

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра охраны недр и рационального природопользования



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

А.К.Порцевский

Безопасность жизнедеятельности при горных и горно-разведочных работах

Часть первая

**Учебное пособие
для студентов специальностей:**

**080200 «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений
полезных ископаемых»**

**080700 «Технология и техника разведки месторождений
полезных ископаемых»**

090100 « Маркшейдерское дело»

090200 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»

090400 «Шахтное и подземное строительство»

090500 «Открытые горные работы»

Москва 2005 г.

Введение

Цель изучения дисциплины и её значение

Дисциплина предусмотрена в Государственном Образовательном Стандарте высшего профессионального образования по направлениям «Горное дело» и «Прикладная геология» и включает следующие основные понятия:

человек и среда обитания; характерные состояния системы «человек - среда обитания»; основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере; критерии комфортности, негативные факторы техносферы, их воздействие на человека и природную среду; критерии безопасности; опасности технических систем: отказ, вероятность отказа, качественный и количественный анализ опасностей; средства снижения травмоопасности и вредного воздействия технических систем; безопасность в чрезвычайных ситуациях; правовые и нормативно-технические основы управления; системы контроля требований безопасности экологичности; профессиональный отбор операторов технических систем; природные, правовые и организационные основы охраны труда; управление безопасностью жизнедеятельности и техника безопасности при проведении горных и геологоразведочных работ.

Дисциплина «**Безопасность жизнедеятельности**» является отражением другой дисциплины – «**Рациональное недропользование и охрана окружающей среды**», одна из них описывает воздействие условий труда и отдыха на состояние человека, а другая – последствия для природной среды деятельности человека.

Цель изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»: получение знаний о природных и техногенных опасностях и о мероприятиях по обеспечению безопасных условий работы трудящихся.

График изучения дисциплины

В учебном плане МГОУ по направлениям «Горное дело» и «Прикладная геология» предусмотрена дисциплина «**Безопасность жизнедеятельности**»:

Специальность	Дисциплина	Очный курс, часы	Количество часов, Лекц / лаб / практ	Зачёт, экзамен
080300	Полный курс VI курс	102	16/4	Экз.
	Сокращённый курс IV курс	102	16/4	Экз.
080700	Полный курс VI курс	140	16/8/4	Экз.
	Сокращённый курс IV курс	140	12/8	Экз.
090100	Полный курс VI курс	150	16/12	Экз.
	Сокращённый курс IV курс	150	12/6	Экз.
090200	Полный курс VI курс	150	16/8/4	Экз.

	Сокращённый курс IV курс	150	16/8	Экз.
090400	Полный курс VI курс	150	16/8/4	Экз.
	Сокращённый курс IV курс	150	16/8	Экз.
090500	Полный курс VI курс	150	16/8/4	Экз.
	Сокращённый курс IV курс	150	16/8	Экз.

Примечание. Изучение дисциплины завершается проверкой знаний по тестам и контрольным работам, итоговые знания студентов оцениваются на экзамене.

Основные термины, встречаемые в тексте и связанные с экологией, жизнедеятельностью на горных предприятиях

Аудит системы экологического менеджмента, согласно ISO 14000¹, - процесс систематической документированной проверки и оценки объективным путём установленных показателей, предпринимаемый с целью установления соответствия характеристик EMS специально установленным организацией критериям такой оценки. Результаты аудита EMS должны быть доведены до менеджеров.

Деградация среды – ухудшение состояния или разрушение окружающей природной среды, приводит к деградациии живых организмов.

Демпинг – сброс и захоронение отходов в морях и океанах, составляет около 10% всех загрязняющих веществ, поступающих в Мировой океан.

Диапазон толерантности (выносливости) – минимальные и максимальные переносимые живым организмом значения определённого экологического фактора.

Основные экономические проблемы - универсальные проблемы, присущие любому обществу: 1) что производить; 2) как производить; 3) кто должен производить; 4) для кого производить. С точки зрения решения четырех основных экономических проблем все общественные формирования (общества) можно разделить на четыре типа:

- а) сообщества, решающие проблемы на основе инстинкта;
- б) на основе традиций;
- в) на основе команд;
- г) на основе рынка.

Принципы системы экологического менеджмента:

1) обязательства и политика - организация должна определить свою экологическую политику и обеспечить выполнение обязательств при своём функционировании;

2) планирование - организация должна разработать план или программу достижения целей и выполнения задач экологической политики;

¹ **Международные стандарты** серии ISO 14000 - стандарты, устанавливающие требования к системам экологического менеджмента с тем, чтобы дать организациям инструмент для разработки политики и определения задач сокращения воздействия на окружающую среду. Стандарт ISO - базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем, определяющий процесс информационного взаимодействия двух или более систем, в виде совокупности информационных взаимодействий уровневых подсистем.

3) реализация - для эффективной реализации экологической программы организация должна определить и изыскать возможности и механизмы, необходимые для достижения целей и выполнения задач экологической политики;

4) оценка и измерение - организация должна обеспечить необходимые оценку, мониторинг и измерение экологических показателей своей деятельности;

5) проверка и улучшение - организация должна проверять и постоянно улучшать свою систему экологического менеджмента.

Система производства – открытая, полуоткрытая и закрытая.

Открытая система производства представляет собой карьер или рудник или шахту, с обогатительной фабрикой и гидрометаллургическим заводом, загрязняющие окружающую среду.

Полуоткрытая система предусматривает избирательное использование отходов, организацию частичного оборота воды в замкнутом контуре, попутное извлечение некоторых ценных компонентов из минерального сырья.

Закрытая система производства основана на: а) комплексной переработке минерального сырья во множество полезных продуктов, суммарный вес которых иногда выше веса изначального сырья за счёт использования реагентов и вспомогательных материалов; б) извлечении ценных компонентов из твёрдых, жидких и газообразных отходов и выбросов; в) утилизации пустых пород в удобрения и строительные материалы (кирпич, черепица, керамическая плитка, пигментные красители и т.д.); г) замене подземной и открытой добычи руды, её переработки на обогатительной фабрике - на прямую переработку сырья подземным и кучным выщелачиванием, в том числе используя биологическое, электрохимическое и сорбционное выщелачивание.

Система экологического менеджмента (EMS), согласно ISO 14000, - часть общей системы менеджмента, которая включает организационную структуру, планирование, распределение ответственности, практическую деятельность, процедуры (приёмы), процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, достижения целей экологической политики, её пересмотра и корректировки.

Способы разработки (добычи) твёрдых полезных ископаемых – подземный, открытый, геотехнологический и комбинированный.

Подземный способ разработки – извлечение рудной массы (или нерудного сырья) из недр Земли, используя вертикальные (стволы, шурфы, восстающие, рудоспуски и др.) и горизонтальные (штольни, квершлагги, штреки, орты и др.) горные выработки, при этом полностью отсутствуют **вскрышные работы**, т.е. руда извлекается селективно от пород.

Открытый способ разработки – добыча твёрдых полезных ископаемых в рудном карьере (на угольном разрезе) непосредственно с земной поверхности, различают добычные и вскрышные работы. **Вскрышными работами** по пустым породам и забалансовой руде обнажается полезное ископаемое (балансовые запасы месторождения), породы складываются либо за пределами карьера – во внешние отвалы, либо внутри карьера, на отработанные участки с извлечённой рудой – во внутренние отвалы. **Добычными работами** по полезному ископаемому извлекаются балансовые запасы месторождения. Глубина карьера

определяется экономической целесообразностью – по граничному коэффициенту вскрыши.

Геотехнологический (физико-химическая геотехнология) способ добычи твёрдых полезных ископаемых - заключается в щадящей добычи полезных ископаемых непосредственно с земной поверхности или используя существующие подземные выработки. Полезное ископаемое извлекается в виде жидкости, расплава или газа, тем самым полезное ископаемое подвергается некоторому обогащению непосредственно в месте залегания. **Методы:** а) выщелачивание, подземное и кучное (ПВ и КВ) - меди, золота, урана, марганца, свинца, цинка, никеля, титана, фосфоритов; б) подземное растворение солей; в) подземная газификация углей, серы, битума, горючих сланцев, мышьяка, ртути; г) скважинная гидродобыча фосфоритов, строительных песков, золота, титана, алмазов, кассетерита, фосфоритов, бокситов; д) добыча из подземных и шахтных вод йода, бора, урана, стронция; е) извлечение тепла Земли из природных парогидротерм (гейзеров) и из «сухих» горных пород.

Уязвимость экосистем - неспособность экосистем противостоять вредным внешним воздействиям.

Экологические показатели деятельности организации, согласно ISO 14000, - измеряемые результаты функционирования системы экологического менеджмента, относящиеся к вопросам контроля воздействия на окружающую среду в соответствии с целями и задачами организации, установленными её экологической политикой.

Экологический аудит, согласно ISO 14000, - систематический документированный процесс проверки, заключающийся в получении объективным путём и оценке свидетельств аудирования. Экологический аудит направлен на установление соответствия экологически значимых видов деятельности, событий, условий, систем менеджмента или информации по этим вопросам критериям аудирования. Результаты экологического аудита доводятся до сведения клиента.

Экологический паспорт промышленного предприятия - нормативно-технический документ, включающий совокупность данных по использованию ресурсов, готовой продукции и воздействию предприятия на окружающую среду; он используется в целях государственного экологического контроля.

1. Основные формы деятельности человека

Формы интеллектуального труда подразделяются на операторский, управленческий, творческий, труд медицинских работников, учителей, учащихся. Работа характеризуется большой ответственностью, требует переработки большого количества информации за короткое время, повышенное нервно-эмоциональное напряжение (связанное с памятью, вниманием, восприятием, стрессовыми ситуациями). При таком напряжении проявляются болезни – тахикардия, повышение кровяного давления, изменение ЭКГ, вегетососудистые заболевания нервной системы, синдром менеджера.

Формы физического труда требуют значительной мышечной активности, однообразии простых и большей частью локальных действий, малый объём воспринимаемой в процессе труда новой информации приводит к монотонности труда, при этом рассеивается внимание, снижается скорость реакций и быстро наступает утомление. Физическая усталость сопровождается **обезвоживанием организма** (при снижении массы человека за счёт потовыделения более чем на 2÷3% приводит к тяжёлым заболеваниям и смерти).

Фазы работоспособности² человека:

- фаза вработывания или нарастающей работоспособности, этот период длится от нескольких минут до 1,5 часов;
- фаза высокой устойчивости работоспособности, характеризуется сочетанием высоких трудовых показателей с относительной стабильностью, продолжительность фазы 2÷2,5 часа;
- фаза снижения работоспособности, отличающаяся уменьшением функциональных возможностей основных работающих органов человека и сопровождающаяся чувством усталости.

Основными **причинами** крупных техногенных аварий являются:

- отказы технических систем из-за дефектов изготовления и нарушения режима эксплуатации (риск более 10^{-4});
- ошибочные действия операторов технических систем (более 60% аварий);
- концентрация различных производств в промышленных зонах без должного изучения их взаимовлияния;
- высокий энергетический уровень технических систем;
- внешние негативные воздействия на объекты энергетики, транспорта и др.

Перечень реально действующих **негативных факторов** на человека насчитывает более 100 видов, к наиболее опасным относят: запылённость и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение, повышенные или пониженные параметры атмосферного воздуха (температура, влажность, давление, подвижность воздуха), недостаточное и неправильное освещение, монотонность деятельности, тяжёлый физический труд.

При ведении горных и горно-разведочных работ трудящихся подстерегают природные и техногенные опасности. **Природные опасности** связаны с опасными проявлениями характерных особенностей горного массива – устойчивостью, трещиноватостью, метанообильностью и т.п. **Техногенные опасности** следует ожидать при буровзрывных работах и от оборудования, используемого трудящимися, а также от искусственно созданных конструкций (крепя выработок, буровых платформ и т.п.).

² **Работоспособность** – величина функциональных возможностей организма человека, характеризующаяся качеством и количеством работы, выполняемой за определённое время.

Наблюдения за соблюдением безопасных условий труда производят на предприятиях службы контроля за техникой безопасности³, за сдвигами и обрушениями наблюдают геомеханическая и маркшейдерская служба, за проветриванием – служба вентиляции. Контроль экологичности производства осуществляют общественные организации и **государственные органы** и инспекции: экологическая милиция, Росадмтехнадзор, Росгортехнадзор, Росприроднадзор, Россанэпидемнадзор, Росэнергонадзор, Роспожнадзор. На промышленное предприятие составляется **экологический паспорт**, включающий данные по использованию предприятием ресурсов и ликвидации отходов. **Юридическая ответственность** за правонарушения может быть как административной, так и уголовной, результатом которой являются компенсационные выплаты, штрафные санкции и лишение свободы.

Таблица 1

Классификация систем безопасности⁴

Вид опасности	Объект защиты	Система безопасности
Опасности среды деятельности человека	Человек	Безопасность (охрана) труда
Опасности среды деятельности и отдыха, города, жилища	Человек	Безопасность жизнедеятельности человека
Опасности техносферы	Природная среда	Охрана природной среды
Чрезвычайные опасности биосферы и техносферы, в т.ч. пожары, ионизирующее излучение	Человек, природная среда, материальные ресурсы	Защита в чрезвычайных ситуациях, пожарная и радиационная защита
Внешние и внутренние общегосударственные опасности	Общество, нация	Система безопасности страны, национальная безопасность
Опасности неконтролируемой и неуправляемой общечеловеческой деятельности (рост населения, оружие массового поражения, потепление климата и т.п.)	Человечество, биосфера, техносфера	Глобальная безопасность
Опасности космоса	Человечество, планета Земля	Космическая безопасность

Системы безопасности можно отнести к четырём видам:

- система личной и коллективной безопасности человека в процессе его жизнедеятельности;
- система охраны природной среды (биосферы);
- система государственной безопасности;
- система глобальной безопасности.

³ Инструкции по технике безопасности при работе с оборудованием, рассматриваются отдельно, при обучении работе трудящихся с этим оборудованием.

⁴ Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В.Белова. – М., Высшая школа, 1999. – 448 с.

2. Природные и техногенные опасности при горных и горно-разведочных работах:

- А) на земной поверхности, в карьерах
- обрушение бортов карьера или оборудования в подземные полости;
 - самовозгорание угольных отвалов – терриконов;
 - запыление рабочей зоны⁵ при буровых и взрывных работах;
 - внезапные выбросы газа при бурении нефтегазовых скважин;
 - попадание под взрыв;
 - поражение электрическим током, переменным или постоянным;
 - разрыв напорного трубопровода;
- Б) в шахтах и рудниках
- обрушение пород в горные выработки;
 - сдвигание горного массива;
 - горный удар;
 - недостаточное проветривание и кондиционирование;
 - запыление рабочей зоны;
 - разрушение крепи;
 - внезапные выбросы газа, угля и пород;
 - самовозгорание, эндогенные пожары;
 - попадание под взрыв;
 - поражение электрическим током, переменным или постоянным;
 - разрыв напорного трубопровода;
 - внезапный прорыв воды.

