прихвата  $l_n = 0,05$  м.

Для крепления выработки принимаем анкер КАЗ стандартного типоразмера длиной 1,5 м (таблица 1.18).

Шаг установки анкеров в ряду рассчитывается по формуле (1.50):

$$a_p \leq \frac{R_3 \cdot n_3}{\gamma \cdot h_{обр.} \cdot (b - \frac{h_{обр.}}{1,43})} = \frac{50 \cdot 2}{21 \cdot 1,1 \cdot (4,5 - \frac{1,1}{1,43})} = 1,16 \text{ м,}$$

где  $R_3$  - несущая способность анкера КАЗ, принимается по табл. 9,  $R_3 = 50 \text{ кН}$ ;

$n_3$  - количество рядов анкерной крепи в выработке с плоской кровлей шириной 1,5 м принимаем  $n_3 = 2$ .

Принимаем шаг установки крепи  $a_p = 1,2 \text{ м}$ .

### **Задания**

#### **Задача 1**

Определить параметры крепления конвейерного штрека лавы и мест его перерубок (сбоек) анкерами КАМВ. Разрабатывается IV сильвинитовый слой Третьего калийного горизонта. Охрана штрека осуществляется разгружающей выработкой, берма со стороны лавы обобрана. Данные для расчета параметров крепления конвейерного штрека лавы и мест его перерубок (сбоек) анкерами КАМВ представлены в таблице 2.5.

Для решения задачи следует:

- 1) изучить вариантов охраны и крепления подземных горных выработок при разработке рудных месторождений, освоить методику расчета параметров анкерной крепи;
- 2) получить исходные данные у преподавателя. Исходными данными для выполнения работы являются значения в таблице 2.5. в соответствии с номером варианта;
- 3) оформить отчет;
- 4) выписать в отчет исходные данные в виде таблицы 2.5;
- 5) выполнить необходимые расчеты;
- 6) проанализировать полученные результаты;
- 7) сформулировать выводы.

#### **Задача 2**

Определить параметры крепления анкерами КАЗ конвейерного штрека лавы, охраняемого горизонтальными компенсационными щелями. Данные для расчета параметров крепления конвейерного штрека лавы анкерами КАЗ представлены в таблице 2.6.

Для решения задачи следует:

- 1) изучить вариантов охраны и крепления подземных горных выработок при разработке рудных месторождений, освоить методику расчета параметров анкерной крепи;
- 2) получить исходные данные у преподавателя. Исходными данными для выполнения работы являются значения в таблице 2.6 в соответствии с номером варианта;
- 3) оформить отчет;
- 4) выписать в отчет исходные данные в виде таблицы 2.6;
- 5) выполнить необходимые расчеты;
- 6) проанализировать полученные результаты;
- 7) сформулировать выводы.

Таблица 2.5

Данные для расчета параметров крепления конвейерного штрека лавы и мест его перерубок (сбоек) анкерами КАМВ

Показатели	Вариант																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Глубина $H$ , м	730	770	780	800	720	820	740	760	760	790	800	810	780	760	770	800	790	760	740	820
Ширина конвейерного штрека $b$ , м	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1	4,5	4,1
Размер плоской части кровли выработки $l_{пл}$ , м	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6	3	2,6
Процентное содержание слабых прослоек в разрезе кровли – $\eta$ , %	30	34	14	33	32	25	29	32	12	28	32	29	33	28	25	12	32	14	33	32
Мощность пачки соляных пород по геологическому разрезу от кровли до первого глинистого прослойка мощностью более 3 мм или же до группы тонких глинистых прослоек суммарной мощностью более 3 мм, сосредоточенных в количестве трех и более на 1 см разреза кровли (первый несущий слой кровли) – $m_n$ , м	0,16	0,12	0,14	0,15	0,14	0,16	0,15	0,12	0,13	0,16	0,12	0,14	0,16	0,12	0,14	0,15	0,14	0,16	0,15	0,14

Таблица 2.6

Данные для расчета параметров крепления конвейерного штрека лавы анкерами КАЗ

Показатели	Вариант																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Глубина компенсационной щели, $h_{щ}, м$	1,1	1	0,9	1,1	1,3	1,3	1	1	0,9	1,3	1,3	0,9	0,9	1,1	1,1	1	1,3	1,1	1,3	0,9
Тип кровли	I	II	I	III	I	II	I	III	II	I	III	I	II	I	III	II	II	II	III	III
Ширина штрека, $b, м$	4,5	4,3	4,5	4,5	4,5	4,3	4,3	4,5	4,3	4,3	4,5	4,3	4,5	4,3	4,3	4,5	4,5	4,3	4,3	4,5
Эквивалентный пролет, $b_{экв}, м$	3,5	3,3	3,5	3,5	3,5	3,3	3,3	3,5	3,3	3,3	3,5	3,3	3,5	3,3	3,3	3,5	3,5	3,3	3,3	3,5
Ширина плоской части кровли, $l_{пл}, м$	1,5	1,7	1,5	1,5	1,5	1,7	1,7	1,5	1,7	1,7	1,5	1,7	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,7	1,7	1,5

### 3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

#### 3.1. Вопросы для проверки теоретических знаний

1. Понятие о горном деле. Горное производство и горные предприятия. Горный отвод. Земельный отвод. Способы добычи месторождений полезных ископаемых.
2. Горные выработки.
3. Руда. Рудная залежь. Вмещающие породы. Рудная масса.
4. Формы залегания рудных месторождений полезных ископаемых. Характеристики рудных тел. Классификация рудных тел по мощности.
5. Физико-механические и горно-технологические свойства горных пород.
6. Элементы залегания рудного тела. Классификация залежей по углу падения, мощности, устойчивости.
7. Простое и сложное строение пластов. Запасы и потери полезных ископаемых. Кондиции.
8. Характеристика запасов рудника. Классификация запасов рудных месторождений.
9. Геологические запасы по степени изученности. Геологические запасы по готовности к промышленному освоению.
10. Коэффициент потерь руды. Разубоживание руды.
11. Производственная мощность рудника. Срок службы шахты.
12. Стадии подземной разработки месторождений полезных ископаемых.
13. Естественное напряженное состояние массивов пород. Горное давление. Схемы массива, окружающего выработку, в зависимости от свойств пород.
14. Формы проявления горного давления. Способы управления горным давлением.
15. Оценка природного напряженного состояния массива по характеру разрушения подготовительных выработок.
16. Определение горного давления в горизонтальных выработках.
17. Способы поддержания подземных горных выработок посредством придания им специальной формы.
18. Поддержание выработанного пространства целиками. Преимущества и недостатки. Классификация целиков.
19. Факторы, влияющие на устойчивость целиков и обнажений.
20. Несущая способность целиков. Устойчивость целиков.
21. Шахтное поле и общий порядок разработка.
22. Панель, столб, этаж, блок.
23. Классификация способов вскрытия шахтных полей.
24. Простые способы вскрытия.
25. Комбинированные способы вскрытия.
26. Рациональное место заложения главного ствола в шахтном поле.

27. Околоствольный двор.
28. Вскрывающие выработки.
29. Сущность способа замораживания пород при проходке вертикальных горных выработок.
30. Классификация подготовительных работ. Классификация способов подготовки.
31. Панельный способ подготовки. Панельно-столбовая схема подготовки с отработкой заходками.
32. Панельный способ подготовки. Панельно-столбовая схема подготовки с отработкой лавами.
33. Панельный способ подготовки. Панельно-камерная схема подготовки с расположением камер между главными штреками.
34. Панельный способ подготовки. Панельно-камерная схема подготовки с расположением камер между панельными штреками.
35. Рудничный воздух. Его состав. Вентиляция рудников.
36. Типовые схемы проветривания рудников.
37. Проветривание тупиковых выработок.
38. Рудничная пыль. Борьба с пылью в калийных забоях.
39. Классификация подготовительных работ.
40. Классификация способов подготовки шахтного поля.
41. Типы кровли горизонтальных выработок.
42. Охрана горных выработок. Способ охраны компенсационными щелями. Способ охраны разгружающими выработками.
43. Системы разработки рудных месторождений по М.И. Агошкову.
44. Показатели качества минерального сырья. Основные показатели кондиций Старобинского месторождения.
45. Системы разработки рудных месторождений и их классификация.
46. Системы разработки калийных месторождений.
47. Системы разработки на участках и горизонтах Старобинского месторождения калийных руд.
48. Способы управления кровлей при разработке пластовых месторождений длинными очистными забоями.
49. Виды анкерной крепи.



## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1. Термины и определения в области горного дела в части подземных горных выработок

1. **Горная выработка** - искусственное сооружение в недрах Земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ с целью выполнения ее функционального назначения и сохранения в течение определенного срока времени.

2. **Подземная выработка** - горная выработка, проводимая в недрах Земли, независимо от того имеет она выход на поверхность или нет, ограниченная по контуру ее поперечного сечения горными породами или частично другими выработками.

Горные выработки классифицируют по назначению (разведочные и эксплуатационные), положению относительно земной поверхности (открытые и подземные), положению в пространстве (вертикальные, наклонные, горизонтальные). сроку службы, форме, размеру, принципу работы, по способу финансирования ее строительства.

Главными обычно считают выработки, служащие для транспортирования, в том числе и для подъема. полезного ископаемого на поверхность, а также для других целей. Главные выработки могут также служить для выполнения всех процессов, осуществляемых во вспомогательных выработках, однако основное их назначение — транспортирование полезного ископаемого.

По вспомогательным выработкам доставляют породу, людей, материалы, оборудование, осуществляют вентиляцию, подводят электроэнергию, веду, а также выполняют другие процессы, не связанные с транспортировкой полезного ископаемого.

3. **Открытая выработка** - горная выработка, образуемая в пределах карьерного поля и имеющая незамкнутый контур поперечного сечения, вследствие ее примыкания к земной поверхности.

4. **Разведочная выработка** - горная выработка, предназначенная для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых.

Разведочные выработки служат для получения данных о строении и условиях залегания полезного ископаемого и вмещающих пород, их физико-механических свойствах, качестве полезного ископаемого, а также для установления надежности и достоверности результатов скважинной и геофизической разведки.

5. **Эксплуатационная выработка** - подземная выработка, предназначенная для эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Подземные эксплуатационные выработки делятся на вскрывающие, подготовительные и очистные.

6. **Вскрывающая выработка** - подземная горная выработка, открывающая

доступ к рудному телу, пласту или его части и обеспечивающая возможность проведения подготовительных выработок.

7. **Подготовительная выработка** - подземная горная выработка, проводимая после вскрытия шахтного поля для оконтуривания и подготовки к очистной выемке отдельных его частей.

К подготовительным выработкам относятся нарезные выработки шахт.

8. **Нарезная выработка** - подземная горная выработка, проводимая в процессе подготовительных работ и непосредственно прилегающая к массиву полезного ископаемого, предусматриваемого к выемке.

Нарезная выработка является местом, откуда начинают вести очистную выемку на подготовленном к отработке участке, а также служит для монтажа добычного оборудования.

9. **Окаймляющая выработка** - нарезная горная выработка, предназначенная для ослабления связи отрабатываемого блока с основным массивом, применяется при разработке непластовых месторождений полезных ископаемых.

10. **Капитальная выработка** - подземная горная выработка, обслуживающая шахту в течение всего срока работы горного предприятия или значительной части этого срока, предназначенная для вскрытия или подготовки месторождения или его части, проводимая за счет капитальных вложений и числящаяся на балансе основных фондов предприятия.

На пластовых месторождениях, отрабатываемых системой разработки ДСО (длинными столбами по простиранию), к капитальным относятся, как правило, все подготовительные выработки, служащие для отработки двух и более выемочных участков. Исключение составляют нарезные выработки (штреки) используемые для отработки соседнего выемочного участка.

11. **Откаточная выработка** - подземная горная выработка, предназначенная для транспортирования полезных ископаемых и пород к стволу или на поверхность.

12. **Групповая выработка** - подземная горная выработка, обслуживающая разработку группы пластов, жил и других видов залежей, а также этажей.

13. **Пластовая выработка** - подземная горная выработка, проводимая по пласту полезного ископаемого.

14. **Полевая выработка** - подземная горная выработка, проводимая по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого и, как правило, параллельно поверхности залежи или пласта.

15. **Погашенная (старая) выработка** - горная выработка, использование и поддержание которой после выполнения цикла подземных работ прекращено.

## **Подземные горные выработки. Очистные выработки**

16. **Очистная выработка** - подземная горная выработка, проводимая по пласту или залежи полезного ископаемого, в которых осуществляется выемка полезного ископаемого.

17. **Лава** - очистная горная выработка значительной протяженности (от нескольких десятков до нескольких сот метров), один бок которой образован массивом полезного ископаемого, другой — стеной закладочного материала или обрушенной породой выработанного пространства.

18. **Забой** - поверхность, ограничивающая место непосредственной выемки полезного ископаемого или породы и перемещающаяся в результате ведения горных работ.

19. **Узкий забой** - забой, ширина которого ограничивается шириной основной проводимой выработки без раскоски.

20. **Широкий забой** - забой выработки, ширина которого складывается из ширины забоя основной проводимой выработки и ширины забоя раскоски.

21. **Очистная камера** - очистная горная выработка с забоем небольшой протяженности (до 12—16 м), ограниченная по бокам массивом или целиками полезного ископаемого, и не имеющие непосредственного выхода на земную поверхность.

22. **Заходка** - короткая горная выработка, проводимая из очистной камеры или выемочной печи и служащая для выемки угля из междукамерных целиков, при этом оборудование, используемое при очистной выемке, может находиться как в заходке, так и за ее пределами.

### **Вертикальные подземные горные выработки**

23. **Вертикальная выработка** - подземная выработка, пройденная по вертикали в толще полезного ископаемого или по породе.

К вертикальным выработкам относят стволы, шурфы, гезенки, скважины.

24. **Шахтный ствол**: Вертикальная, реже наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ в пределах шахтного поля, его крыла или блока.

Шахтные стволы разделяются по назначению на главный и вспомогательный, а по типу подъемного устройства на скиповые и клетевые.

25. **Главный ствол** (подъемный ствол) - шахтный ствол, по которому производят подъем полезного ископаемого и породы на поверхность.

26. **Вспомогательный ствол** - шахтный ствол, по которому осуществляют спуск-подъем людей, материалов и оборудования, а также для вентиляции.

27. **Закладочный ствол** - ствол, предназначенный для спуска в подземные выработки закладочных материалов.

28. **Вентиляционный ствол** - ствол, предназначенный для пропуска воздушной струи с целью проветривания подземных выработок.

29. **Слепой шахтный ствол** - вертикальная или наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая между горизонтами, предназначенная для обслуживания подземных эксплуатационных работ, в первую очередь, для подъема полезных ископаемых с нижних горизонтов на верхние.

30. **Гезенк** - вертикальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, предназначенная для спуска полезного ископаемого или породы из вышележащих выработок в нижележащие под действием силы собственной массы или в специальных сосудах механическим способом в угольных шахтах.

Гезенк также может быть использован для спуска-подъема людей, материалов, оборудования, породы;

В случае, если гезенк оснащен подземными машинами для спуска полезного ископаемого или породы с верхних горизонтов на нижние, и спуска и подъема людей, материалов и оборудования, существенных различий между гезенком и спелым шахтным стволом нет.

31. **Скважин** - вертикальная, реже наклонная горная выработка цилиндрического сечения, диаметр которой намного меньше ее глубины, проведенная в горной породе или полезном ископаемом с земной поверхности или из подземных выработок под любым углом наклона к горизонту механическими или не механическими способами бурения в разведочных и эксплуатационных целях.

Скважина обычно бывает диаметром более 75 мм при глубине до 5 м или любого диаметра при глубине более 5 м.