3. Критерии комфортности и безопасности техносферы

Комфортное состояние человека по показателям микроклимата и освещения достигается соблюдением нормативных требований по температуре воздуха в помещениях, его влажности и подвижности, освещённости рабочего места, атмосферному давлению, устройству санитарно-бытового обслуживания трудящихся на предприятии (обеспечение спецодеждой, оказание медицинской помощи и др.).

Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной одежды, обуви, позы, использование оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, - обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения травм и профессиональных заболеваний.

Критериями безопасности техносферы являются ограничения⁶, вводимые на концентрацию веществ и потоки энергий (света, радиации и т.п.), а также значения риска⁷.

⁵ **Рабочая зона** – пространство высотой 2 м над уровнем площадки, на которой расположено рабочее место. **Рабочее место** – зона постоянного или временного (более 50% или более 2 ч непрерывно) деятельности работающего.

При создании **технических систем** оценка риска достигается анализом её структурного строения, учёта вероятности отказа отдельных её элементов и возможных несанкционированных действий оператора при обслуживании и управлении технической системы. Если совершенствованием технических систем не удаётся обеспечить предельно допустимых воздействий на человека в зоне его пребывания, то необходимо применять **экобиозащитную технику** (пылеуловители, водоочистные устройства, экраны, средства индивидуальной защиты – спецодежда, обувь, каска, рукавицы, наушники, спасательный пояс, респиратор, светильник и т.п.).

Таблица 2

Вероятность (риск) естественной и принудительной смерти людей

Величина риска	Риск	Зоны
10^{-2}	Сердечно-сосудистые заболевания, злокачественные опухоли, СПИД	Зона неприемлемого риска – более 10^{-3}
10^{-4}	Автомобильные аварии, несчастные случаи на производстве	Переходная зона значений риска от 10^{-6} до 10^{-3}
10^{-5}	Аварии на железнодорожном, водном и воздушном транспорте, пожары и взрывы	
10^{-6}	Проживание вблизи ТЭС (при нормальном режиме работы)	
10^{-7}	Все стихийные бедствия	Зона приемлемого риска – менее 10^{-6}
10^{-8}	Проживание вблизи АЭС (при нормальном режиме работы)	

С ростом **температуры** воздуха рабочей зоны сверх оптимального значения ($16\div 18^{\circ}\text{C}$) снижается относительная работоспособность человека европейского типа:

Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	16÷18	25÷27	30÷32
Относительная работоспособность (выполнение тяжёлой физической работы при относительной влажности 100%)	1,0	0,5	0,2

В настоящее время максимально допустимая температура воздуха (в шахтах, на рабочих местах в закрытых помещениях) принята 26°C . Снизить температуру можно теплоизоляцией поверхностей источников тепла – печей, трубопроводов и т.п., соорудить теплозащитные экраны, воздушные и водяные завесы, вентиляцией и кондиционированием воздуха. Подогрев же воздуха, поступающего в шахту, производится в калориферных установках до температуры $60\div 80^{\circ}\text{C}$ и окно воздухоподающего канала располагается со стороны глухой стенки подъёмной клетки, чтобы струя воздуха, особенно горячая, не была направлена на находящихся в клетке людей. Диапазон комфортных условий в за-

⁶ ПДК – предельно-допустимая концентрация, ПДУ – предельно-допустимый уровень.

⁷ Риск – вероятность реализации негативного воздействия в зоне пребывания человека.

висимости от температуры, влажности и скорости движения воздуха приведён на рис.1.

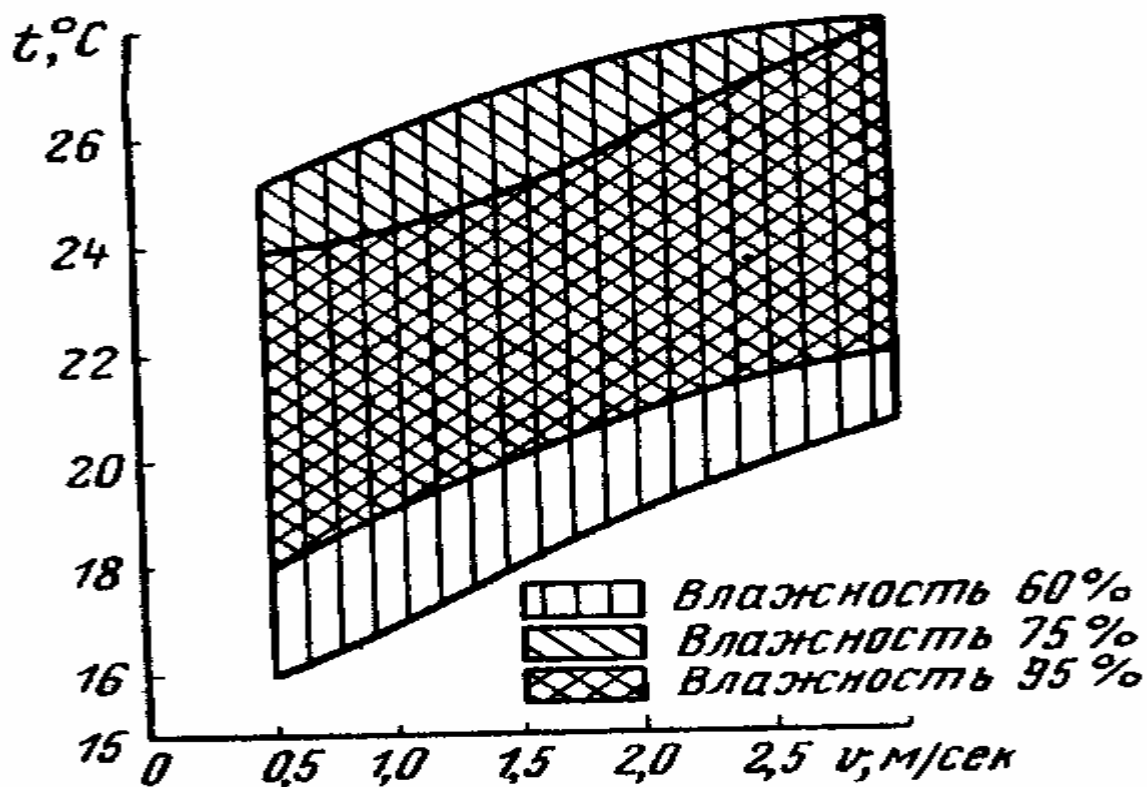


Рис. 1. Зона гигиенически приемлемых температур в зависимости от влажности и скорости движения воздуха

В районах вечной мерзлоты другая проблема – не допустить таяния пород, приводящего к обрушения горных выработок, поэтому воздух здесь подогревается до **отрицательной температуры**, рассчитываемой из максимальной жёсткости погоды (Ж) в 15 баллов и скорости движения воздуха v (в м/с):

$$t = Ж - 2v = 15 - 2v.$$

Неудовлетворительное **освещение** является причиной повышенного утомления, особенно при напряжённых работах за компьютером, с бумагами. Освещение характеризуется, например, световым потоком⁸ и освещённостью (оптимальная освещённость – 100 лк). Освещение возможно естественное и искусственное, а также применяется – сигнальное, аварийное, охранное и др. освещение. Источники искусственного света делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания. Газоразрядные лампы обладают высоким к.п.д. и имеют более высокую световую отдачу до 110 лм/Вт (у ламп накаливания – не более 40 лм/Вт) и длительный срок службы – 8÷12 тыс. часов (против 2÷3 тыс.

⁸ **Световой поток Φ** – часть лучистого потока, воспринимаемого человеком как свет, характеризует мощность светового излучения (измеряется в люменах - лм). **Освещённость E** – поверхностная плотность светового потока, отношение светового потока к освещаемой площади (измеряется в люксах - лк).

часов). Основной недостаток газоразрядных ламп – пульсация светового потока.

Таблица 3
Экспертная оценка условий труда в России (по данным С.В.Белова, 90-ые годы)

Вредные факторы	Доля работающих в неблагоприятных условиях, %
Загазованность, запылённость	3
Неблагоприятные температурные режимы	2,3
Повышенный шум	1,8
Недостаточное освещение	1,8
Повышенная вибрация	0,5

Таблица 4

Доля заболевших вибрационной болезнью (%) в зависимости от профессии и стажа работы (по данным Ю.М.Васильева)

Стаж работы, лет	5	10	15	20	25
Слесарь	0	0	4	21	54
Формовщик	0,5	2,3	14	40	72
Обрубщик	0	11	49	86	89

Таблица 5

Доля страдающих нарушением слуха в зависимости от стажа работы и эквивалентного уровня шума

Эквивалентный уровень звука, дБ (А)	80			90			100			110		
	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25		
Доля заболевших тугоухостью, %	0	4	14	17	12	37	43	26	71	78		

Таблица 6

Показатели сокращения жизни (СПЖ)

Условие обитания	СПЖ, сут.	Относительное СПЖ
Курение по 20 сигарет в день в течение 45 лет	2250	0,9
Работа в угольной шахте	1100	0,951
Проживание в неблагоприятных условиях	500	0,978
Загрязнение воздуха в крупных городах	350	0,985

Таблица 7

Влияние состава атмосферного воздуха на здоровье людей

Группа болезней	Показатели среднемесячной заболеваемости взрослого населения на 1 тыс. жителей		
	Средний показатель	г. Липецк	г. Березняки

Злокачественные новообразования	0,25	0,48	0,32
Болезни эндокринной системы	0,26	1,1	0,3
Болезни органов пищеварения	1,9	12,1	6,6
Болезни органов дыхания	14,7	32,3	24,9
Болезни системы кровообращения	3,1	18,9	11,7
Болезни кожи	0,76	2,4	1,3
Болезни органов чувств	1,18	4,1	3,2

Примечание. Превышение ПДК вредных веществ в воздухе г.Липецка достигало 2÷6 раз, г.Березняки – 2÷4 раза.

Наиболее успешно диффузия кислорода в кровь происходит при давлении 95÷120 мм рт. ст. С понижением давления, в шахте или в горах, может наступить кислородное голодание (головная боль, головокружение, замедленная реакция, нарушение слуха и зрения, нарушение обмена веществ и метеоризм). С повышением давления объём лёгких уменьшается, растёт частота дыхания, нарушается координация движения, галлюцинация, ослабление памяти, расстройство зрения и слуха, возникает кессонная болезнь (когда азот не успевает выйти из крови, образуются пузырьки азота и кровь «закипает»).

На работоспособность человека влияет и **цветовое оформление** производственного интерьера: красный цвет возбуждает; оранжевый – согревает и воспринимается как горячий; жёлтый и бежевый – тёплый, располагает к хорошему настроению; зелёный – цвет покоя и свежести, успокаивает; синий и голубой – свежи и прозрачны, кажутся лёгкими и воздушными, успокаивают; чёрный цвет – мрачный и тяжёлый, снижает настроение; белый – холодный, однообразный, вызывает апатию. Причём существует разработанная психологами система соответствия определённому психотипу человека различных цветов (ощущение цвета может меняться в зависимости от настроения, моды, возраста, погоды, самочувствия).

А. Меланхолик – рассудительный человек, ценящий упорядоченные отношения, скрытен, склонен к бездействию. Цвет, родственный ему – голубой, действует успокаивающе, сдержанно, даёт меланхолику гармонию, удовлетворённость, расслабление. Красный, оранжевый и жёлтый цвет, наоборот, придают меланхолику импульс к действию, активизируют их.

Б. Флегматик – любит покой и устойчивость, обладает уравновешенным стабильным темпераментом, это интроверт и часто пассивен. Считается родственным ему цвет – зелёный, действует успокаивающе и стабилизирующе, придаёт равновесие. Если зелёный желтоватого оттенка, то он придаёт флегматику приветливость, весёлость. Если зелёный в голубых тонах – он прохладный, способствует сосредоточенности, отвлечению от внешней среды. Компенсирующие цвета – тёплый красный, активный и оживляющий, желтовато-красные тона.

В. Сангвиник – это весёлый и открытый человек, способен испытывать одновременно небесный восторг и смертную печаль, настроен всё же он оптимистически. Цвет, родственный ему – жёлтый и бежевый, он действует на сангвиника солнечно, воздушно, весело, легко, приветливо и оптимистично. Компенсирующие цвета: слегка фиолетовые тона дают равновесие; неяркие, тёмные тона коричневого могут несколько приглушать порой фонтанирующий темперамент сангвиника.

Г. Холерик – экстраверт, общительный, часто очень темпераментный и вспыльчивый. Отлично уживается с красным цветом, даже с ярко-кричащим оттенком, красный действует на него динамично, активно, броско, дразняще. Компенсирующие цвета: голубовато-красный приглушает слишком взрывной темперамент, в то же время не доводя холерика до пассивности. Уравновешивающе действуют красно-зелёные тона.

Источниками **электромагнитных полей (ЭМП)** радиочастот являются радио и телевизионные антенны, радиолокационные станции (зоны повышенного уровня ЭМП имеют размеры 100÷150 м и более). Электромагнитные поля промышленной частоты (например, от линий электропередач) поглощаются почвой и не распространяются более чем на 50÷100 м.

Уровень радиоактивности⁹ зависит от внешней среды (например, добыча и обогащение радиоактивных металлов) и от степени проветривания помещений: в непроветриваемых подвалах скапливается радиоактивный газ радон, разрушающий лёгкие человека.

Таблица 8

Негативные факторы производственной среды (по С.В.Белову)

Группа	Факторы	Источники и зоны действия фактора
Физические	Запылённость	Зоны добычи полезных ископаемых, бурения, переработки сыпучих материалов
	Вибрации: общие	Виброплощадки, транспортные средства, строительные машины
	локальные	Виброинструмент, буровые станки, рычаги управления транспортных машин
	Акустические колебания: инфразвук	Зоны около виброплощадок, мощных двигателей внутреннего сгорания и других высокоэнергетических систем
	шум	Зоны около технологического оборудования ударного действия, устройств для сброса давления газа, транспортных средств, энергетических машин

⁹ **Радиоактивность** - это процесс распада неустойчивых ядер изотопов некоторых химических элементов и переход их в более энергетически устойчивое состояние, радиоактивность присуща любым минералам и породам как процесс их старения.

	ультразвук	Зоны около ультразвуковых генераторов, дефектоскопов
	Статическое электричество	Зоны около электротехнического оборудования на постоянном токе, зоны окраски распылением, синтетические материалы
	Электромагнитные поля и излучения	Зоны около линий электропередач, установок высокой частоты, электрогенераторов, телеэкранов, дисплеев, антенн, магнитов
	Инфракрасное излучение	Нагретые поверхности, расплавленные вещества, отрытое пламя
	Лазерное излучение	Лазеры, отражённое лазерное излучение
	Ультрафиолетовая радиация	Зоны сварки, плазменной обработки
	Ионизирующее излучение	Ядерное топливо, источники излучений в приборах
	Электрический ток	Электрические сети, электроустановки, распределители, трансформаторы, оборудование с электроприводом
	Движущиеся машины , механизмы, разрушающиеся конструкции	Зоны движения транспорта, конвейеров, подвижных частей станков, механизмов, передач, зоны около систем повышенного давления – трубопроводы, ёмкости, пневмо- и гидроустановки
	Высота, падающие предметы	Строительные и монтажные работы, обслуживание машин и установок
	Острые кромки	Режущий и колющий инструмент, заусенцы, шероховатые поверхности, металлическая стружка, осколки хрупких материалов, пород
	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Паропроводы, газопроводы, криогенные установки, холодильное оборудование, расплавы
Химические	Загазованность	Утечки токсичных газов и паров из негерметичного оборудования, испарения из открытых ёмкостей, выбросы газов из горного массива, окраска поверхностей распылением
	Запылённость	Сварка и плазменная обработка металла, пересыпка и транспортирование дисперсных материалов, пайка с припоями
	Попадание ядов на кожные покровы и слизистые оболочки	Гальваническое производство, заполнение ёмкостей, распыление и опрыскивание токсическими жидкостями

	Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт	Ошибки при применении токсичных жидкостей, отравление
Психофизические	Физические перегрузки: статические	Продолжительная работа в неудобной позе, перед дисплеем, монитором
	динамические	Подъём и перенос тяжестей, ручной труд
	Нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение	Труд научных работников, преподавателей, студентов
	перенапряжение анализаторов ¹⁰	Операторы технических систем, авиадиспетчеры, работа с дисплеями
	монотонность труда	Наблюдение за производственным процессом
	эмоциональные перегрузки	Работа авиадиспетчеров, творческих работников

4. Организация горноспасательного дела

Это отрасль горного дела, охватывающая научные основы, технику и организацию спасения людей, застигнутых, например, подземной аварией, а также профилактику (план ликвидации аварий, противопожарная защита, обеспечение трудящихся самоспасателями и др.) и ликвидацию таких аварий военизированными горноспасательными частями (**ВГСЧ**), имеющими соответствующую подготовку, аппаратуру и оборудование. Поэтому горноспасательное дело, наряду с техникой безопасности, обеспечивает безопасность труда шахтёров на горных предприятиях.

План ликвидации аварий является обязательным на горном предприятии документом, где указывается

- в общей части: а) порядок оповещения о возникшей аварии должностных лиц, их права и обязанности при ликвидации аварии; б) вентиляционная схема шахты и вентиляционные планы по каждому горизонту; в) план-схема с нанесением всех противопожарных средств и мест установки телефонов; г) план поверхности шахты с нанесением шурфов, провалов, трещин, водоёмов, водопроводов, гидрантов, складов аварийных материалов и оборудования; д) схема электроснабжения шахты;

- в оперативной части приводится перечень рекомендуемых мероприятий по борьбе с возможными вариантами аварий в соответствии с их характером и местом возникновения, по всем выработкам шахты.

¹⁰ Органы чувств – зрения, слуха, осязания, обоняния, вкуса, чувствительность кожи, нервная система.

5. Аэрология. Атмосфера Земли

Земной шар окружён мощной газообразной оболочкой – атмосферным воздухом. Состав **атмосферного воздуха** практически постоянен во всех местах земной шара: содержание кислорода колеблется от 20,5 до 20,95%, азота – около 78%, аргона – 0,93%, углекислого газа – 0,04%, других газов (гелий, неон, криптон, озон, радон, водород, аммиак, йод) – около 0,03%. Водяные пары содержатся в воздухе в различных количествах (0-4%) и их наличие не влияет на процентное соотношение газовых компонентов. Поле тяготения Земли и ускорение свободного падения ($g > 9,8 \text{ м/с}^2$) таково, что практически остановлена диссипация легкого газа, жизненно необходимого кислорода, из атмосферы в космос.

С необходимостью вентиляции подземных выработок люди столкнулись уже давно, ещё до н.э. во времена римлян в Испании (Рио-Тинто) длинные штольни снабжались воздухом из вентиляционных шурфов. Но до изобретения механического вентилятора в 1832 г. шахты проветривались лишь за счёт естественной тяги, т.е. за счёт разности отметок вентиляционных шурфов, колодцев.

Глоссарий наиболее употребляемых в аэрологии терминов

Аэрология – наука о свойствах рудничной атмосферы, законах движения воздуха, пыли и тепла в горных выработках.

Вентиляционные двери (шлюз из двух дверей) – служат для изоляции и регулирования воздушных потоков в горных выработках.

Газовый баланс шахты – это её суммарная абсолютная метанообильность по различным источникам газовой выделению. Газовыделение в шахте непостоянно во времени, поэтому нужно производить замеры его, а по величине относительной газообильности оценивают категорию угольных и сланцевых шахт по газу.

Газообильность шахты – это степень изменения состава шахтного воздуха за счёт выделения шахтных газов. Абсолютная – количество газа, выделяющегося в выработки в единицу времени, измеряется в $\text{м}^3/\text{мин}$. Относительная газообильность – количество газа, выделяющегося в шахте за какой-то период времени, отнесённое к количеству добытого полезного ископаемого за этот же промежуток времени.

Депрессия – разность между атмосферным давлением и давлением, создаваемым *всасывающим* вентилятором (см. напор). Аэродинамическое сопротивление движению потока воздуха оказывают поверхности выработок, крепь, оборудование.

Каптаж - улавливание в скважины, затем отсасывание метана из дегазационных скважин в специальный газопровод и далее - на земную поверхность (см. способы дегазации).

Кессон – шлюзовая камера с избыточным атмосферным давлением (обычно до 0,2 МПа), используется при проходческих работах в обводнённых породах с напором вод до 20 м.

Напор - разность между атмосферным давлением и давлением, создаваемым *нагнетательным* вентилятором (см. депрессия).

Полная депрессия (или напор) вентилятора затрачивается на *преодоление* сопротивления вентиляционной сети шахты, самой вентиляторной установкой и на создание скоростного (динамического) напора на выходе воздуха в атмосферу.

Реверсия вентиляционной струи – искусственное изменение направления движения воздуха в горных выработках - на обратное.

Роза ветров - векторная диаграмма, характеризующая режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям. Длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях, пропорциональны *повторяемости* ветров этих направлений. Розу ветров учитывают при планировке населенных мест, отвалов, хвостохранилищ, их расположения относительно шахт и карьеров.

Способ вентиляции – способ подачи воздуха в шахту: нагнетательный, всасывающий и комбинированный (нагнетательно-всасывающий) – см. рис. 2. Всасывающий способ рекомендуется только на газообильных шахтах.

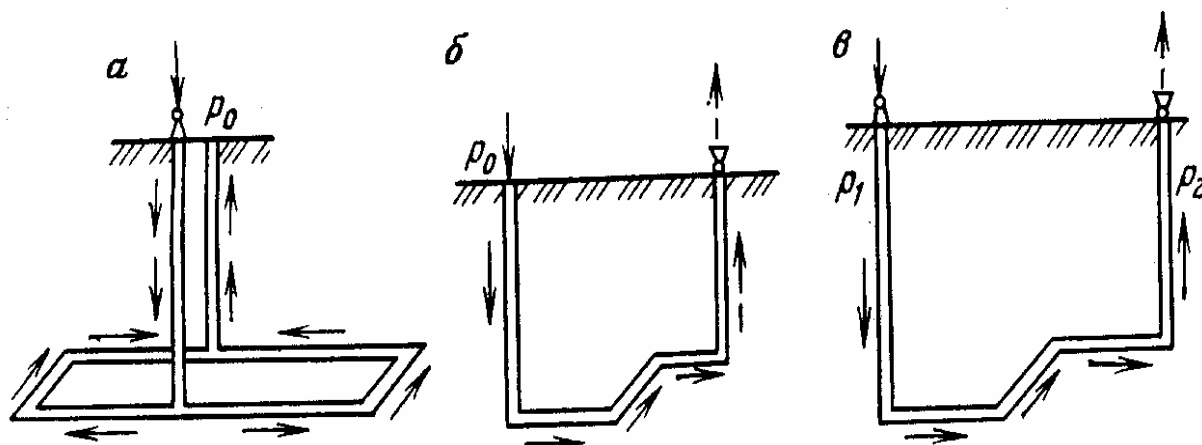


Рис. 2. Способы вентиляции шахт и рудников:

- а – нагнетательный (при центральном расположении стволов);
 2 – всасывающий и 3 – комбинированный
 (при фланговом расположении стволов)

Статическая депрессия является разностью полной депрессии и скоростного напора.

Схемой вентиляции называется определённый порядок распределения и движения воздуха по горным выработкам (рис. 3 и 4).

Схемой проветривания называется чертёж, на котором показано расположение вентиляторов и направление движения воздуха по важнейшим выработкам.

Суфлярные выделения – интенсивные выделения (более 1 м³/мин) например, метана или углекислого газа, - из крупных разломов, трещин, видимых полостей, может достигать 20 м³/мин.

Значение кислорода и углекислого газа по теории К.Бутейко

Теория базируется на современных представлениях о грандиозной биологической роли CO₂ для здоровья и жизни человека и всего живого на Земле и на физиологических законах действия CO₂ на организм и на все системы человека, животных и растений. **Углекислый газ является основным продуктом питания всей живой материи Земли** (растения поглощают углекислоту из воздуха). Растениями питаются животные, а человек - теми и другими. Огромные запасы CO₂ в воздухе древних эпох с десятков процентов уменьшились до ничтожно малой величины - трех сотых процента в наше время. Поглощение растительностью этого остатка источника питания приведёт к неминуемой гибели всего живого на Земле.

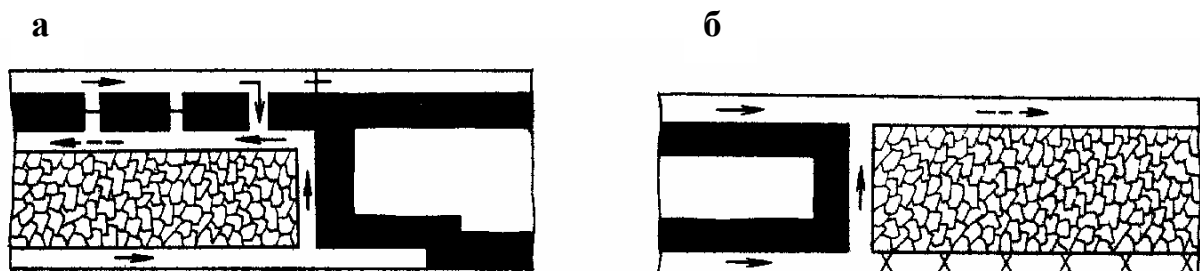


Рис. 3. Схема вентиляции с подсвежением струи
при **сплошной** (а) и
при **столбовой** системе разработки (б)

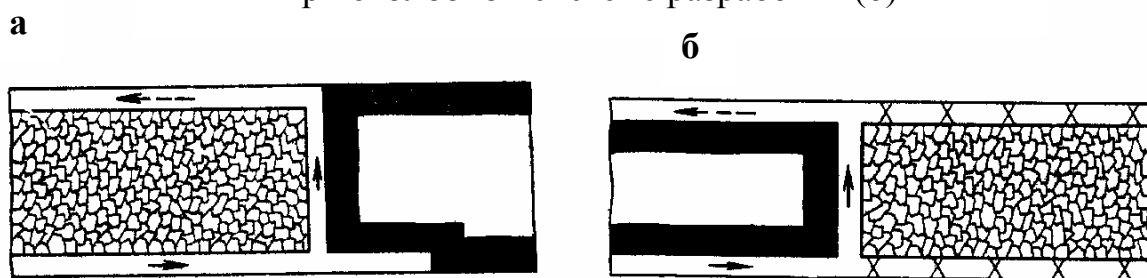


Рис. 4. Схема вентиляции без подсвежения струи
при **сплошной** (а) и
при **столбовой** системе разработки (б)

Обмен веществ в клетках человека и животных создавался в древние геологические эпохи, когда углекислота в воздухе и воде составляла десятки процентов. Поэтому концентрация CO₂ в клетках является абсолютно необходимым условием нормального протекания всех биохимических процессов. В про-

цессе эволюции в организме человека и высших Животных создавалась своя автономная воздушная среда, представленная альвеолярным **пространством легких** (общая поверхность альвеол взрослого человека составляет $90\div 150\text{ м}^2$, через стенки альвеол кислород проникает в кровь), где **содержится около шести с половиной процентов CO_2 , а кислорода на семь процентов меньше, чем в окружающем воздухе (т.е. около 13%)**. Очевидно, это минимальная концентрация CO_2 , обеспечивающая нормальный обмен веществ в клетках. Например, **снижение CO_2 в легких при углубленном дыхании человека сдвигает рН в щелочную сторону, что изменяет активность ферментов и витаминов** - регуляторов обмена веществ, что нарушает нормальное протекание обменных процессов и ведет к гибели клеток. Если CO_2 снизится до трех процентов, а рН сдвинется до восьми, организм погибнет.

Пагубное влияние глубокого дыхания на организм через создаваемый им дефицит CO_2 доказан многочисленными экспериментами, начиная с работ известного физиолога Д. Гендерсона, проведенных в девятьсот девятом году. Гендерсон подключал животным аппарат, углубляющий дыхание, и они погибали. Для сохранения постоянства CO_2 в легких в процессе эволюции возникли следующие механизмы защиты: а) спазмы бронхов и сосудов; б) увеличение продукции холестерина в печени как биологического изолятора, уплотняющего клеточные мембраны в легких и сосудах; в) снижение артериального давления (гипотония), уменьшающее выведение CO_2 из организма. Но спазмы бронхов и сосудов уменьшают приток кислорода к клеткам мозга, сердца, почек и других органов. Уменьшение CO_2 в крови повышает связь кислорода и гемоглобина и затрудняет поступление кислорода в клетки (эффект Вериге-Бора). Уменьшение кислородного притока в ткани вызывает кислородное голодание тканей - гипоксию. Кислородное голодание тканей, достигнув угрожающей организму степени, вызывает у некоторых индивидуумов повышение артериального давления (гипертонию). Гипертония увеличивает кровоток через суженные сосуды и улучшает кислородное снабжение клеток жизненно важных органов. Кислородное голодание тканей уменьшает содержание кислорода в венозной крови, что ведёт к расширению венозных сосудов и проявляется в расширении вен на ногах с образованием варикоза, расширении геморроидальных вен с развитием геморроя. Уменьшение CO_2 в крови увеличивает свёртывающую функцию крови и в сочетании с замедлением тока крови в венах способствует развитию тромбоза. Кислородное голодание жизненно важных органов, достигнув предельной степени, возбуждает дыхательный центр и создает в нем доминантное возбуждение. Это ещё больше усиливает дыхание. Создается ощущение одышки, или недостатка воздуха, что ещё более углубляет дыхание и замыкает порочный круг. **Уменьшение CO_2 в нервных клетках уменьшает порог их возбудимости**. Это возбуждает все отделы нервной системы, усиливает генерализацию возбуждений и приводит к раздражительности, бессоннице, постоянному предельному напряжению нервной системы, необоснованной мнительности, страху, вплоть до обморока и эпилептического припадка. Одновременно усиливается возбуждение дыхательного центра. Так замыкается второй порочный круг циркуляции возбуждения в нервной системе, оказывающейся чрезвычайно чувствительной к внешним нервным воздействиям и стрессу при нару-

шении обмена веществ и при кислородном голодании нервных клеток. Вот почему дефицит CO_2 в организме, вызванный, в частности, глубоким дыханием, поражает в первую очередь нервную систему.