32. **Шурф** - вертикальная, реже наклонная неглубокая выработка, обычно небольшой площади поперечного сечения, проведенная с земной поверхности и предназначенная для геологоразведочных или эксплуатационных работ.

Шурфы используют так же как запасные выходы из шахты. Отличительной особенностью шахтного шурфа является отсутствие подъема полезного ископаемого и породы в период эксплуатации шахты. В тех случаях, когда шурф не оборудуют механическим подъемом, то устраивают специальное отделение для передвижения людей по лестницам и промежуточным полкам.

33. **Дучка** - короткая вертикальная или наклонная горная выработка, квадратного реже круглого сечения, служащая для выпуска отбитой или обрушенной руды из очистного пространства на выработки приемного горизонта.

### **Подземные горные выработки. Горизонтальные выработки**

34. **Горизонтальная выработка** - подземная выработка, проведенная горизонтально или с незначительным углом наклона в толще полезного

ископаемого или по породе.

Горизонтальная выработка имеет незначительный угол наклона для облегчения транспортирования и обеспечения стока воды к водосборнику.

35. **Штольня** - вскрывающая горная выработка, пройденная с поверхности к месторождению и предназначенная для транспортирования полезного ископаемого или вспомогательных целей.

Штольни бывают разведочные и эксплуатационные, а также откаточные, вентиляционные и водоотливные.

Штольнями выгодно вскрывать угольные пласты, залегающие в гористой местности. В зависимости от рельефа местности штольня может быть расположена по простиранию, вкрест простирания или под углом к линии простирания пласта.

36. **Штрек** - горизонтальная или с углом наклона обычно не более 3' выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная по простиранию наклонно залегающего месторождения полезного ископаемого или в любом направлении — при горизонтальном его залегании.

На пластовых месторождениях полезных ископаемых угол наклона штрека может составлять более 3\*.

37. **Главный штрек** - штрек, проводимый на протяжении всего шахтного поля до его границ и предназначенный для обслуживания панелей.

38. **Транспортный штрек** - штрек, расположенный ниже обслуживаемого яруса или подэтажа, оснащен ленточным конвейером для транспортирования полезного ископаемого и рельсовым путем или монорельсовой дорогой для доставки материалов, оборудования и породы от ремонтных работ.

39. **Главный вентиляционный штрек** - выработка, проведенная по пласту или вне его и предназначенная для отвода исходящей струи из выработок выемочного участка.

40. **Этажный штрек** - штрек, проводимый от капитальных бремсбергов до границ шахтного поля и предназначенный для обслуживания работ в этаже.

41. **Полевой штрек** - штрек, проводимый по пустым породам.

42. **Групповой штрек** - штрек, предназначенный для обслуживания разработки группы пластов, жил и других видов залежей.

43. **Промежуточный штрек** - штрек, ограничивающий подэтаж, ярус и выемочный столб.

44. **Квершлаг** (Нрк. *поперечная*) - горизонтальная или наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная по вмещающим породам вкрест простирания или под некоторым углом к линии простирания месторождения и используемая для транспортирования полезного ископаемого, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи.

Квершлаг бывает откаточным или вентиляционным, служит для вскрытия

пластов и выполняет обычно те же функции, что и штрек.

45. **Этажный квершлаг** - квершлаг, проводимый для вскрытия и обслуживания этажа.

46. **Промежуточный квершлаг** - квершлаг, предназначенный для обслуживания разработки одного или группы пластов, жил. и других видов залежей и проводимый от группового или полевого квершлага.

47. **Орт** - горизонтальная выработка с углом наклона не более  $0—3^\circ$ , не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная вкрест простирания в пределах залежи месторождения и предназначенная для соединения выработок, пройденных у висячего и лежащего боков мощного пласта.

48. **Поперечный (выемочный) штрек** - горизонтальная выработка, не имеющая выхода на поверхность, проводимая поперек мощной залежи полезного ископаемого между висячим и лежащим боками и служит для подготовки длинных столбов и транспортирования песков к основному штраку.

49. **Рукав** - горизонтальная или слегка наклонная горная выработка небольшого сечения, конечная часть которой служит зарядной камерой.

### **Подземные горные выработки. Наклонные горные выработки**

50. **Наклонная выработка** - подземная выработка, пройденная в толще полезного ископаемого или по породе под некоторым углом к горизонту. Наклонные выработки включают наклонный ствол, бремсберг, уклон, ходок, скат, восстающий, печь, рудоспуск.

51. **Наклонный шахтный ствол** - подземная капитальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность, проводимая, как правило, для вскрытия месторождения полезного ископаемого или его части.

На пластовых месторождениях наклонный ствол может быть вскрывающей и подготовительной горной выработкой одновременно. Наклонный ствол может быть предназначен для транспортировки полезного ископаемого, спуска-подъема материалов и оборудования, перевозки людей, вентиляции.

52. **Бремсберг** - наклонная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, проведенная, как правило, по направлению падения пласта или залежи и предназначенная для спуска полезного ископаемого на откаточный горизонт шахты, расположенного ниже отрабатываемой части шахтного поля при помощи механических устройств, а также используется для подачи свежего воздуха с основного горизонта выработки выемочного поля.

В зависимости от назначения и расположения выделяют главный (обслуживающий всю бремсбертовую часть шахтного поля), панельный (обслуживающий панель), участковый и вспомогательный бремсберги.

53. **Вспомогательный бремсберг** - выработка, проведенная параллельно

бремсбергу и предназначенная для спуска породы и других грузов на откаточный горизонт этажа или шахты, а также для подъема оборудования и материалов в обратном направлении.

Вспомогательный бремсберг может быть оснащен различными *видами* вспомогательного транспорта (концевая откатка, монорельсовая подвесная дорога, канатно-кресельная дорога и т. д.) и используется для подачи свежего воздуха с нижних горизонтов на верхние.

54. **Участковый (промежуточный) бремсберг** - выработка, обслуживающая выемочное поле и служащая главным образом для транспортирования полезного ископаемого из-под этажей выемочного поля на этажный штрек.

55. **Спуск** - наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, предназначенная для спуска разных грузов при помощи механических устройств.

56. **Капитальный спуск** - спуск, обслуживающий этажи, расположенные выше уровня рабочего горизонта.

57. **Панельный спуск** - спуск, обслуживающий панель.

58. **Полевой спуск** - спуск, проводимый по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого.

59. **Промежуточный спуск** - спуск, обслуживающий выемочное поле.

60. **Уклон** - наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная по восстанию или падению пласта, и предназначенная для транспортирования горной массы с нижних горизонтов на вышерасположенные при помощи механических устройств.

Уклоны проводятся либо с квершлага, либо с полевого штрека.

Уклон оснащен конвейерной установкой или канатной откаткой в вагонетках или скипах.

В некоторых схемах подготовки шахтных попей уклоны могут выполнять вспомогательные функции (доставка людей и материалов и оборудования, вентиляция (подачи свежего воздуха с верхних горизонтов на нижние) и др).

61. **Капитальный уклон** - уклон, предназначенный для транспортирования угля, добываемого в уклонной части шахтного поля, до горизонта околоствольного двора.

62. **Панельный уклон** - уклон, предназначенный для транспортирования угля, добываемого в пределах уклонных панелей, до главного откаточного штрека.

63. **Полевой уклон** - уклон, проводимый по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого.

64. **Участковый (промежуточный) уклон** - уклон, обслуживающий выемочное поле и служит главным образом для транспортирования полезного ископаемого из подэтажей выемочного поля на этажный штрек.

65. **Вспомогательный уклон** - выработка, проводимая параллельно уклону и

предназначенная для спуска или подъема материалов и оборудования или только людей.

Вспомогательный уклон может быть оснащен различными видами вспомогательного транспорта (концевая откатка, монорельсовая подвесная дорога, канатнокресельная дорога и т. д.) и используется для подачи свежего или выдачи исходящего воздуха.