Даже если глубину дыхания уменьшить ниже нормы и увеличить содержание CO_2 в организме выше нормы на полпроцента - один процент, то отрицательных симптомов не будет. Напротив, в этом случае даже у бывших тяжело больных бронхиальной астмой, стенокардией, гипертонией, - появляются симптомы сверхвыносливости. В клиниках наблюдается это уже второе десятилетие. Оказалось, что крайнее уменьшение глубины дыхания не приводит к каким-либо болезненным явлениям. Так фактически удалось открыть основной закон смерти: чем глубже дыхание, тем сильнее болезнь и ближе смерть - и наоборот, чем меньше глубина дыхания, тем здоровее, выносливее и долговечнее организм. Академик Гулый доказал, что если повысить содержание углекислоты в организме животных, то при одном и том же питании почти удваивается удой молока у коров, привес у цыплят, поросят. Другими словами, углекислый газ является питанием для синтеза белков, жиров и углеводов. Это означает, что без затраты дополнительных средств можно повысить производство мяса, молока, яиц и других продуктов питания.

Оказалось, что основные положения традиционной медицины: глубже дышать, больше отдыхать, лежать и спать, калорийней питаться - усиливают дыхание. К углублению дыхания ведут и курение, употребление алкоголя. Отсюда обратное понимание: надо меньше дышать, меньше отдыхать, меньше спать, меньше развлекаться и больше работать физически, работать до пота, так как с потом удаляются многие яды из организма. Таким образом, доказывается полезность принципов аскетизма. Наша цивилизация принимает глобальный, общечеловеческий характер, и поэтому надвигается такой момент, когда мир может погибнуть - от немедленного применения ядерного оружия или от постепенного отравления среды обитания человека. Следует также отметить, что и болезни глубокого дыхания и стрессы нервной системы человека снижают разум человека - в первую очередь поражают нервную систему и кору головного мозга. Поэтому, чем более развивается этот процесс, тем меньше человек понимает, что он самоуничтожается.

Фактически, это - теория жизни в эволюционном аспекте. По работам академика Опарина и Виноградова известно, что жизнь на земле возникла, когда атмосфера нашей планеты состояла из углекислого газа, а кислород практически отсутствовал. Из такой атмосферы возникло живое вещество и сам человек. И только позже, когда растения поглотили углекислоту и выделили кислород, атмосфера существенно изменилась. Углекислый газ из атмосферы исчез, его заменял кислород. **Для наших клеток необходимо примерно семь процентов углекислоты и два-три процента - кислорода. Воздух, окружающий нас, содержит примерно три сотых процента углекислоты, в двести раз меньше необходимого, и двадцать процентов кислорода, что в десять раз превышает норму. Значит, окружающий воздух стал ядовитым для нас.** Эволюция, можно сказать, спасла живое существо, в частности - человека, создав в его легких (в альвеолах) **свою атмосферу**. Поэтому мы живем. **А все животные, которые дышали кожей, потеряли углекислоту и погибли. Та-**

кова эволюция животного мира. Причем в утробе матери каждый из нас повторяет ту же эволюцию. Содержание углекислоты у плода человека и - других животных во время нахождения в утробе матери в два раза больше, а кислорода - в пять раз меньше, чем у новорожденного и взрослого человека. Вот почему в утробе матери, плод не болеет. Появившись на свет, несколько раз глубоко вздохнув и изменив свою среду, новорожденные начинают болеть. Таким образом, развитие каждого из нас повторяет развитие всего живого на Земле. Собственно, обоснование теории жизни можно начать с теории сотворения мира. **Теория жизни в кратком изложении такова: углекислый газ - основа питания всего живого на Земле; если он исчезнет из воздуха, всё живое погибнет. Он является главным регулятором всех функций в организме, главной средой организма. Он регулирует активность всех витаминов и ферментов. Если его не хватает, в частности при - глубоком дыхании, то все витамины и ферменты работают плохо, неполноценно, ненормально. В результате нарушается обмен веществ, а это ведёт к аллергии, раку, отложению солей и т.д.**

Естественная тяга

Естественная тяга – это движение воздуха по выработкам под влиянием естественных факторов: ветра, разности отметок устьев шурфов (стволов) и давления столбов воздуха в сообщающихся выработках. Депрессия естественной тяги – это энергия, которую получает единица объёма воздуха от источников, вызывающих естественную тягу.

Так, зимой возникает естественная тяга за счёт более *тяжёлого* столба воздуха в низине (здесь атмосферное давление выше), а летом – за счёт более *высокой температуры* воздуха в низине (из-за адиабатического сжатия воздуха).

В настоящее время Правилами безопасности **запрещена вентиляция шахт только за счёт естественной тяги** – из-за неустойчивости количества и направления движения воздуха. Но естественная тяга может затруднять или облегчать вентиляцию шахты, составляя до 20-25% депрессии вентилятора главного проветривания, и её необходимо учитывать в расчёте напора (депрессии) вентилятора главного проветривания лишь как *негативный* фактор.

Рудничным – называется воздух, который заполняет горные выработки, это смесь атмосферного воздуха, поступающего с земной поверхности, активных газов и так называемого «мёртвого воздуха». «Мёртвый воздух» - это смесь двух газов N_2 и CO_2 . Содержание его в хорошо проветриваемых выработках обычно колеблется от долей процента до 5-10%, а в плохо проветриваемых – значительно превышает эти величины. По правилам безопасности в выработках, где могут находиться люди, должен быть следующий **состав рудничного воздуха**: кислорода – не менее 20%, углекислого газа – не более 0,5% на рабочих местах или 0,75% - на исходящей струе. **Содержание метана** не должно превышать: а) в исходящей струе из шахты, крыла – 0,75%; б) в исходящей струе из участка, очистного забоя и подготовительной выработки – 1,0%; в) в поступающей струе в очистные и подготовительные забои – 0,5%; г) местные (в

отдельных местах) скопления – 2,0%. При обнаружении метана выше указанных пределов работа немедленно прекращается, люди выводятся на свежую струю, электроэнергия выключается.

Температура рудничного воздуха не должна выходить за пределы $2 \div 26^{\circ}\text{C}$.

Если рудничный воздух по своему составу отличается незначительно от атмосферного – он называется свежим или чистым, а если значительно – то загрязнённым или отработанным¹¹.

Угольные шахты и рудники по относительной газообильности делятся на 4 категории. В соответствии с этим устанавливаются нормы подачи свежего воздуха.

Взрыв в шахтах происходит при соотношении содержания трёх горючих газов («треугольник» из метана, водорода и кислорода) и кислорода - $C_{\Delta} = 0,5 * C_{\text{кислород}}$. Если соотношение содержания газов выше или ниже – взрыва не будет.

Метан (CH_4) – газ без цвета, вкуса и запаха, сильно горюч и взрывоопасен (в сочетании с пылью). Максимальная относительная метанообильность шахт – $35 \text{ м}^3/\text{т}$ - возможна в Кузнецком, Карагандинском и юго-западной части Донецкого бассейна. Действие метана на человека подобно воздействию азота: он становится вредным при высоком содержании его в воздухе, т.к. он вытесняет кислород, слабо растворим в воде - около 3,5% при температуре 21°C и нормальном давлении, лучше растворяется при понижении температуры и увеличении давления. При малых долях метана в воздухе (до 4-6%) он горит бледно-голубым пламенем, при больших (более 14-16%) – синевато-голубым. Встречается на угольных шахтах на средних и больших глубинах. Интенсивное газовыделение приводит к необходимости нерациональной подачи громадных объёмов свежего воздуха в шахту, поэтому целесообразно производить дегазацию – предварительное извлечение из массива метана искусственным путём: длинными опережающими забой скважинами (с отсасываем газа или без) или подготовительными и нарезными выработками. **Дегазация обязательно используется при газообильности участка более $3 \text{ м}^3/\text{мин}$.**

Предотвращение метановыделения и воспламенения:

- разбавление метана свежим воздухом за счёт общешахтной нагнетательной вентиляции и *местной всасывающей* (это главное требование!), чтобы создать разряженное давление в забое;
- изоляция выработанного пространства;
- контроль за состоянием проветривания;
- дегазация пластов опережающим бурением скважин и шпуров, нагнетанием в пласт воды (до гидроразрыва), применяют при выделении метана более $3\text{-}4 \text{ м}^3/\text{мин}$, например, с использованием вакуум-насосных и газоотсасывающих установок;
- дегазация выработанного пространства;
- запрет на открытый огонь в шахте, взрыво- и искробезопасное исполнение

¹¹ Исходящую струю воздуха на многих угольных шахтах используют для подогрева воздуха в подсобных теплицах, а при малом количестве метана и высоком содержании CO_2 – и для подмешивания к воздуху теплиц с целью повышения урожайности выращиваемых культур.

горного оборудования;

- при взрывной отбойке использовать только предохранительные патронированные ВВ с электродетонаторами при интенсивном проветривании забоя.

Угольная пыль. Наиболее взрывчата тонкодисперсная пыль размером менее 0,1-0,06 мм. С увеличением содержания летучих веществ до 15-30% взрывчатые свойства угольной пыли возрастают. Температура воспламенения пыли – около 550⁰С.

Нижний предел концентрации **пыли, взвешенной** в рудничном воздухе, при которой она взрывается, составляет 10-300 г/м³ (для каменных углей он равен 20-25 г/м³, для некоторых бурых углей – 10-15 г/м³, для угля марки ПА - 300 г/м³). Нижний предел взрывчатости **отложившейся пыли** в 2,5 раза больше, чем для взвешенной пыли. При зольности 60-90% или при влажности более 40%, а также при содержании пыли в рудничной атмосфере более 1 кг/м³ - угольная пыль не взрывается.

Предотвращение взрыва угольной и сланцевой пыли:

- применение очистных комбайнов с резанием крупными стружками (будет меньше тонкодисперсных частиц), с увлажнением угля, сланца;
- осаждение пыли водяными завесами¹²;
- интенсивное проветривание;
- побелка обнажённых на длительное время участков массива угля и сланца.

Климатические условия в шахтах

Климатическими условиями называют определённое сочетание физических параметров рудничной атмосферы: температуры, относительной влажности, теплоотдачи пород, давления и подвижности воздуха. Эти параметры оказывают существенное влияние на самочувствие и работоспособность людей.

Температура рудничного воздуха – зависит от теплоотдачи горных пород, их окисления, сжатия воздуха при опускании по стволу (на каждые 100 м глубины температура повышается на 0,7⁰С во влажных и на 1⁰С – в сухих стволах). Кроме того, тепло выделяется при работе механизмов, дыхании людей, из шахтных вод... Возрастание температуры горных пород происходит с увеличением глубины работ. Снижение температуры рудничного воздуха происходит лишь в процессе проветривания, за счёт скорости движения струи. Для определения температуры используют термометры и термографы, манометрический дистанционный термометр.

Давление рудничного воздуха - с увеличением глубины горных работ в шахтах возрастает, на каждые 100 м – примерно на 9 мм ртутного столба. Для измерения его используются барометры (ртутные, anerоиды и пружинные), барографы и другие автоматические приборы.

Влажность воздуха – различают абсолютную и относительную влажность воздуха. Для замера применяются психрометры парных термометров, психро-

¹² Водяные завесы, например, при взрывных работах уменьшают время проветривания в 2÷2,5 раза и снижают содержание пыли в воздухе на 80÷85%.

метры с вентилятором, гигрометры и гигрографы. В среднем в угольных шахтах влажность составляет 80-90%, в калийных шахтах – от 15 до 60%.

Подвижность рудничного воздуха – чем больше скорость воздушной струи, тем больше она уносит тепла со стен выработок. Но нельзя произвольно повышать скорость струи, т.к. это приводит к сдуванию осевшей в выработках пыли. Верхний предел скорости движения воздуха строго регламентирован.

Влияние климатических условий на людей

При повышенном атмосферном давлении человек чувствует прилив сил и желание работать, а при пониженном давлении – наоборот, чувствует желание прилечь и выспаться (поэтому нагнетательный способ проветривания заведомо *лучше* всасывающего). В состоянии покоя человек выделяет 70-85 ккал в час, а при физической работе – до 400-500 ккал/ч. С глубиной растёт температура пород и, соответственно, воздуха, температурный градиент находится в диапазоне от 33 до 100 м⁰С. Для облегчения деятельности человека производят кондиционирование воздуха (до диапазона комфортной температуры 16-22⁰С): а) за счёт сокращения длины вентиляционных путей; б) путём применения холодильных машин.

Шахтные вентиляционные сети

Проветривание шахты осуществляется путём создания воздушного потока в сети горных выработок. Принятое направление воздушных потоков в сети определяет схему проветривания шахты и отдельных ее участков. В шахтную вентиляционную сеть входят горные выработки и сооружения, по которым движется воздух, а также выработки, вентиляционные сооружения и выработанное пространство, через которые просачивается атмосферный воздух. Направление воздушных потоков осуществляется с помощью вентиляционных сооружений (вентиляторы, перемычки, двери, трубопроводы, кроссинги и др.).

Проветривание в тупиковых забоях осуществляется вентиляторами местного проветривания типа ВМ. Вентиляторы обычно устанавливаются на свежей струе воздуха (на расстоянии **не ближе 10 м** от начала тупиковой выработки), при этом чаще используется *нагнетательная* схема проветривания (только *не в газообильных* забоях).

С увеличением длины трубопровода увеличивается не только аэродинамическое сопротивление в нём (в 1,5-2 раза на каждые 100 м), но и утечки воздуха – каждые 100 м на 5-7 %.

Если есть необходимость увеличить расход воздуха, то вентиляторы устанавливают параллельно, если же надо усилить депрессию – то ставят вентиляторы последовательно.

Площадь поперечного сечения любой выработки проверяется на скорость движения струи воздуха, которая не должна превышать предельных значений.

Расчёт **необходимого количества воздуха**, подаваемого в шахту, производится:

- по разжижению продуктов взрыва до безопасного содержания;

- по наибольшему количеству людей;
- по пылевыведению;
- по газовому фактору.