**66. Скат** - наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проведенная по падению или восстанию залежи по ее почве и предназначенная для спуска разных грузов под действием собственной массы, а также для проветривания очистных забоев.

Скат сооружают в том случае, если угол его наклона достаточен для движения вниз грузов самотеком (более  $30^\circ$ ). Скат может быть пластовым и полевым.

**67. Полевой скат** - скат, проводимый по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого.

**68. Ходок** - наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая параллельно бремсбергу или уклону на расстоянии от него 20—40 м. служащая преимущественно для передвижения людей, а также доставки грузов, проветривания и других целей.

В зависимости от назначения различают людской и грузовой ходок.

**69. Полевой ходок** - ходок, проводимый по пустым породам.

**70. Восстающий** - наклонная или вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по восстанию залежи или вмещающим породам, служащая для перепуска угля или породы на ниже расположенные горизонты, доставки оборудования, закладочных и других материалов с одного горизонта на другой, передвижения людей, вентиляции, размещения трубопроводов и электрических кабелей и в разведочных целях.

**71. Разрезной восстающий (отрезной восстающий)** - восстающий, проводимый по полезному ископаемому для подготовки очистной выемки.

Отрезными выработками, как правило, являются восстающие, расширяемые в вертикальную или наклонную отрезную щель на всю ширину очистного пространства с целью создания обнаженной плоскости для последующей отбойки на нее руды.

Из разрезного (отрезного) восстающего начинают работы по созданию дополнительной вертикальной плоскости обнажения массива, а также начального компенсационного пространства.

В качестве компенсационного пространства используют также отрезную щель, которая является вертикальной или наклонной выработкой, предназначенной для развития очистной выемки.

**72. Печь** - подземная горная выработка, проводимая по полезному



ископаемому, по восстанию пласта или залежи, и предназначенная для проветривания, передвижения людей, транспортирования грузов, а также соединения двух горизонтальных параллельно проводимых выработок: транспортный этажный, подэтажный или ярусный штрек с просеком; транспортный штрек вышележащего этажа (яруса, подэтажа) с вентиляционным нижележащего.

В зависимости от основного назначения различают: ходовые, вентиляционные, пульпопускные, обходные, разрезные печи.

73. **Разрезная печь** - печь, проводимая по полезному ископаемому на границе выемочного столба между транспортным и вентиляционным штреками, подэтажа или яруса и предназначенная только для монтажа очистного оборудования.

74. **Рудоспуск** - наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска руды под действием силы собственной массы.

Рудоспуск служит для тех же целей, что и скат. Часто проводится вертикально.

### **Вспомогательные подземные горные выработки**

75. **Околоствольный двор** - взаимосвязанный комплекс капитальных горных выработок, расположенных непосредственно у ствола на определенном горизонте, специально оборудованных и соединяющих ствол с главными выработками горизонта и предназначенных для обслуживания горных работ на горизонте в соответствии с назначением ствола.

Главная функция околоствольного двора — передача грузов между подъемами от *магистрального* транспорта к подъему, что предопределяет их тип, расположение и размеры основных откаточных выработок, механизацию маневровых и разгрузочных работ. Кроме того, околоствольный двор выполняет ряд других функций: подачу свежего и вывод отработанного воздуха, подвод, трансформацию и передачу на горные выработки электроэнергии, аккумуляцию и откачку на поверхность шахтных вод. В околоствольном дворе располагаются: санчасть, камера ожидания, депо электровозов, насосная и т. п.

Околоствольные дворы при вертикальных стволах различают в зависимости от типа подъемных сосудов клетевые, скиповые и скипо-клетевые: числа въездов в околоствольный двор — односторонние и двухсторонние: расположения и конфигурации выработок — круговые, тупиковые, прямолинейные: числа путей в основных выработках — одно-, двух- и многопутные.

Околоствольные дворы при наклонных стволах различают в зависимости от вида используемого транспорта: конвейерном, скиповом и вагонеточном подъеме.

76. **Раскоска** - вспомогательная выработка, проводимая по пласту или залежи полезного ископаемого общим забоем с основной выработкой и предназначенная для закладки пустой породы, получаемой при проведении основной выработки.

77. **Косовичник** - вспомогательная выработка небольшой площади сечения, образуемая в раскоске горизонтальной или наклонной выработки между угольным массивом и стеной из закладочного материала для проветривания, доставки угля и передвижения людей.

78. **Просек** - горная выработка, проводимая в толще полезного ископаемого в направлении простирания пласта или залежи параллельно откаточному или конвейерному штреку и предназначенная для вентиляции, передвижения людей, транспортирования грузов, а также и для соединения горных выработок в процессе их проходки.

От штреков просек отличается меньшими размерами поперечного сечения.

79. **Разрезной просек** - просек, проводимый для подготовки очистных забоев.

80. **Косовичный просек** - просек, представляющий собою часть раскоски и ограниченный с одной стороны закладкой.

81. **Косовичный ходок** - горная выработка небольшого поперечного сечения, расположенная в закладочном массиве в раскоске, служащая для соединения косовичника с примыкающей выработкой.

В большинстве случаев подрыв боковых пород в косовичном ходке не производится.

82. **Сбойка** - короткая, как правило, не более 50 м. выработка, соединяющая между собой две другие параллельные, значительной длины горные выработки различного назначения и служащая для вентиляции, транспортирования грузов и движения людей.

83. **Камера** - выработка незначительной длины при сравнительно больших поперечных сечениях, не имеющие непосредственного выхода на поверхность, и предназначенная для размещения оборудования, материалов, инвентаря и других целей.

84. **Камера дробления** - горная выработка, предназначенная для измельчения полезного ископаемого.

85. **Водосборник** - горная выработка или группа выработок, предназначенная для сбора вод.

86. **Вентиляционная выработка** - выработка, основным назначением которой является доставка свежей струи воздуха к местам производства работ - на выемочный участок и к вентиляторам местного проветривания подготовительного забоя, а также для выдачи исходящей струи воздуха из выработок шахты.

87. **Буровая выработка** - выработка для размещения бурового оборудования и обслуживающего персонала.

Сечение буровой выработки определяется типом бурового оборудования и его размерами.

88. **Аккумулялирующая выработка** - выработка для накопления полезного ископаемого, поступающего из нескольких очистных забоев или других выработок до откаточной выработки.

Аккумулялирующая выработка может быть горизонтальной (штрек, орт), наклонной или вертикальной (восстающей). Горизонтальные аккумулялирующие выработки обычно оборудуются для повторной механической доставки скреперными или конвейерными установками.

89. **Дренажная выработка** - выработка для извлечения и отвода воды или газа при осушении и дегазации месторождений.

90. **Камора-убежище** - изолированная подземная камера для укрытия людей в случае подземной аварии.

Различают: баррикадные камеры, сооружаемые во время аварии в тупиковых или на легко изолированных участках выработок: заранее построенные камеры легкого типа (на 15—50 человек) и центральные (на 100 и более человек), оборудованные герметически закрывающимися дверями, устройствами для обеспечения людей свежим воздухом, самоспасателями, запасами воды и медикаментами.

91. **Шпур** - искусственное цилиндрическое углубление в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м и предназначенное для размещения заряда взрывчатого вещества, используется также для нагнетания воды в пласт и при прогнозе горно-динамических явлений, разведки и т. д.

Шпуры разделяются: по направлению на горизонтальные, вертикальные и наклонные (последние могут быть падающие и восстающие): по назначению на врубовые, вспомогательные и отбойные.

92. **Врубовый шпур** - шпур, предназначенный для образования дополнительных поверхностей обнажения в разрушаемой среде при помощи взрыва.

93. **Отбойный шпур** - шпур, предназначенный для отбойки горной породы в направлении открытой поверхности, образованной врубом.

### **Элементы выработки**

94. **Кровля выработки** - поверхность горных пород, ограничивающая выработку сверху.

95. **Подошва выработки** (почва выработки) - поверхность горных пород, ограничивающая выработку снизу.

96. **Бок выработки** - поверхность горных пород, ограничивающая выработку сбоку.

97. **Устье выработки** - место примыкания подземной выработки к земной

поверхности или к другой подземной выработке.

**98. Сопряжение выработок** - место соединения, разветвления или пересечения подземных горных выработок, если выработки не имеют выхода на поверхность.

Взаимное расположение выработок определяет тип сопряжения по конфигурации: прямое сопряжение, прямое пересечение, одностороннее сопряжение, двухстороннее косое сопряжение, треугольный узел, косое пересечение.

**99. Устье ствола** - сопряжение ствола с земной поверхностью.

**100. Зумпф** (колодец) - часть шахтного ствола, расположенная ниже почвы выработок нижнего окопоствольного двора и используемая для размещения подъемного сосуда в момент загрузки и разгрузки, а также для собирания стекающей по стволу воды.

**101. Ниша** - углубление в забое очистной или в боку подготовительной выработки, необходимое соответственно для производства концевых операций очистной выемки или расположения и укрытия людей, механизмов и материалов.

**102. Разминовка** - часть горной выработки, расширяющаяся на определенном протяжении для устройства разъезда при рельсовом транспорте.

### **Основные термины и их определения, необходимые для понимания терминологии в области горного дела в части горных подземных выработок**

**103. Выемочное поле** - часть этажа, в пределах которой разработка пласта осуществляется на один участковый бремсберг, уклон, скат или квершлаг.

**104. Выемочный участок** - оконтуренный горными выработками столб полезного ископаемого, находящийся в стадии эксплуатации.

При разработке горизонтальных залежей полезного ископаемого выемочный участок представляет собой оконтуренный штреками столб полезного ископаемого, находящийся в стадии эксплуатации.

**105. Выработанное пространство** - пространство, образующееся после извлечения полезных ископаемых или вмещающих горных пород, в результате ведения очистных работ.

**106. Высота очистной выработки** - кратчайшее расстояние между кровлей и почвой выработки.

**107. Горизонт** - совокупность горных выработок, расположенных на одном уровне и предназначенных для осуществления в процессе выемки полезного ископаемого определенных операций, необходимых для ведения горных работ.

По назначению различают горизонт: откаточный, вторичного дробления, выпуска, подсечки и скреперования.

**108. Длина лавы** (длина забоя лавы) - расстояние между примыкающими к лаве подготовительными выработками.

109. **Изолированная горная выработка** - неконтролируемая горная выработка, исключенная из системы действующих горных выработок шахты.

110. **Крыло этажа** - часть этажа, заключенная между его границей по простиранию и капитальной выработкой, предназначенной в основном для транспортирования грузов.

111. **Очистные работы** - работы в очистных выработках, связанные с добычей полезных ископаемых.

112. **Ось выработки** - геометрическое место точек, соответствующих центрам поперечным сечениям выработки.

113. **Панель** - часть пласта в пределах шахтного поля или горизонта, обслуживаемая самостоятельным комплексом горизонтальных или наклонных транспортных и вентиляционных выработок.

114. **Пласт** - форма залегания осадочных горных пород в виде плиты, ограниченной двумя более или менее параллельными поверхностями, горизонтально или с различным наклоном.

115. **Предохранительный целик** - отдельная часть залежей полезных ископаемых, оставляемая в процессе разработки месторождений по тем или иным причинам не извлеченной или временно не извлекаемой для поддержания кровли.

116. **Призабойное пространство** - часть выработанного пространства, непосредственно прилегающая к забою и предназначенная для размещения оборудования, перемещению по нему людей и производства работ.

117. **Расположение выработки в выработанном пространстве** - расположение выработки, при котором с обеих ее сторон находится выработанное пространство.

118. **Расположение выработки в массиве** - расположение выработки, при котором с обеих ее сторон находится нетронутый массив горных пород.

119. **Расположение подготовительной выработки** - характеристика положения подготовительной выработки в пространстве относительно угольного пласта и выработанного пространства.

Различают: пластовое в массиве, пластовое в выработанном пространстве, пластовое в целиках, пластовое вприсечку к выработанному пространству и полевое расположение.

120. **Расположение подготовительной выработки вприсечку к выработанному пространству** - расположение выработки, при котором с ее одной стороны находится нетронутый угольный массив, а с другой - выработанное пространство.

121. **Столб** – это массив полезного ископаемого, оконтуренный со всех сторон подготовительными выработками для последующей очистной выемки (выемочное поле).

122. **Форма забоя очистной выработки** - характеристика геометрических особенностей вертикальной и горизонтальной проекций забоя очистной выработки.

123. **Целик** - часть залежи или пласта полезного ископаемого, оставляемая нетронутой при разработке месторождения для охраны горных выработок, наземных сооружений, управления горным давлением и для других целей.

124. **Шахтное поле** - часть месторождения, отводимая какой-либо шахте для разработки.

125. **Ширина камеры** - расстояние между примыкающими к камере целикам.

126. **Ширина призабойного пространства** - расстояние от забоя лавы до последнего ряда крепи или до ограждений механизированной крепи.

127. **Этаж** - часть шахтного поля или рудничного поля, ограниченная по простиранию - техническими границами шахтного поля, по падению - вентиляционным и ближайшим нижележащим откаточным штреками.

128. **Ярус** - часть панели, ограниченная по падению транспортным и вентиляционным штреками, по простиранию - границами панели.

При однокрылых панелях очистную выемку в ярусе ведут одним очистным забоем, при двукрылых — двумя.

#### 4.2. Общие требования и положения к курсовой работе

Курсовая работа - это форма текущей аттестации является видом самостоятельной работы студентов. Представляет собой решение учебной задачи по изучаемой учебной дисциплине в курсовой работе.

Цель курсовой работы – закрепление полученных знаний и приобретение навыков самостоятельной работы.

Курсовая работа включает расчетно-пояснительную записку с необходимыми расчетами, схемами, алгоритмами и фрагментами программ и результатами расчетов, выполненных с помощью компьютерных технологий.

Знания и умения, полученные студентами при выполнении курсовой работы, используются для выполнения дипломного проекта.

Курсовая работа по дисциплине «Горное дело» призвана реализовать следующие задачи:

- углубление и расширение теоретических знаний в данной предметной области;
- приобретение навыков самостоятельного решения прикладной инженерной задачи с использованием компьютерных систем;
- умение формулировать выводы по проделанным исследованиям;
- получение навыков сбора, анализа, обобщения информации по данной предметной области, работы с источниками литературы;
- умение подготовить и сделать доклад по проделанной работе;
- оформить научный документ (расчетно-пояснительную записку) в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017.

Задания по курсовым работам должны включать задачи прикладного характера с ориентацией на соответствующую специальность.

Руководитель работы должен: своевременно выдать задание студенту; разработать примерный календарный план выполнения работы; проводить регулярные консультации, контролируя ход выполнения работы.

Объем пояснительной записки без приложений, как правило, должен содержать не менее 20 машинописных или 25 рукописных страниц формата А4.

Пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

титульный лист;

задание на курсовую работу;

содержание;

введение;

основная часть;

заключение;

список использованных источников;

патентный и реферативный поиск;

приложения (при необходимости).

Стандартный вид *титульного листа* для расчетно-пояснительной записки к курсовой работе приведен в Приложении.

Содержание включает наименование всех разделов и подразделов с указанием номеров начальных страниц, на которых размещаются эти наименования.

Во введении обосновывается актуальность темы, указываются цель и задачи работы, дается краткий перечень соответствующих информационных технологий и программных средств, позволяющих автоматизировать решение подобных инженерных задач.

**Основная часть**, как правило, включает следующие разделы.

В первом разделе содержится обзор источников по теме, касающейся непосредственно решаемой задачи. При этом, в тексте пояснительной записки делаются ссылки на литературу.

Второй раздел посвящен алгоритмическому анализу задачи. Он содержит полную постановку задачи, перечень исходных данных и предполагаемых результатов, описание методики решения и подробные пояснения по ней.