Источники движения воздуха в шахте

Шахтные вентиляторы, создающие разность давления в воздухопроводе относительно атмосферного, бывают центробежными типа **ВЦ** (в разрезе кожух напоминают спиральную ракушку, к.п.д. = 0,65-0,75) и осевыми типа **ВОД** (кожух в виде кольца, к.п.д. = 0,72-0,8). Центробежные вентиляторы дешевле, проще по устройству, имеют большую прочность и создают гораздо меньше шума, но занимают больше места и неэкономичны при небольшой депрессии (менее 2500 Па). Практически все вентиляторы обладают возможностью регулировать мощность (депрессию вентилятора – от 700 Па до 7-10 тыс.Па) и **реверсировать**, т.е. изменять на противоположное направление движения струи, нагнетательный режим - на всасывающий. Обычно реверсирование применяется только при авариях, например, пожарах.

Обычное атмосферное давление в 750 мм рт.ст. соответствует давлению в 100 тыс. Па = 0,1 МПа. Проходческие работы в кессоне обычно производятся при избыточном атмосферном давлении до 0,2 МПа (хотя максимально допустимый перепад давления - 0,4 МПа).

Для угольных сверхкатегорийных по газу шахт максимально допустимая депрессия (напор) равна 4500 Па, хотя вентилятор может создать депрессию до 10 тыс. Па. Для рудников максимально допустимая депрессия составляет 3000 Па.

При монтаже двух вентиляторов главного проветривания их соединяют параллельно, при этом увеличивается объём подаваемого воздуха, но не депрессия.

Вентиляторы местного проветривания работают в диапазоне: напор $h=500-6000$ Па, дебит $Q=2-25$ м³/с.

Максимально-допустимая скорость движения воздуха в вентиляционном канале равна 15 м/с, минимальная скорость движения воздуха в горных выработках $0,25 \div 0,3$ м/с. Надшахтные здания стволов, оборудованных нагнетающим или всасывающим вентилятором главного проветривания должны быть максимально герметичными, чтобы уменьшить здесь утечки воздуха, а надшахтное здание на стволе, через который отработанный воздух выходит из шахты, наоборот, должно быть негерметичным. Для уменьшения поверхностных утечек воздуха в 2-2,3 раза в стволе, выше вентиляционного канала, устанавливают воздушную завесу.

Вентилятор выбирают по двум показателям – расходу воздуха, м³/мин и по депрессии, Па (кроме того – ещё по экономическим соображениям на приобретение и эксплуатацию вентиляторной установки).

Основными методами борьбы с повышенным содержанием метана являются:

- 1) интенсивное проветривание горных выработок (до 15-17 т воздуха на 1 т добытого угля);
- 2) дегазация горного массива там, где проветривания недостаточно для снижения концентрации газа.

Способы дегазации угольных шахт

Дегазация массива бывает: а) без разгрузки от горного давления – скважинами, например, с поверхности, опережающими вскрытие и подготовку пласта, дренажными выработками; б) с разгрузкой горного давления – скважинами из проходческих, подготовительных и очистных выработок в зону опорного давления.

При подземной дегазации пробуриваются скважины, из которых происходит **каптаж** (улавливание в скважины, затем отсасывание метана из дегазационных скважин в специальный газопровод и далее - на земную поверхность¹³). Для усиления отдачи газа в скважинах применяют методы искусственного повышения газоотдачи угольного пласта. Для снижения дебита метана при проходке выработок производят тампонаж газопроводящих трещин вокруг выработки на глубину до 2-4 м (при давлении метана до 0,15 МПа и дебите до 2,5-3 м³/т).

Дегазацией достигается следующее:

- 1) при снижении содержания метана на 1% скорость проходки можно увеличить в 2-3 раза и в 2 раза повысить производительность добычи угля;
- 2) нет необходимости усиливать проветривание выработок, проходить дополнительные вентиляционные шурфы;
- 3) собранный в ёмкости метан в дальнейшем можно использовать в виде топлива или сырья для химической промышленности.

Наиболее часто применяемыми способами дегазации во всём мире являются: а) предварительная дегазация с искусственным повышением газоотдачи; б) дегазация выработанного пространства и в) шахтно-бесшахтная дегазация.

Предварительная дегазация планируемых к отработке пластов производится в условиях естественного залегания угля, ещё не испытывающего опорного горного давления.

Передовая дегазация осуществляется скважинами, пробуренными вдоль и поперёк столба из подготовительных выработок по пласту с опережением очистной выемки.

Дегазация выработанного пространства производится за счёт отсасывания метана из зон обрушения над мощными пластами угля.

Шахтно-бесшахтный способ дегазации заключается в бурении с земной поверхности вертикальных скважин до уровня угольных пластов, где производится сначала гидроразрыв, а затем – отсасывание газа.

¹³ Основное количество метана (более 80%) извлекается с концентрацией 15-55% и кондиционный метан (СН₄> 30%) в угольных регионах используется как топливо в котельных, совместно с другими источниками горения – угольной пылью, мазутом, природным газом.

При дебите метана свыше 3-3,5 м³/мин **при проходке** горизонтальных выработок применяется:

а) опережающее бурение дегазационных скважин диаметром 50-120 мм и длиной 30-90 м непосредственно из забоя;

б) бурение скважин в обе стороны от выработки из специальных бортовых ниш-камер через каждые 30-50 м;

в) бурение из бортовых ниш-камер опережающих забой на 5-10 м скважин длиной 15-100 м и диаметром 50-120 мм;

г) законтурное бурение ограждающих скважин (при дебите метана до 15-18 м³/мин) длиной до 200 м параллельно проходимой выработки на расстоянии 5-7 м от стенок её, при этом число скважин от 2 до 4 с каждой стороны выработки, диаметр 100 мм.

Схемы естественного проветривания карьеров

Карьер является частью земной поверхности. Поэтому воздухообмен в нём в значительной степени определяется теми же факторами, что и воздухообмен над земной поверхностью в целом: скоростью ветра и распределением температуры в приземном слое воздуха...

Адиабатическое сжатие воздуха, не насыщенного паром, при опускании в карьер вызывает увеличение его температуры примерно на 1°С на каждые 100 м вертикальной высоты. При отсутствии охлаждения воздуха адиабатическое сжатие является основной причиной увеличения температуры воздуха в карьере по сравнению с поверхностью (только летом).

Значительным источником тепла в карьере является облучение солнцем бортов и дна. Однако вследствие разной инсоляции бортов в течение суток их температура меняется, при этом *северные* борта карьеров, как лучше освещённые солнцем, имеют и более *высокую* температуру.

6. Опасность газовыделений

Таблица 9

Классификация видов газовыделений на угольных месторождениях¹⁴

Группа	Виды газовыделения	Основные причины, вызывающие газовыделения
I	Внезапные выбросы газа с угольной мелочью. Внезапные прорывы газа. Суфлярные выделения газа.	Энергия сжатого свободного газа, находящегося в трещинах и разломах углепородного массива.
II	Внезапные выбросы угля и газа	Силы горного и газового давлений, вызывающие упругую деформацию

¹⁴ Природные опасности в шахтах: способы их контроля и предотвращения. Под ред. Ф.С.Клебанова. – М.: Недра, 1981. – 471 с.

		призабойной части пласта и интенсивную десорбцию ¹⁵ газа из разрушенного угля.
III	Внезапные высыпания угля, переходящие во внезапные выбросы газа с углём в забоях подготовительных выработок на крутых пластах	Силы тяжести, провоцирующая высыпание угля и энергия свободного адсорбированного газа, скапливающегося в полости высыпания
IV	Интенсивное газовыделение при горных ударах и отжимах угля	Силы горного давления, вызывающие внезапное разрушение или выдавливание угля в призабойной части пласта с интенсивной десорбцией газа из угля.
V	Интенсивное газовыделение при высыпаниях и обрушениях	Сила тяжести угля, вызывающая высыпания или обрушения и интенсивную десорбцию и него газа
VI	Интенсивное газовыделение при взрывании призабойной части угольного пласта	Сила взрыва, вызывающая разрушение угля и интенсивную десорбцию и него газа
VII	Газовыделение при разрушении призабойной части угольного пласта горными машинами	Энергия машин, вызывающая разрушение угля и десорбцию из него газа
VIII	Газовыделения из неподвижных обнажённых поверхностей и отбитого от массива угля	Разность между давлением газа в угле и атмосферным давлением в выработках, вызывающая процесс десорбции газа из угля
IX	Выбросы породы и газа при взрывании массива скважинами	Сила взрыва, вызывающая упругую деформацию массива под воздействием горного и газового давлений и выделение заключённого в массиве газа
X	Интенсивное газовыделение в выработанное пространство при обрушениях основной кровли	Сила тяжести пород, вызывающая их обрушение и интенсивное выделение метана из разгружающихся пачек угля
XI	Интенсивное газовыделение в шахтах при землетрясениях	Сейсмические силы, вызывающие трещинообразование в горном массиве и выделение из него газа в горные выработки

Методы и средства контроля степени опасности в шахтах и рудниках

Контроль за содержанием метана и углекислого газа обычно осуществляется интерферометрами, использующих свойство воздуха преломлять луч

¹⁵ **Десорбция** – удаление поглощённых веществ из частичек сорбента (в данном случае – выдавливание газа из угля).

света по разному, в зависимости от содержания рудничного метана. Коэффициент преломления CH_4 и CO_2 незначительно отличаются друг от друга, поэтому для контроля используется один и тот же интерферометр, например, марки ШИ-3 (ШИ-5, ШИ-10), МР-5М, ЛИ-4, СМП-1 или ГИК-1, закачивающих пробу воздуха и измеряющих показатель преломления. Причём метан легче воздуха и собирается у кровли выработки, а углекислый газ – тяжелее и концентрируется у почвы.

В другом варианте экспресс-определения **концентрации углекислого газа** используется химический газоопределитель, например, ГХ-5 с одноразовыми индикаторными трубками. При прокачивании определённого объёма воздуха через трубку меняет цвет порошок – с сине-сиреневого на белый, и по длине участка трубки, изменившего цвет, судят о концентрации CO_2 в рудничной атмосфере.

Наблюдениями установлено, что в зонах выхода метана на дневную поверхность почва теряет свою структуру, сильно уплотняется, приобретает серый цвет, а вся растительность на ней погибает. А в зонах выхода на поверхность углекислого газа и мёртвого воздуха изменений почвенного слоя не наблюдается, растительность развивается лучше, чем на участках, на которых эти газы не выделяются, но домашние животные (собаки, кошки и др.) и птицы (голуби, куры) эти участки покидают.

Скорость воздушного потока измеряется анемометрами или иначе крыльчато-тахометрическими преобразователями, в которых вращение крыльчатки передаётся на счётный механизм при помощи червячной передачи.

Давление рудничного воздуха можно измерить, например, микробарометром МБ-1М, и получить величину депрессии или напора.

Экспресс-измерения **концентрации частиц угольной пыли** можно проводить, например, переносным пылемером ДПВ-1. Работа прибора основана на определении оптической плотности фильтра, изменяющейся при пропускании через него определённого объёма запылённого воздуха, оптическая плотность измеряется фоторезисторами при попадании на фильтр света.

Удароопасность горного массива измеряют, например, сейсмоакустическим методом, геофизическая аппаратура фиксирует акустические импульсы (щелчки), появляющиеся при образовании трещин. По частоте появления импульсов получают уровень акустической активности пород в радиусе не более 100-150 м от датчика. Чем выше уровень активности, тем выше опасность динамических проявлений горного давления и горного удара.

На крупных шахтах с высокой газообильностью и на рудниках, опасных по горному удару, организуют **диспетчерскую службу контроля** степени опасности концентрации метана и углекислого газа, пыли, акустической активности горного массива, - позволяющую регистрировать необходимую информацию с помощью системы измерительных датчиков, оповещать аварийной сигнализацией о превышении допустимых значений, автоматически отключать электроэнергию на участках, подвергающихся опасности.

Природные и техногенные опасности, возникающие при горных и горно-разведочных работах, требуют систематического контроля численности и размещения трудящихся в шахте, руднике, карьере и других рабочих местах. Со-

гласно Правилам безопасности должен вестись обязательный **табельный учёт** всех лиц, вышедших на работу, спустившихся в шахту, и выехавших из неё, а также должны быть обеспечены **два выхода** из горных выработок – на капитальные выработки и на земную поверхность, кроме того все горные выработки должны иметь обязательный **паспорт крепления**.

Взрывы угольной пыли

Все меры по предупреждению взрывов угольной пыли подразделяются на **четыре линии защиты**:

первая – борьба с пылью в месте её образования (щадящая технология добычи, оросительные устройства на комбайнах, в местах перегрузки, при транспортировании, удаление пыли, снижение её летучести);

вторая – борьба со взрывом в самом его начале (эффективное проветривание, контроль содержания метана, применение оборудования во взрывобезопасном исполнении);

третья – противодействие развитию взрыва (осланцевание¹⁶ и орошение выработок);

четвёртая – ограничение распространения взрыва (водяные и сланцевые заслоны – см. рис. 2).

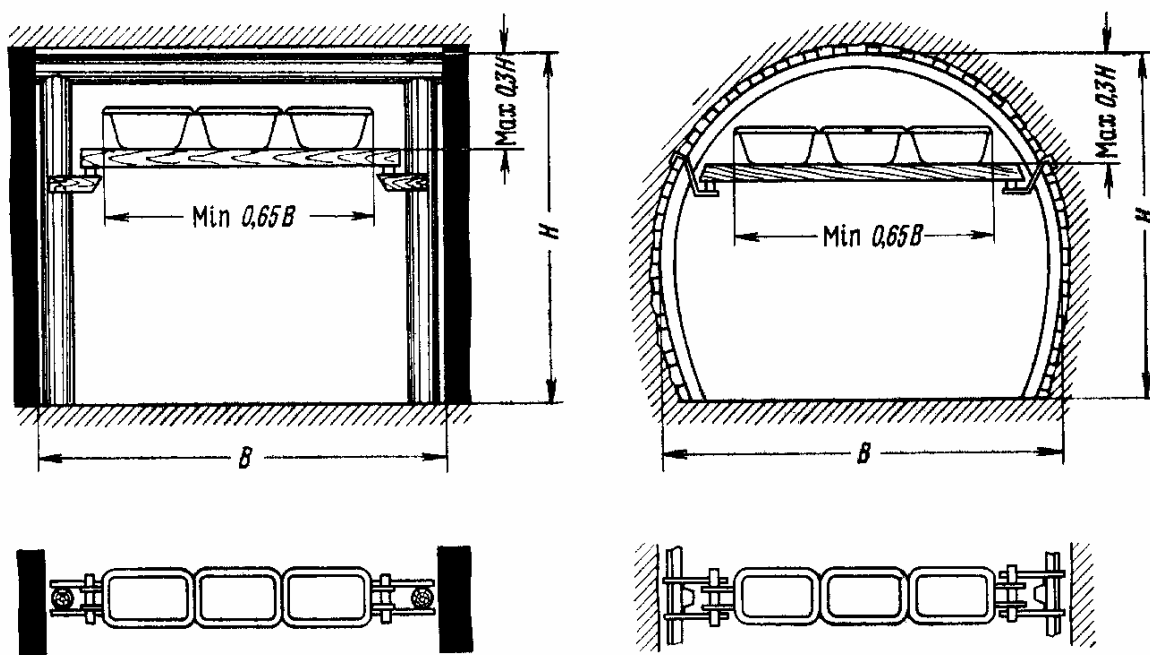


Рис. 5. Противовзрывной сланцевый или водяной заслон

Сланцевые заслоны состоят из полок с инертной пылью, расположенных на крепи выработок, на расстоянии 100÷300 м от опасных забоев и не более 100

¹⁶ **Осланцевание** – покрытие поверхностей выработок инертной пылью (измельчённый - известняк, доломит, ракушечник, глинистые сланцы с гидрофобными добавками).