Третий раздел содержит расчеты, согласно выбранной методике. Если задание включает элементы исследования по готовой математической модели, то в разделе даются выводы по проведенным исследованиям.

**Заключение** содержит основные выводы по работе в целом, отмечаются достоинства работы, указывается ее возможная практическая значимость. Результаты следует излагать в форме констатации фактов, используя слова: *изучены, исследованы, разработаны, предложены и др.* Объем заключения не должен превышать одной страницы.

**Список использованных источников.** Следует оформлять по ГОСТ 7.1-2003. Обязательно в списке использованных источников должны быть источники печатных работ последних лет.

**Патентный и реферативный поиск.** Привести публикации по заданной группе материалов за последние 5...10 лет. Рекомендуемые сайты для поиска cyberleninka.ru, elibrary.ru, biblioclub.ru.

## **Организация курсового проектирования**

Темы курсовых работ по отдельным дисциплинам разрабатывают кафедрой. Заведующие кафедрами утверждают темы курсовых работ до начала семестра, в котором предусмотрено их выполнение. Информацию о названии тем доводят до сведения студентов

Для формирования у студентов умений и навыков работы в команде *возможна* выдача группового задания, предусматривающего работу нескольких студентов над одной курсовой работой. В этом случае каждому из них должен быть установлен индивидуальный объем задач.

Изменение темы курсовой работы в процессе ее выполнения не допускается.

Студент вправе выбрать тему курсовой работы из числа утвержденных на кафедре или самостоятельно предложить тему с обоснованием ее целесообразности.

Руководство курсовой работой осуществляет профессорско-преподавательский состав кафедры, а также высококвалифицированные специалисты.

Закрепление темы курсовой работы за студентом осуществляется руководителем путем выдачи задания на курсовую работу.

Задание подписывает руководитель курсовой работы и студент, указывается дата выдачи и утверждается заведующим кафедрой.

Руководитель курсовой работы обязан:

- разработать задание на выполнение курсовой работы;
- составить график выполнения курсовой работы;
- консультировать студента по всем вопросам, связанным с выполнением курсовой работы;
- в соответствии с графиком консультаций проверять состояние работы над курсовой работой;
- контролировать ход курсового проектирования;
- информировать заведующего кафедрой о выполнении студентом графика курсового проектирования;
- проверить законченный и оформленный курсовую работу;
- участвовать в комиссии по защите студентом курсовых работ.



Консультации по курсовой работе для студентов дневной формы получения образования организуются еженедельно.

График консультаций по курсовой работе разрабатывает руководитель и утверждает заведующий кафедрой. График консультаций доводится до сведения студентов.

За выполнение курсовой работы и принятые в курсовой работе решения, качество исполнения пояснительной записки отвечает студент (автор курсовой работы). Студент обязан после каждого этапа проектирования представлять руководителю промежуточный объем работ на проверку. Руководитель проверяет выполненную работу, указывает ошибки и дает рекомендации по их исправлению.

Выполненная курсовой работы студентами дневной формы получения образования сдают в срок **не позднее 1 месяца** до начала экзаменационной сессии лично руководителю.

Курсовая работа выполняется на основе глубокого изучения литературы по специальности (учебников, учебных пособий, учебно-методических пособий и других видов учебных изданий, монографий, периодической литературы, журналов на иностранных языках, нормативной литературы и т.п.).

По указанию руководителя курсовой работы в объем может быть включен пункт по научно-исследовательской или учебно-методической работе с выполнением графической части до одного листа формата А1.

Выполненная курсовая работа подписывается студентом и руководителем.

Критерии оценки:

- знание и понимание проблемы;
- умение систематизировать и анализировать материал, четко и обоснованно формулировать выводы;
- «трудозатратность» (объем изученной литературы, добросовестное отношение к анализу проблемы);
- самостоятельность, способность к определению собственной позиции по проблеме и к практической адаптации материала, недопустимость плагиата;
- выполнение необходимых формальностей (точность в цитировании и указании источника текстового фрагмента, аккуратность оформления).

Результат текущей аттестации в форме защиты курсовой работы оценивается отметками в баллах по десятибалльной шкале. Положительными являются отметки не ниже 4 (четыре) баллов.

При определении оценки учитывается ритмичность и качество выполнения работы, а также фактический уровень инженерной подготовки студента.

## Требования к лингвистическому оформлению курсовой работы

Курсовая работа должна быть написана логически последовательно, литературным языком. Повторное употребление одного и того же слова, если это возможно, допустимо через 50 - 100 слов. Не должны употребляться как излишне пространные и сложно построенные предложения, так и чрезмерно краткие лаконичные фразы, слабо между собой связанные, допускающие двойные толкования и т. д.

При написании курсовой работы не рекомендуется вести изложение от первого лица единственного числа: «я наблюдал», «я считаю», «по моему мнению» и т. д. Корректнее использовать местоимение «мы». Допускаются обороты с сохранением первого лица множественного числа, в которых исключается местоимение «мы», то есть фразы строятся с употреблением слов «наблюдаем», «устанавливаем», «имеем». Можно использовать выражения «на наш взгляд», «по нашему мнению», однако предпочтительнее выразить ту же мысль в безличной форме, например:

- *изучение педагогического опыта свидетельствует о том, что ...*,
- *на основе выполненного анализа можно утверждать ...*,
- *проведенные исследования подтвердили...;*
- *представляется целесообразным отметить;*
- *-установлено, что;*
- *делается вывод о.;*
- *следует подчеркнуть, выделить;*
- *можно сделать вывод о том, что;*
- *необходимо рассмотреть, изучить, дополнить;*
- *в работе рассматриваются, анализируются...*

При написании курсовой работы необходимо пользоваться языком научного изложения. Здесь могут быть использованы следующие слова и выражения:

✓ для указания на последовательность развития мысли и временную соотнесенность:

- *прежде всего, сначала, в первую очередь;*
- *во-первых, во - вторых и т. д.;*
- *затем, далее, в заключение, итак, наконец;*
- *до сих пор, ранее, в предыдущих исследованиях, до настоящего времени;*
- *в последние годы, десятилетия;*

✓ для сопоставления и противопоставления:

- *однако, в то время как, тем не менее, но, вместе с тем;*
- *как., так и.;*
- *с одной стороны., с другой стороны, не только., но и;*
- *по сравнению, в отличие, в противоположность;*

для указания на следствие, причинность:

- *таким образом, следовательно, итак, в связи с этим;*
- *отсюда следует, понятно, ясно;*
- *это позволяет сделать вывод, заключение;*
- *свидетельствует, говорит, дает возможность;*
- *в результате;*

✓ для дополнения и уточнения:

- *помимо этого, кроме того, также и, наряду с..., в частности;*
- *главным образом, особенно, именно;*

✓ для иллюстрации сказанного:

- *например, так;*
- *проиллюстрируем сказанное следующим примером, приведем пример;*
- *подтверждением выше сказанного является;*

✓ для ссылки на предыдущие высказывания, мнения, исследования и т.д.:

- *было установлено, рассмотрено, выявлено, проанализировано;*
- *как говорилось, отмечалось, подчеркивалось;*
- *аналогичный, подобный, идентичный анализ, результат;*
- *по мнению X, как отмечает X, согласно теории X;*

✓ для введения новой информации:

- *рассмотрим следующие случаи, дополнительные примеры;*
- *перейдем к рассмотрению, анализу, описанию;*
- *остановимся более детально на.;*
- *следующим вопросом является.;*
- *еще одним важнейшим аспектом изучаемой проблемы является.;*

✓ для выражения логических связей между частями высказывания:

- *как показал анализ, как было сказано выше;*
- *на основании полученных данных;*
- *проведенное исследование позволяет сделать вывод;*
- *резюмируя сказанное;*
- *дальнейшие перспективы исследования связаны с..*

Письменная речь требует использования в тексте большого числа развернутых предложений, включающих придаточные предложения, причастные и депричастные обороты. В связи с этим часто употребляются составные подчинительные союзы и клише:

- *поскольку, благодаря тому что, в соответствии с.;*
- *в связи, в результате;*
- *при условии, что, несмотря на.;*
- *наряду с., в течение, в ходе, по мере.*

Необходимо определить основные понятия по теме исследования, чтобы

использование их в тексте курсовой работы было однозначным. Это означает: то или иное понятие, которое разными учеными может трактоваться по-разному, должно во всем тексте данной работы от начала до конца иметь лишь одно, четко определенное автором курсовой работы значение.