м от сопряжения подготовительных и основных выработок. Количество инертной пыли устанавливается из расчёта 400 кг на 1 м² поперечного сечения выработки в свету, длина заслона должна быть не менее 20 м. При взрыве опережающая воздушная волна сбрасывает полки, пыль высыпается и создаёт густое облако достаточной длины, где охлаждается и затухает идущее за воздушной волной пламя взрыва, при этом скорость распространения воздушной волны снижается с 80÷100 до 20÷30 м/с.

Эндогенные пожары, самовозгорание в шахте и на терриконах

Причиной самонагревания и последующего самовозгорания углей является их окисление¹⁷ в результате адсорбции¹⁸ углём кислорода воздуха, который затем и вступает в химическую реакцию с самим углём, с выделением тепла. Причём уголь, обработанный водой, например, при тушении пожара в шахте или на терриконе, окисляется ещё лучше из-за смыва с его поверхности окисной плёнки, препятствующей доступу кислорода, и за счёт образования новых трещин (увеличивается площадь поверхности контакта с кислородом), появляющихся при набухании угля. Увлажнение угля способствует не только снижению пылеобразования, но и уменьшению вероятности выбросов угля и газа, горных ударов (достаточно повысить влажность угля на 2÷4%, т.е. подать на 1 т угля 20÷40 л воды).

Примеси пирита и марказита в угле способствуют низкотемпературному окислению этих сернистых соединений с разогревом всего массива и ускорением окисления уже угля. Высокозольные угли более склонны к самовозгоранию за счёт повышенного содержания легкоокисляемого фюзена¹⁹.

Таблица 10

Вероятность самовозгорания пластов угля и угольных отвалов (по А.А.Лапину)

Фактор	Вероятность самовозгорания			
	высокая	большая	малая	нулевая
Содержание углистых пород, %	> 20	> 20	10-20	< 10
Содержание серы, %	> 2,0	> 2,0	< 2,0	< 2,0
Содержание галоидов ²⁰ , %	следы	< 0,05	0,1-0,2	0,2-0,25
Условия образования вмещающих пород	Морские отложения		Переходные условия	
Преимущественный состав безуглистых пород	Известняки и песчаники		Глинистые и песчано-глинистые сланцы	

¹⁷ **Окисление** – процесс отдачи электронов (противоположен восстановлению).

¹⁸ **Адсорбция** – поглощение вещества твёрдым поглотителем - сорбентом (в данном случае углём).

¹⁹ **Фюзен** (подобен древесному углю) - составная часть ископаемого угля, залегающая линзами и слоями в угольных пластах, с характерным волокнистым строением, шелковистым блеском, низкой механической прочностью; не спекается.

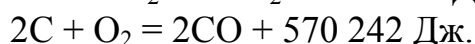
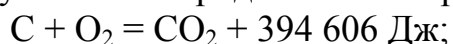
²⁰ **Галоиды** или галогены (хлор, бром, йод и фтор), химические элементы, способные заменять в солях кислород или кислоту, т.е. в соединении с металлами дающие соли (галоген – он же солерод).

С наветренной стороны отвалов возникновение очагов пожара более вероятно за счёт ускоренного окисления кислородом и затем раздувания ветром.

Горящие отвалы представляют опасность отравления газами и попадания людей в очаг горения²¹. Как известно, основными продуктами процессов окисления и газификации являются газы: CO₂, CO, H₂S, SO₂, H₂.

Согласно **теории горения**, окисление горючих веществ кислородом воздуха при низких температурах не происходит, т.к. молекулярный кислород в этих условиях малоэффективен. При нагревании горючего вещества в реакцию вступают не все сталкивающиеся с ним молекулы кислорода, а лишь обладающие некоторым запасом избыточной энергии, превышающей среднюю величину. Эта величина избыточной энергии называется энергией активации, под её воздействием связи между двумя атомами в молекуле кислорода ослабевают и разрываются, и молекула кислорода становится активной (с двумя свободными связями) и вступает в реакцию окисления с горючим веществом. Молекулы кислорода активизируются под воздействием тепла, а, например, молекулы хлора – под воздействием света.

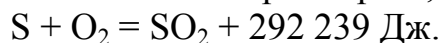
Окисление угля и углистых пород в отвалах происходит по реакциям:



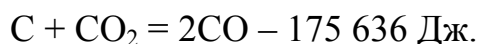
Нагретый колчедан (FeS₂) взаимодействует с парами воды:



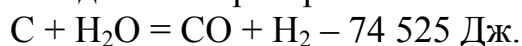
Находящаяся в отвальной массе сера сгорает, образуя сернистый газ:



Образующийся в процессе окисления отвальной массы углекислый газ взаимодействует с углём:



Основным процессом, приводящим к образованию горючих газов в отвале, является взаимодействие водяного пара с раскалённым углём:



В очагах горения эта реакция может протекать постоянно, т.к. влага содержится как в воздухе, так и в породе отвала, особенно при тушении пожара водой, что приводит к взрывам горючих газов (кислород, водород, метан) на поверхности отвалов. Взрывы приводят к оползням и обрушениям, высвобождающим новые порции взрывчатых газов, и к новым взрывам.

Профилактика самовозгорания включает меры:

- снижение активности углистого вещества (обработкой ингибиторами²², например, бикарбонатом кальция);

²¹ В.А.Меркулов Охрана природы на угольных шахтах. – М.: Недра, 1981. - 184 с.

²² **Ингибиторы** - вещества, снижающие скорость химических, в т.ч. ферментативных, реакций или подавляющие их, применяются для предотвращения или замедления нежелательных процессов: коррозии металлов, старения полимеров, окисления топлива и смазочных масел, пищевых жиров и др.

- уменьшение концентрации активного углистого вещества в отвале (снижением потерь угля при добыче);
- ограничение притока кислорода к окисляющимся поверхностям (например, уплотнение отвала автосамосвалами, бульдозерами, катками, затопление пород в оврагах, заиливание инертными материалами – песком, глиной, золой ТЭС);
- создание условий для рассеивания тепла, образующегося при окислении.

Заиливание может производиться как за счёт доставки материала самосвалами, вагонетками, так и при помощи газоструйных и землеройно-метательных машин.

Наиболее **устойчивыми растениями**, приживающимися на угольных и других отвалах (при их рекультивации), являются акация и вяз перистоветвистый, клён ясенелистый, клён татарский, ясень обыкновенный, шиповник и бузина.

Метан и углекислый газ, находящийся в углях, препятствуют их окислению и самовозгоранию, поэтому один из способов тушения пожаров – задымление очага возгорания.

Средства локализации и тушения пожаров

К основным видам техники, предназначенной для защиты различных объектов от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения.

Для ликвидации процесса горения необходимо прекратить подачу в зону пожара - либо горючего материала (разбор очага пожара), либо кислорода-окислителя, либо уменьшить подвод тепла. В качестве средств тушения используют: воду, различные виды пен, инертные газовые разбавители (углекислый газ, аргон, азот, водяной пар, дымовые газы), порошки-ингибиторы.

Таблица 11

Основные принципы прогноза
и предотвращения газодинамических явлений

Газодинамическое явление	Принципы прогноза	Принципы предотвращения на пластах
Внезапные выбросы газа с угольной мелочью	Обнаружение геологических нарушений впереди забоя	Дегазация геологических нарушений
Внезапные выбросы угля и газа	Методы сейсмоакустического (локального, текущего и регионального) прогноза	Предварительная разработка защитных пластов и применение других способов разгрузки пластов от горного давления
Высыпания и обрушения угля с повышенным газовыделением	По углу падения пласта, его прочностным характеристикам и способности угля к газоотдаче	Применение мероприятий по предотвращению высыпания и обрушения угля

Отжим угля с повышенным газо-выделением	По прочностным характеристикам угольного пласта, горному давлению и способности угля к газоотдаче	Расчёт параметров угольных целиков и выбор способа управления кровлей
---	---	---

Для профилактики пожаров также используют специальные перемычки и противопожарное водоснабжение.

Прогноз запылённости горных выработок

При бурении по породе с промывкой водой без смачивания интенсивность пылеобразования на один шпур в среднем равна $400 \div 500$ мг/мин и прямо пропорциональна крепости пород f (по М.М.Протоdjяконову) и скорости бурения v , а скорость бурения - обратно пропорциональна крепости пород.

Промывка может быть с осевой и боковой подачей воды, при осевой - вода подаётся через корпус станка и канал штанги, при боковой, минуя станок, - через отверстие в муфте, одеваемой на штангу. При сухом пылеулавливании, очень редком, используются матерчатые и акустические (УПЗ-2) пылеуловители.

7. Опасность внезапных прорывов воды в горные выработки

Опасными бывают как поверхностные (реки, озёра, хвостохранилища), так и подземные воды (особенно химически активные).

Жёсткость откачиваемой шахтной воды зависит от содержания в ней солей кальция и магния, различают карбонатную жёсткость (двууглекислые соли кальция и магния) и некарбонатную (соли кальция и магния - сульфаты, хлориды, нитраты и др.).

Активная реакция воды²³ характеризуется показателем концентрации в ней ионов водорода (**pH**). В зависимости от величины **pH** может изменяться скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды и т.д. При нейтральной реакции **pH**= $6,5 \div 7,5$, при кислой **pH**< $6,5$, при щелочной **pH**> $7,5$. При кислой реакции воды возрастает её корродирующее действие на сталь, бетон и др., а при высоких уровнях (**pH**> 11) вода приобретает характерную мылкость, неприятный запах, способна вызывать раздражение глаз и кожи. Именно поэтому для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень **pH** в диапазоне от 6 до 9, а для промышленных систем охлаждения - **pH**= $7-8$.

²³ Величина **pH** определяется количественным соотношением в воде ионов **H+** и **OH-**, образующихся при диссоциации воды (аналогично температура характеризует степень нагрева воды, но не количество тепла и как долго эта вода будет остывать). Часто показатель **pH** путают с такими параметрами, как кислотность и щелочность воды, но **pH** - это показатель интенсивности, но не количества, т.е. **pH** отражает степень кислотности или щелочности воды, в то время как кислотность и щелочность характеризуют количественное содержание в воде веществ, способных нейтрализовывать щелочи и кислоты, соответственно.

Знание водородного показателя водной среды весьма важно. Известно, например, что при $pH < 7$ существенно возрастает коррозия стальных труб, а при $pH > 10$ - труб из дюрала. Промывочные растворы, обработанные некоторыми химическими реагентами, стабильны лишь в определенном, достаточно узком диапазоне pH и за пределами этого диапазона расход реагентов необходимо резко увеличить. Термостабильность некоторых высокомолекулярных реагентов существенно возрастает, если поддерживается оптимальное значение pH среды. С изменением pH промывочной жидкости (в бурении) иногда связано возникновение осложнений; и по изменению pH промывочного раствора можно судить о прохождении при бурении химически активных горных пород.

Водоприток можно рассчитать, исходя из напора вод и водопроницаемости подстилающих пород. Внезапный прорыв возможен при подсечке горной выработкой геологического разлома, поэтому главными мерами предупреждения являются: а) оставление породных слабо водопроницаемых целиков; б) создание при проходке опасных участков непроницаемых завес – инъецированием²⁴ пород.

Для разведки водоопасности используются три вида скважин: а) опережающие, глубиной не менее 4 м; б) разведочные, глубиной не менее 25 м; в) дренажные, удаляющие воду из подземных резервуаров.

Откачиваемая вода отстаивается, осветляется (фильтруется до содержания взвеси менее 50 мг/л), обеззараживается и нейтрализуется, т.е. приводится к нормальной реакции $pH=6\div 9$ добавлением реагентов (например, гашёной извести и др.), испарением, электродиализом²⁵.

Предотвращение внезапных прорывов воды

Практически все месторождения осадочного типа приходится осушать еще до начала вскрышных работ на карьере. При большой мощности пlyingунов, значительном напоре воды в водоносном горизонте, при больших запасах подземных естественных водохранилищ - обязательно требуется предварительное осушение.

При разработке месторождений под водоёмами, реками или водоносными слоями пород проводят специфические мероприятия – предварительное осушение месторождения и сохранение (создание) водонепроницаемых потолочин – предохранительных целиков. На месторождениях, где подземные безнапорные воды появляются лишь в трещинах и карстовых пустотах, обычно предварительный дренаж воды не применяется, такие месторождения разрабатываются с одновременным понижением уровня подземных вод. Сохранение водонепро-

²⁴ **Инъекционная крепь** (упрочнение пород) - синтетическими смолами, горячим битумом, глинистым раствором, жидким стеклом, цементным раствором в шпурь. Шпурь $d=40-42$ мм длиной 1.5-2 м по сетке 1.5-2 м. Давление нагнетания - до 10-20 МПа.

²⁵ **Электродиализ** - метод разделения растворов, содержащих электролиты, основанный на переносе ионов под действием электрического поля через полупроницаемую мембрану-перегородку, которая пропускают малые молекулы и ионы, но задерживает коллоидные частицы и макромолекулы.

нищаемых потолочин обеспечивается щадящими способами добычи, не допускающими опасных деформаций и трещин в потолочине.

Способы предварительного осушения бывают:

- а) поверхностные – бурение водопонижающих (откачивающих) и водопоглощающих скважин (для перепуска воды из верхних слоёв пород на нижние);
- б) подземные – проходка дренажных штреков, бурение опережающих скважин из проходческих забоев, сооружение резервуаров для воды;
- в) комбинированные – бурение скважин с поверхности и проходка дренажных подземных выработок.

Защита подрабатываемых участков от затопления и заболачивания

Локальные и замкнутые проседания земной поверхности могут привести к затоплению и заболачиванию подработанных участков грунтовыми водами. Для защиты от затопляющих вод плодородных почв, ценных насаждений, полевых культур, а также населённых пунктов могут быть рекомендованы следующие мероприятия:

- отвод рек за пределы горного отвода;
- поверхностный горизонтальный дренаж;
- вертикальный глубинный дренаж;
- поглощающие скважины;
- обваловывание затопляемых площадей путём сооружения дамб;
- повышение отметок поверхности низменности путём искусственного отложения на них наносов (кольматирование²⁶);
- спрямление русел рек;
- оборудование обводных и перехватывающих каналов;
- применение горнотехнических мероприятий по предотвращению просадок земной поверхности или уменьшению их до безопасных пределов.

Выбор мероприятий определяется их эффективностью, экономической целесообразностью и технической возможностью.

Предварительное водопонижение с земной поверхности

Для этого с поверхности по контуру залежи или на отдельных ее участках бурят рассчитываемое количество скважин до определенного водоносного горизонта, скважины располагаются рядами перпендикулярно движению подземных вод. Расстояние между скважинами в ряду от 70 до 150 м, а расстояние между рядами и их количество зависит от эффективности водопонижения первым рядом скважин.

Осушение осуществляется за счет интенсивной откачки воды из скважин, общий дебит водопонижительных скважин достигает 3-8 тыс. м³/час при снижении уровня статического напора воды на 300-400 м.

При проходке шахтных стволов водопонижающие скважины располагаются по окружности с радиусом от 40 до 150 м от центра - шахтного ствола. Конструкция водопонижительной скважины должна учитывать, что:

²⁶ **Кольматаж** – повышение уровня поверхности почвы в результате постепенного отложения на ней илистых частиц, приносимых речными водами.

- минимальный радиус скважины у ее дна должен быть больше диаметра погружного глубинного насоса ($D_{\min}=470$ мм);
- в скважине должен быть предусмотрен отстойник и фильтр;
- скважины обсаживаются перфорированными трубами по мере их бурения;
- водоносные горизонты, не подлежащие дренированию, должны заранее изолироваться сплошными обсадными трубами с цементацией.

Кроме погружных электронасосов может использоваться для водопонижения эрлифт, т.е. выдавливание воды наверх из скважины нагнетанием воздуха. В этом случае у дна скважины монтируется смеситель, в который под давлением подается по трубке сжатый воздух с поверхности, здесь формируется воздушно-водяная смесь, которая и выдавливается на поверхность.

Осушение из горных выработок

Для снятия остаточного напора воды и полного осушения водоносного горизонта осуществляют дренажные мероприятия из горных выработок;

а) забивные фильтры - это скважины диаметром 63 мм и длиной до 12-15 м, в которые вставляется полиэтиленовый или металлический фильтр диаметром 48 мм: фильтр задавливается в скважину, остальную длину скважины обсаживают трубами: отфильтрованная вода самотеком вытекает из трубы и по шлангу отводится в водосборник;

б) иглофильтровые установки - это комплект из нескольких забивных фильтров, подключенных к вакуум-наосу, отсасывающему из них воду.

8. Опасности при производстве взрывных работ

Кроме опасности собственно попадания под взрыв, при взрывных работах существует ещё одна опасность - выделения в атмосферу ядовитых газов. На образование ядовитых продуктов взрыва прежде всего влияет **кислородный баланс** $ВВ^{27}$, который может быть нулевым, положительным или отрицательным. При нулевом балансе объём кислорода в составе $ВВ$ соответствует его количеству, необходимому для окисления всех составляющих $ВВ$ горючих компонентов. При таком условии должны образовываться только относительно безвредные конечные продукты разложения – углекислый газ, пары воды и азот. Если количество кислорода недостаточно для полного окисления углерода (отрицательный баланс), то дополнительно образуется окись углерода, водород. Наоборот, при избытке кислорода (положительный баланс) образуются ядовитые окислы азота и свободный активный кислород. Для подземных работ выпускаются предохранительные $ВВ$ с кислородным балансом, близким к нулю (отклонение $\pm 1\div 1,5\%$), с пламегасителями (например, хлористый натрий), повышенной восприимчивостью к детонации (например, добавка нитроглицерина), а также применяют водяную забойку при зарядании скважин и шпуров в опасных по метану местах.

²⁷ $ВВ$ – взрывчатые вещества, $СВ$ – средства взрывания.

Доставка ВВ и СВ (транспортируются только отдельно) по горным выработкам допускается со скоростью не более 5 м/с (спуск по стволу), посторонние люди при доставке не присутствуют.

Взрывозащита технологического оборудования

Ни одно производство не обходится без использования систем повышенного давления (трубопроводы, баллоны, ёмкости для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворённых газов), любые системы повышенного давления всегда представляют потенциальную опасность.

Взрывозащита достигается организационно-техническими мероприятиями: окраской трубопроводов и ёмкостей в разные цвета, разработкой инструкций, обучением персонала, техническими системами взрывозащиты.

9. Радиологические свойства и горно-геологические особенности урановых руд

При распаде изотопов испускаются α -частицы (ядра гелия He^{+2}), β -частицы (поток электронов и нейтронов), γ -излучение (электромагнитное излучение и γ -кванты, фотоны). При распаде урана-радия образуется последовательно 17 новых изотопов вплоть до полного преобразования урана в один из изотопов нерадиоактивного свинца.

Проникающая способность излучения:

- α -частицы поглощаются слоем воздуха в несколько сантиметров или слоем любого твердого тела в несколько микрометров (м^{-6});
- β -частицы поглощаются слоем горной породы толщиной до 1 сантиметра или слоем воздуха до 13 м;
- γ -кванты поглощаются слоем пород толщиной 50-60 см или слоем воздуха толщиной 800 м.

Естественный радиоактивный распад характеризуется:

- постоянной распада - это отношение числа распадающихся атомов в единицу времени к общему числу атомов в материале;
- периодом полураспада - это время, за которое первоначальное количество атомов материала уменьшится вдвое;
- средней продолжительностью жизни атома радиоактивного материала;
- активностью - это скорость распада, число распадающихся атомов (α и β частиц) в единицу времени, единица активности: 1 Кю (кюри) = $3.7 \cdot 10^{10}$ атомов/сек.

Дозы радиации

Атомы нестабильных изотопов в процессе распада теряют 2 протона и 2 нейтрона - это альфа-частица, теряют электроны - это бета-частицы, при этом атомы испускают и избыток энергии - это гамма-излучение. Активность распадов радионуклидов измеряется в беккерелях (1 Бк = 1 распад / с).

Повреждений, вызванных в живом организме излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передает тканям; количество такой передан-

ной организму энергии называется дозой. Дозу излучения организм может получить от любого радионуклида независимо от того, находятся ли они вне организма или внутри его (в результате попадания с пищей, водой или воздухом).

Количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела (тканями организма), называется **поглощенной дозой** и измеряется в системе СИ в грэях ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Но эта величина не учитывает того, что при одинаковой поглощенной дозе альфа-излучение гораздо опаснее бета- или гамма-излучения.

Если принять во внимание этот факт, то дозу следует умножить на коэффициент, отражающий способность излучения данного вида повреждать ткани организма: альфа-излучение считается при этом в 20 раз опаснее других видов излучений, пересчитанную таким образом общую дозу называют **эквивалентной дозой**, ее измеряют в системе СИ в зивертах (Зв).

Следует учитывать также, что одни части тела более чувствительны, чем другие (наиболее чувствительные к радиации органы - это яичники у женщин и семенники у мужчин, легкие, молочная железа, костный мозг). Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными коэффициентами. Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав по всем органам и тканям, получим **эффективную эквивалентную дозу**, отражающую суммарный эффект облучения для организма; она также измеряется в зивертах.

Эти три понятия описывают только индивидуально получаемые дозы. Просуммировав индивидуальные эффективные эквивалентные дозы, полученные группой людей, мы таким образом определим **коллективную эффективную эквивалентную дозу**, которая измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв). Существует еще одно понятие, поскольку многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся радиоактивными и в отдаленной будущем, то коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают многие поколения людей от какого-либо радиоактивного источника за все время его дальнейшего существования, называют **ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой**.

Естественные источники радиации

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации, избежать которых совершенно невозможно. Земные источники радиации обеспечивают более 80% годовой эффективной эквивалентной дозы, остальную часть добавляют космические лучи.

А. Космические лучи

Радиационный фон, создаваемый космическими лучами, дает чуть меньше половины внешнего облучения, получаемого населением от естественных источников радиации. При этом люди, живущие на уровне моря, получают в среднем эффективную эквивалентную дозу около 300 мкЗв в год; для людей же, живущих выше 2000 м над уровнем моря, эта величина в несколько раз больше (может оттого там так много долгожителей). Еще более интенсивному облучению подвергаются экипажи и пассажиры самолетов (примерно по 50 мЗв

за 7 часовой перелет из Москвы в Иркутск, Читу). Всего за счет использования воздушного транспорта человечество получает в год коллективную эффективную эквивалентную дозу около 2000 чел-Зв.

Б. Земная радиация

Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах Земли, это калий-40, рубидий-87 и члены двух радиоактивных семейств, берущих начало от урана-238 и тория-232. Эффективная эквивалентная доза внешнего облучения, которую человек получает за год от горных пород, составляет примерно 350 мкЗв, т.е. чуть больше средней индивидуальной дозы облучения космическими лучами человека, живущего на уровне моря.

В. Внутреннее облучение

В среднем примерно 65% эффективной эквивалентной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, поступает от радиоактивных веществ, попавших в организм с пищей, водой и воздухом.

Лишь недавно ученые поняли, что наиболее опасным является невидимый, не имеющий вкуса и запаха тяжелый газ (в 7.5 раза тяжелее воздуха) - радон. Радон со своими дочерними продуктами радиоактивного распада обеспечивает примерно 75% годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации. Большую часть этой дозы человек приобретает от радионуклидов, попадающих в его организм вместе с вдыхаемым воздухом, особенно в непроветриваемых помещениях дома, в офисе и на складе.

Самые распространенные строительные материалы - дерево, кирпич и бетон - выделяют относительно немного радона. Гораздо большей удельной радиоактивностью обладают гранит, пемза, глиноземы, фосфогипс, зольная пыль после сгорания угля, а также отходы урановых горных предприятий, незаконно используемые в качестве строительного материала (например, гравийная дорожка в детском саду).

Источники, созданные человеком

Оценим изменение вклада различных источников радиации за последние 40 лет. Годовые эффективные эквивалентные дозы от различных источников выражены в процентах от естественного радиационного фона. Таким образом, совокупная доза от всех естественных источников принята за 100%.

Дозы, полученные при облучении в целях медицинской диагностики (рентгенография), последние десятилетия остаются на уровне 20% естественного фона. Дозы от ядерных взрывов в атмосфере достигают максимального значения 7% в начале 60-ых годов, затем после заключения Договора об ограничении испытаний ядерного оружия снижены до 0.8% в настоящее время. Дозы же, связанные с ядерной энергетикой, увеличиваются от 0.001% в 1965 г. до 0.05% к настоящему времени.

Средняя эффективная эквивалентная доза, получаемая от всех источников облучения в медицине, составляет примерно 1 мЗв на каждого жителя, т.е. ориентировочно половину средней дозы от естественных источников.

Часть радиоактивных материалов после ядерного взрыва выпадает неподалеку от места испытаний, какая-то часть задерживается в тропосфере (самом нижнем слое атмосферы), подхватывается ветром и в течение месяца перемещается на десятки тысяч километров. Однако большая часть радиоактивного материала выбрасывается в стратосферу, где радионуклиды в виде пыли остаются многие месяцы, медленно опускаясь и рассеиваясь по всей поверхности земного шара.

Согласно оценкам МАГАТЭ мощность всех атомных электростанций на Земле к 2010 г. будет составлять около 800 гВт. Весь ядерный топливный цикл дает ожидаемую коллективную эффективную эквивалентную дозу облучения человечества только за счет короткоживущих изотопов около 5.5 чел-Зв на каждый гигаВатт-год вырабатываемой на АЭС электроэнергии. Из них процесс добычи урановой руды дает вклад 0.5 чел-Зв, ее обогащение - 0.04 чел-Зв, производство ядерного топлива - 0.002 чел-Зв, эксплуатация ядерных реакторов - около 4 чел-Зв и процессы, связанные с утилизацией отработанного топлива - 1.1 чел-Зв. Всего годовая коллективная эффективная эквивалентная доза облучения к 2010 г. на каждого человека будет не более 10 000 чел-Зв и составит лишь 1% дозы облучения от естественного фона.

Оценки показывают, что доза, которую получают рабочие урановых рудников и обогатительных фабрик, составляет в среднем 1 чел-Зв на каждый гигаВатт-год электроэнергии. Примерно 90% этой дозы приходится на долю рудников, причем персонал, работающий под землей, подвергается большему облучению (в шесть раз выше естественного фона). Немного меньшие дозы получают шахтеры, добывающие каменный уголь, железную руду и т.п., а также персонал курортов, где используются радоновые ванны. Коллективная эффективная эквивалентная доза от заводов, на которых получают ядерное топливо, также составляет 1 чел-Зв на гигаВатт-год. Такую же дозу получают люди, использующие в быту часы со светящимся фосфоресцирующим циферблатом.

Сопоставление коллективных эффективных эквивалентных доз, получаемых населением Земли за год, выглядит следующим образом: медицина дает 1 600 000 чел-Зв, воздушный транспорт - 2000, светящиеся часы - 2000, атомная энергетика (профессиональное облучение) - 2000 чел-Зв.

Воздействие радиации на человека

Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания же проявляются, как правило, через одно-два десятилетия. А врожденные пороки развития и другие наследственные болезни, вызываемые повреждением генетического аппарата, проявляются лишь в следующем или даже последующих поколениях.

Летальные дозы облучения имеют следующий порядок цифр. Костный мозг и другие элементы кроветворной системы наиболее уязвимы при облучении и теряют способность нормально функционировать при дозах 0.5-1 Гр. Половые органы и глаза также отличаются повышенной чувствительностью: однократное облучение семенников в 0.1 Гр приводит к временной стерильно-

сти мужчин, а дозы свыше 2 Гр вызовут постоянную стерильность (для девушек эта доза - 3 Гр), помутнение хрусталика глаза вызывается дозой 2 Гр, а доза около 5 Гр приводит к прогрессирующей катаракте.

Большинство тканей взрослого человека мало чувствительно к действию радиации. Почки выдерживают суммарную дозу около 23 Гр за пять недель, печень - 40 Гр за месяц, мочевого пузыря - 55 Гр за четыре недели.

Оценка статистики заболевания раком показала, что не существует никакой пороговой дозы, за которой отсутствует риск заболевания раком, но этот риск заболевания прямо пропорционален дозе облучения. Из каждой тысячи людей, получивших индивидуальную дозу в 1 Гр, пять человек умирает от рака, причем риск заболеть раком у курящих людей в несколько раз выше, чем у некурящих.