В курсовой работе должно быть соблюдено единство стиля изложения, обеспечена орфографическая, синтаксическая и стилистическая грамотность в соответствии с нормами современного русского языка.

Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части курсовой работы аналогичны с требованиями, приведены в Инструкции о порядке организации, проведения дипломного проектирования и требования к дипломным проектам (дипломным работам), их содержанию и оформлению, обязанности руководителя, консультанта, рецензента дипломного проекта (дипломной работы) (режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/30286>)

### **Примерный перечень тем курсовых работ**

1. Разработка рудного месторождения
2. Выбор и конструирование рационального варианта системы разработки рудного месторождения.
3. Определение параметров очистного блока.
4. Выбор оптимального варианта отработки шахтного поля.
5. Разработка карьера.
6. Расчет параметров анкерной крепи.
7. Определение оптимальных параметров крепления штрека лавы.
8. Разработка пологопадающего пласта.
9. Расчет устойчивости выработок.
10. Определение оптимальных параметров элементов системы разработки рудных месторождений.
11. Анализ горных выработок и элементов, входящих в строение карьера. Подготовка развёрнутого описания функционального назначения, местоположения элементов в карьере.
12. Определение показателей качества руды.

### **4.3. Рекомендуемая литература**

#### **Основная**

1. Горное дело: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / сост.: Е. К. Костюкевич, Н. И. Березовский. – Минск: БНТУ, 2022. – 54 с. - Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/126542>
2. Практикум по горному делу: пособие для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский

национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2022. – 50 с. - Режим доступа <https://rep.bntu.by/handle/data/112363>

3. Горное дело: практикум для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2021. – 44 с. Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/108871>

4. Горное дело: пособие для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Н. И. Березовский [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины». – Минск: БНТУ, 2021. – 46 с. Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/89772>

5. Горное дело: практикум для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Е. К. Костюкевич, Н. И. Березовский. – Минск: БНТУ, 2020. – 46 с. Режим доступа <https://rep.bntu.by/handle/data/81195>

6. Горное дело: практикум для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2019. – 39 с. Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/52361>

7. Подземные горные работы: пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / А. К. Гец [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные работы». – Минск: БНТУ, 2022. – 50 с. Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/123378>

#### **Дополнительная**

8. Петровский, Б.И. Подземные горные работы / Б.И. Петровский - Учебное пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений Полезных ископаемых» - Солигорск: БНТУ, 2019 – 150 с.

9. Иванцов, В.М. Основы подземной разработки рудных месторождений: учеб. пособие / В.М. Иванцов, Б.А. Ахпашев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 258 с.

10. Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018. – 204 с.

11. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018 – 146 с.

12. Соловьев, В.А. Поддержание горных выработок в породах соленосной толщи: Теория и практика /В.А. Соловьев, В.Н. Аптуков, И.Б. Ваулина. Новосибирск: Наука, 2017. – 264 с.
13. Соловьев, В.А. Подземная разработка рудных месторождений: техн. альбом /сост. В.А. Соловьев. - Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. - 209 с.
14. Шахтное и подземное строительство. Модуль 1 - Строительство горизонтальных выработок. Конспект лекций /Сост. Ю.П. Требуш: ФГАОУ ВО СФУ, ИГДГГ. Красноярск, 2018. - 379 с.
15. Технология подземной разработки калийных руд. /В.Г. Зильбершмидт, К.Г. Синопальников, Г.Д. Полянина, и др. - М., «Недра», 1977. - 287 с.
16. Агошков, М.И. Разработка рудных и нерудных месторождений: учеб. для техникумов / М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский, В.А./ – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 424 с.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Emons, H.-H. Die Kaliindustrie: Geschichte eines deutschen Wirtschaftszweiges / H.-H. Emons // Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät / Leibniz-Sozietät, Trafo-Verlag. – Berlin, 2002. – 140 p.
2. Агошков, М.И. Разработка рудных и нерудных месторождений: учеб. для техникумов / М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский, В.А./ – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 424 с.
3. Андрейко, С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: генезис, прогноз и управление / С.С. Андрейко, П.А. Калугин, В.Я. Щерба; под ред. В.Я. Прушак. – Минск: Вышэйшая школа, 2000. – 335 с.
4. Березовский, Н. И. Природные ресурсы и их использование: [учебное пособие для строительных специальностей вузов] / Николай Иванович Березовский, Елена Казимировна Костюкевич; кол. авт. Белорусский национальный технический университет (Минск). – Минск: БНТУ, 2005. – 187 с.
5. Барях А.А., Смирнов Э.В., Квиткин С.Ю., Тенисон Л.О. Калийная промышленность России: проблемы рационального и безопасного недропользования. Горная промышленность. 2022;(1):41–50. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-1-41-50>
6. Высоцкий, Э. А., Демидович, Л. А., Деревянкин, Ю. А. Геология и полезные ископаемые Республики Беларусь: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: Універсітэцкае, 1996. – 184 с.
7. Головатый, И. И. Особенности разработки Петриковского месторождения калийных солей / И. И. Головатый, А. Б. Петровский, А. П. Дворник // Горная механика и машиностроение. – 2019. – № 2. – С. 5–15.
8. Горное дело. Выработки горные. Термины и определения: ГОСТ Р 57719-2017. – Введ. 26.09.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 20 с.
9. Горное дело: пособие для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Н. И. Березовский [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины». – Минск: БНТУ, 2021. – 46 с.
10. Горное дело: практикум для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2021. – 44 с.
11. Горное дело: практикум для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Е. К. Костюкевич, Н. И. Березовский. – Минск: БНТУ, 2020. – 46 с.

12. Горное дело: практикум для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2019. – 39 с.
13. Горное дело: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / сост.: Е. К. Костюкевич, Н. И. Березовский. – Минск: БНТУ, 2022. – 54 с.
14. Горные машины и проведение горно-разведочных выработок. Конспект лекций / Сост. Ю.П.Требуш: ФГАОУ ВО СФУ, ИГДГГ. Красноярск, 2019. - 434 с.
15. Дешковский, В. Н. Расчет показателей качества добытой рудной массы при подготовительных и очистных работах: методическое пособие для студентов специальности 1-51 02 01 "Разработка месторождений полезных ископаемых" направления 1-51 02 01-02 "Подземные горные работы" / В. Н. Дешковский. – Минск: БНТУ, 2012. – 52 с.
16. Долгий, И.Е. Основы горного производства: Учеб. пособие / И.Е.Долгий, А.А.Силантьев. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2003. 96 с.
17. Иванцов, В.М. Основы подземной разработки рудных месторождений: учеб. пособие / В.М. Иванцов, Б.А. Ахпашев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 258 с.
18. Иванцов, В.М. Подземная разработка рудных месторождений. Учебное пособие - практикум для организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 130400 «Горное дело» / В.М. Иванцов - ГОУ ВПО «Сибирский Федеральный университет». Красноярск, 2012. -136 с.
19. Инструкция о порядке организации, проведения дипломного проектирования и требования к дипломным проектам (дипломным работам), их содержанию и оформлению, обязанности руководителя, консультанта, рецензента дипломного проекта (дипломной работы) / Белорусский национальный технический университет. - Минск: БНТУ, 2017. Режим доступа:<https://rep.bntu.by/handle/data/30286>
20. Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018. – 204 с.
21. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018 – 146 с.
22. Казикаев, Д.М. Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд: учеб. пособие / Д.М. Казикаев, Г.В. Савич. – 2-е изд. – М.: Горная книга, 2013. – 224 с.



23. Карасев, В. А. Технология подземных горных работ: методические указания по практическим занятиям для студентов специальности 080502 «Экономика и управление на предприятиях горной промышленности и геологоразведки» дневной формы обучения / В. А. Карасев. – Кемерово: КузГТУ, 2011.
24. Килячков, А. П. Технология горного производства: учебник для вузов / А. П. Килячков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 415 с.
25. Кологривко, А.А. Подземные горные работы: учеб. пособ./ А.А. Кологривко. - Мн.: БНТУ, 2006. - 94 с
26. Лукьянов, В.Г. Технология проведения горно-разведочных выработок: учебник /В.Г. Лукьянов, А.В. Панкратов, В.А. Шмурыгин; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 550 с.
27. Макаров, А.Б. Практическая геомеханика : пособие для горных инженеров / А.Б. Макаров. – М.: Горная книга, 2006. – 380 с.
28. Методические указания к практическим и индивидуальным занятиям по дисциплине «Управление состоянием массива горных пород» для студентов специальности 6.050301 – РПМ / В.Л. Самойлов, С.В. Подкопаев, В.Е. Нефёдов – Донецк: ДонНТУ, 2014 - 77 с.
29. Михеев, О. В. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учебное пособие / О. В. Михеев [и др.] ; под ред. Л. А. Пучкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 487 с.
30. Опыт применения автоматизированных систем мониторинга горного давления с программным обеспечением ПрОК в слоевых лавах пласта Третьего калийного горизонта / И. И. Головатый [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 4. – С. 5–14.
31. Перспективные технологические схемы подготовки и отработки третьего калийного пласта на шахтном поле Краснослободского рудника / И. И. Головатый [и др.] // Горная механика и машиностроение. - 2014. - № 3. - С. 24-35.
32. Петраков, Д. Г. Предотвращение внезапных выбросов соли и газа из пород почвы в выработанном пространстве лав: автореферат дис. . кандидата технических наук : 05.15.11 / Санкт-Петербургский гос. горный ин-т им. Г. В. Плеханова. - Санкт-Петербург, 1999. - 23 с.
33. Петровский, Б.И. Взаимодействие механизированных крепей с кровлей при разработке Старобинского месторождения калийных солей / Б.И. Петровский, В.А. Губанов. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2003. – 152 с.

34. Петровский, Б.И. Подземные горные работы / Б.И. Петровский - Учебное пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений Полезных ископаемых» - Солигорск: БНТУ, 2019 – 150 с.
35. Петровский, Б. И. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Подземные горные работы» для специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)» [Электронный ресурс] / Б. И. Петровский; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Технологии и оборудование разработки месторождений полезных ископаемых». – Минск: БНТУ, 2023. Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/127365>
36. Петровский, Б.И. Разработка эффективных и безопасных технологий и средств очистной выемки сложноструктурных калийных пластов Старобинского месторождения: Дисс. докт.техн. наук: 25.00.22, 05.05.06. /Б.И. Петровский – М., 2003. – 338 с.
37. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых : метод. указания для выполнения лабораторных работ / сост.: О.З. Габараев, Г.Н. Хугаева. – Сев.-Кавказ. горно-металлур. ин-т. – Владикавказ : Терек, 2014. – 85 с.
38. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: Методические указания для выполнения лабораторных работ. /Сост.: О.З. Габараев, Г.Н. Хугаева. - Северо-Кавказский горно- металлургический институт (государственный технологический университет). - Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Изд-во «Терек», 2014. - 85 с.
39. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учеб.пособие. /Под ред. Л.А. Пучкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГГУ, 2001. – 487 с.
40. Подземные горные выработки / Госстрой СССР: СНиП II–94–80. – М.: Стройиздат, 1982. – 31 с.
41. Подземные горные работы: пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / А. К. Гец [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Горные работы». – Минск: БНТУ, 2022. – 50 с.
42. Поздеев А. А., Земсков А. Н., Ибрагимов Г. И. Некоторые аспекты освоения Тюбегатанского месторождения калийных солей // Рудник будущего: изд. ГП ЗУМК, Пермь, 2010, №1. - С. 6-10.
43. Поиски и разведка месторождений минерального строительного сырья: На примере четвертичных отложений: Учеб. пособие для вузов / В. И. Ярцев, Э. А. Высоцкий, В. Н. Губин и др. - Мн.: БГУ, 2002. - 175 с.
44. Практикум по горному делу: пособие для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Белорусский

- национальный технический университет, Кафедра «Горные машины»; сост.: Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2022. – 50 с.
45. Сокол, Д.Г. Направления совершенствования бесцеликовых технологических схем обработки калийных пластов /Д.Г. Сокол // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2018. - № 4. - С. 93-98. DOI:10.26730/1999-4125-2018-4-93-98.
  46. СНиП II–94–80. Подземные горные выработки / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1982. – 31 с.
  47. Соловьев, В.А. Поддержание горных выработок в породах соленосной толщи: Теория и практика /В.А. Соловьев, В.Н. Аптуков, И.Б. Ваулина. Новосибирск: Наука, 2017. – 264 с.
  48. Соловьев, В.А. Подземная разработка рудных месторождений: техн. альбом /сост. В.А. Соловьев. - Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. - 209 с.
  49. Старков Л. И., Земсков А. Н., Кондрашев П. И. Развитие механизированной разработки калийных руд. – Пермь; изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 522 с.
  50. Строительная геотехнология :учеб.-метод пособие / сост.: Д. А. Урбаев, Е. В. Шевнина, А. К. Кирсанов. (3,9 Мб). - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. - Систем. требования: РС не ниже класса Pentium I ; 128 Мб RAM ; Windows 98/XP/7 ; Adobe Reader V8.0 и выше. - Загл. с экрана
  51. Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ. /Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. //Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2021.- № 1 (24). - С. 92-100.
  52. Технология подземной разработки калийных руд /В.Г. Зильбершмидт [и др.]. – М.: Недра, 1977. – 287 с.
  53. Технология подземной разработки калийных руд. /В.Г. Зильбершмидт, К.Г. Синопальников, Г.Д. Полянина, и др. - М., «Недра», 1977. - 287 с.
  54. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов / В. И. Бондаренко [и др.]. – Днепропетровск, 2002. – 730 с.
  55. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов. Часть I / Д.В.Дорохов, В.И.Сивохин, А.С.Подтыкалов, И.С.Костюк. Под общ. ред. Д.В.Дорохова. — Донецк: ДонГТУ, 1997. — 220 с.
  56. Трубецкой, К.Н., Галченко, Ю.П. Основы горного дела: Учебник / Под ред. акад. К.Н. Трубецкого. — М.: Академический Проект, 2010. — 231 с.
  57. Хоменко, О. Е. Вскрытие и подготовка рудных месторождений при подземной разработке: учебное пособие / О. Е. Хоменко, М. Н. Кононенко. – Д.: НГУ, 2016. – 101 с.

58. Хоменко, О. Е. Процессы при подземной разработке рудных месторождений: учебник / О. Е. Хоменко, М. Н. Кононенко, С. А. Зубко. – Д.: НГУ, 2015. – 202 с.
59. Шаманин, А. В. Краткий обзор и классификация технологических схем отработки калийных пластов Старобинского месторождения / А. В. Шаманин // Горная механика и машиностроение. - 2008. - № 3. - С. 93-100.
60. Шахтное и подземное строительство. Модуль 1 - Строительство горизонтальных выработок. Конспект лекций / Сост. Ю.П.Требуш: ФГАОУ ВО СФУ, ИГДГГ. Красноярск, 2018. - 379 с.
61. Шевкун, Е. Б. История горного дела: учеб, пособие / Е. Б. Шевкун. - Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. - 244 с.
62. Шевкун, Е.Б. Основы горного дела. Учебное пособие (лекционный курс). — Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. — 390 с.
63. Экспериментальные и теоретические исследования длительной устойчивости несущих элементов камерной системы разработки калийных пластов / В. А. Асанов [и др.] // Вестн. Перм. науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук. - 2017. - № 1. - С. 8-14.