Генетические последствия облучения исследовались на жителях Хиросимы и Нагасаки: среди 27 тысяч детей обнаружены лишь 2 вероятные мутации.

Понятие приемлемого риска радиационного поражения

Для жителя промышленно развитой страны, получившего сполна всю среднюю индивидуальную дозу облучения как от естественных, так и от техногенных источников радиации, вероятность погибнуть в автомобильной катастрофе в пять раз, а вероятность преждевременной смерти из-за курения более чем в 100 раз превышает вероятность умереть от рака вследствие облучения.

Самые опасные факторы, угрожающие здоровью и жизни людей, по данным статистических оценок можно выстроить в следующую последовательность по числу случаев с летальным исходом за 1980 год в США:

1) курение	150 тыс.	10) железные дороги	1.9 тыс.
2) употребление алкоголя	100 тыс.	11) воздушный транспорт	1.4 тыс.
3) автомобили	50 тыс.	12) стройка	1 тыс.
4) огнестрельное оружие	17 тыс.	13) охота	0.8 тыс.
5) электричество	14 тыс.	14) бытовые травмы	0.2 тыс.
6) мотоциклы	3 тыс.	15) тушение пожаров	0.2 тыс.
7) плавание	3 тыс.	16) работа в полиции	0.16 тыс.
8) медицинские услуги	2.8 тыс.	17) атомная энергетика	0.1 тыс.
9) рентгеновское облучение	2.3 тыс.	18) альпинизм	0.03 тыс. чел.

Таким образом, по степени риска атомная энергетика стоит на 17 месте в этом перечне.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды

С начала развития атомной промышленности возникла и в дальнейшем нарастала угроза заражения окружающей среды радионуклидами и отходами. По оценкам МАГАТЭ производство ядерными реакторами 1000 МВт электроэнер-

гии приводит к необходимости захоронения 200-500 м³ твёрдых радиоактивных отходов среднего уровня активности.

Источниками загрязнения окружающей среды являются ядерные взрывы, добыча радиоактивных минералов подземным, открытым и геотехнологическим способами, а также переработка руд и хранение хвостов обогатительных фабрик и металлургических заводов.

Таблица 12

Источники радионуклидного загрязнения России²⁸

Радионуклиды	Объекты
1. Атомные электростанции	
Йод-129,131,133,135; ИРГ*; цезий-134,137; тритий; стронций-89,90; америций; радиоуглерод; церий-141,144; плутоний-239; барий-140; ниобий-85; теллур-132; молибден-99; ретений-105; цирконий-95; иттрий-91 и др.	Кольская, Ленинградская, Смоленская, Курская, Томская, Нововоронежская, Белоярская, Билибинская, Костромская, Калининская
2. Урановые месторождения	
Уран, радий, радон, торий	Ловозеро, Северное Приладожье, Бажовское, Невское, Бештау, Долматовское, Стрельцовское, Алданское, Слюдянка, Прихотское и др.
3. Радиохимические и металлургические комбинаты	
Йод-131; цезий-137,134; ИРГ; стронций-90; натрий-24; кобальт-58,60; марганец-54,56; европий-152,154,155; цинк-65; плутоний-239; церий-144; тритий; рутений-106; хром-51; радиоуглерод; актиноиды; скандий-46 и др.	Электросталь, Ангарск, Арзамас-16, Первомайский, Кирово-Чепецк, Красноярск-26, Красноярск-45
4. Горно-химические комбинаты	
Уран, радий, радон, торий	Лермонтовский, Краснокаменский
5. Ядерные реакторы НИИ	
Йод-129,131,133,135; ИРГ; цезий-134,137; тритий; стронций-89,90; америций; радиоуглерод; церий-141,144; плутоний-239; барий-140; ниобий-85; теллур-132; молибден-99; ретений-105; цирконий-95; иттрий-91 и др.	Сосновый Бор, Санкт-Петербург, Дубна, Обнинск, Москва, Протвино, Троицк, Подольск, Димитровград, Нижний Новгород, Екатеринбург, Новосибирск, Норильск
6. Прочие производства атомной промышленности	
Йод-129,131,133,135; ИРГ; цезий-134,137; тритий; стронций-89,90; америций; радиоуглерод; церий-141,144; плутоний-239; барий-140; ниобий-85;	Мурманск, Санкт-Петербург, Полярный, Северодвинск, Иоканьга, Рыбачий, Нижний Новгород, Находка, Корсаков, Комсомольск-на-Амуре, Мага-

²⁸ Пучков Л.А., Воробьев А.Е. Человек и биосфера: вхождение в техносферу. М.: изд. МГГУ, 2000. - 342 с.

теллур-132; молибден-99; ретений-105; цирконий-95; иттрий-91 и др.	дан, Советская Гавань, Владивосток, Александро-Сахалинский и др.
---	---

*ИРГ – инертные радиоактивные газы

Примечание. У человека стронций накапливается в костях, кобальт – в печени и селезёнке, цезий – в мышцах.

Чрезвычайно высок вклад в радиационный фон у электрических станций, работающих на угле (в 1990 г. на долю выработки электроэнергии ТЭС приходилось 27%). При сгорании угля выделяется в атмосферу гораздо больше аэрозольных частиц, чем при сгорании любого другого топлива. Так, радиоактивность золы, полученной от сжигания подмосковного бурого угля составляет от 370 до 520 Бк/кг. Работа теплоэнергетических станций на угле загрязняет биосферу радионуклидами в 40 раз интенсивнее, чем работа атомных электростанций.

Таблица 13

Средние индивидуальные дозы облучения населения от ТЭС и АЭС

Источник облучения	Вид облучения	Эффективная эквивалентная доза, мкЗв/год
Угольные электростанции ТЭС суммарной мощностью 7 ГВт	Внешнее	0,05
	Внутреннее	1,90
	Всего	1,95*
Атомные электростанции АЭС суммарной мощностью 12 ГВт	Внешнее	0,09
	Внутреннее	0,08
	Всего	0,17

* Предельно-допустимая доза 1 мкЗв/год

Таблица 14

Характеристика радиоактивного загрязнения среды вблизи уранодобывающих и перерабатывающих предприятий²⁹

Элементы окружающей среды	Радиационно-опасные факторы	Фоновое значение		Предельно допустимые концентрации сверх фона	Зарегистрированный диапазон зон	Примечание
		Среднее	Диапазон			
Воздух	Эквивалентная концентрация продуктов радона, Бк/м ³	1,8	0,1-10	37*	185-260	На расстоянии 100-150 м от источника выброса

²⁹ Котенко Е.А., Мосинец В.Н. Свойства горных пород и охрана окружающей среды при добыче и переработке урановых руд. - Горный Вестник АГН, 1995, № 2, с. 49-56.

	Суммарная α -активность долгоживущих радионуклидов, мБк/м ³	0,01	0,001-10	12	4-40	То же
Вода	Содержание ²²⁶ Ra и дочерних продуктов	37	1,11-111	111**	300-500	То же
					3700-5500	При ГПР
					10000-50000	При очистных работах
					10000-80000	В сточных водах
Почвы	Суммарная α -активность долгоживущих радионуклидов, мБк/м ³ , в т.ч.	370	90-700	600-1200	1000-7400	В жидких хвостах ГМЗ
	α -активность Бк/кг	240	150-1000	600-1200	1000-12900	В санитарной зоне ГМЗ
	γ -активность мкР/ч	12	10-60	20	20-1200	
Отвалы, хвосты	Экскालация радона с поверхности, Бк/(м ² с)	0,016	0,004-0,053	1.0	1,7-30	
	α -активность Бк/кг	210	370-700	600-1200	1100-27300	
	γ -активность мкР/ч	12	10-60	20	100-1400	

* Вне помещений, для жилых домов – 200 Бк/м³

** Для водоёмов. Для сбросовых вод в расчёте на их разбавление – 185 Бк/м³

Облучение населения от АЭС на порядок ниже, чем от ТЭС даже меньшей мощности (табл.13). Даже если реальную степень очистки выбросов от золы принять равной 98,5%, то и в этом случае доза радионуклидов в выбросах превысит аналогичную дозу, получаемую населением вблизи АЭС с реактором РМБК, примерно в 5 раз, а с реактором ВВЭР-44 – в 40 раз.

10. Защита от травмирования

К средствам защиты от механического травмирования относят предохранительные тормозные, блокировочные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки опасности, системы дистанционного управления, ограничители скорости, зазоры. Клетки оборудуются парашютными устройствами, канаты для подъёмных установок должны иметь **запас прочности** (при меньших значениях канат бракуется):

- 9-кратный на стволах при подъёме-спуске людей;
- 7,5-кратный для грузо-людских подъёмных установок;
- 6,5-кратный для грузовых подъёмных установок.

Средства электробезопасности

Опасность электрического удара зависит от величины и частоты тока, проходящего через тело человека, оказавшегося под напряжением, а также от электрического сопротивления самого тела и от длительности соприкосновения, от маршрута прохождения тока по телу, от влажности внешней среды.

Повышение электробезопасности достигается за счёт применения систем защитного заземления, защитного блокирования и отключения, использования знаков опасности.

Варианты защиты атмосферы рабочей зоны:

- вывод токсичных веществ из помещений, выработок общей вентиляцией;
- локализация токсичных веществ в зоне их образования и вынос местной вентиляцией;
- очистка технологических газовых выбросов в специальных аппаратах;
- выброс и рассеивание в атмосфере.

Аппараты очистки вентиляционных технологических выбросов в атмосферу делятся на пылеуловители-фильтры, туманоуловители, аппараты для улавливания паров и газов (абсорбционные, сорбционные, адсорбционные, нейтрализаторы).

Средства защиты гидросферы:

- механическая очистка фильтрами, в отстойниках;
- физико-химическая очистка (флотацией, экстракцией, сорбцией, нейтрализацией, фильтрование, выпаривание, кристаллизация);
- биологическая очистка микроорганизмами, питающимися загрязняющими воду органическими веществами.

Сбор и ликвидация твёрдых и жидких отходов на полигонах

Полигоны должны иметь санитарно-защитную зону, например, завод по обезвреживанию токсичных отходов – до 1 км.

Могильники должны располагаться на участках с глиной и неразвитой гидросистемой, подстилающие породы должны быть водонепроницаемы, в противном случае создаётся железобетонное ложе, при этом жидкие отходы ни в коем случае не должны попадать в поверхностные и подземные воды.

11. Управление напряжённо-деформированным состоянием горного массива

Мероприятия:

- 1) горные работы необходимо проводить так, чтобы не было опасных концентраций напряжений в приконтурных частях массива, чтобы расстояние между выработками не приводило к наложению зон их влияния;
- 2) выработкам придают наиболее устойчивые формы поперечного сечения;
- 3) изменение НДС массива может быть достигнуто за счёт применения мощной распорной крепи, способной оказывать значительное сопротивление (противодавление) внешним нагрузкам;
- 4) использование способов проходки, обеспечивающих минимальное разрушение пород вокруг выработок, например, применение контурного взрывания – см. ниже - или механического разрушения пород полным сечением (проходческими комбайнами);
- 5) искусственное упрочнение массива вокруг выработки за счёт тампонажа пород глиной или вяжущим раствором, за счёт применения анкерной и штанговой крепи;
- 6) предотвращение окисления, выветривания, размораживания пород за счёт набрызгбетонной крепи, льдоупрочнения;
- 7) разные виды поддержания очистного пространства или же, наоборот, полное либо частичное управляемое обрушение кровли за пределами призабойного пространства выработок – например, взрыванием глубоких скважин или используя податливость целиков;
- 8) полная или частичная закладка выработанного пространства;
- 9) заблаговременное сооружение пространственных опорных конструкций.

Методы охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ

1. Профилактические

Назначение – предотвращение вредных последствий ведения горных работ, основой служит прогноз ожидаемых деформаций объектов охраны на земной поверхности и в недрах. В результате в проект освоения месторождения вносятся изменения о переносе на генеральном плане зданий, сооружений, дорог, линий электропередач, мест заложения стволов, капитальных выработок.

2. Горнотехнические

Направлены на уменьшение деформаций, включают щадящие методы ведения горных работ (контурное взрывание, закладка, рациональное расположе-

ние выработок, скорость и направление подвигания фронта очистных работ), оставление предохранительных целиков возле капитальных выработок.

3. Конструктивные

Цель – приспособить здания и сооружения к перенесению деформаций с минимальными последствиями, по конструктивным схемам: а) жёсткая схема - усиление здания железобетонным поясом и другими конструкциями; б) податливая схема – придание зданию определённую гибкость (шарнирные вставки, связи, швы скольжения), чтобы в местах сочленения не возникли опасные напряжения; в) смешанная схема – применяют усиление отдельных блоков, секций и гибкое сочленение этих блоков в единое целое. В недрах при этом сооружаются пространственные несущие конструкции.

4. Комплексные

Предполагают сочетание перечисленных выше мер, обычно проводятся оперативно, по мере возникновения в подрабатываемых объектах горной охраны опасных и аварийных ситуаций, основаны на инструментальном контроле за деформациями и сдвигами массива горных пород (мониторинг).

Способы предупреждения горных ударов и выбросов газа

Региональные меры: опережающая отработка защитных пластов (слоёв, залежей), предварительная дегазация массива скважинами из подготовительных выработок (при этом диаметр скважин большого значения не имеет), профилактическое увлажнение или рыхление пласта перед забоем, лавой.

Опережающая выемка защитных пластов заключается в подработке или надработке наиболее опасного угольного пласта, при этом допустимая величина междупластья составляет: а) при подработке $h_1=0,7a$ (где a – ширина выработанного пространства по защитному пласту), но не более 100 м; б) при надработке $h_2=0,5a$, но не более 60 м – см. таблицу 15.

Таблица 15

Опережение работ³⁰ в защитном пласте

Условие разработки	Величина опережения отработки
Минимальное опережение: - при подработке - при надработке	h_1 , но не менее 20 м h_2 , но не менее 20 м
Максимальное опережение: - при подработке - при надработке и междупластье до 45 м - при надработке и междупластье свыше 45 м	не ограничивается не ограничивается 250 м по восстанию

Примечание. При разработке защитных пластов не допускается оставление целиков угля.

³⁰ **Опережение** - расстояние между наиболее отстающей частью очистной выработки защитного пласта и передовым защищаемым забоем опасного пласта.

Локальные меры: бурение опережающих разгружающе-дегазирующих скважин из проходческих и очистных выработок (чем больше диаметр скважин и их густота и длина, тем выше эффект), взрывное рыхление, применение разгрузочных щелей и опережающей крепи, нагнетание воды в пласт под давлением в режимах – гидроразрыхления, гидроотжима и гидроразрыва.

Планирование и ведение горных работ должно осуществляться на следующих принципах:

- нарезка месторождения на шахтные поля и их отработка производится без образования участков с большой концентрацией напряжений (без целиков, от центра к флангам или с фланга на фланг);
- исключение встречных и догоняющих фронтов очистных работ;
- ведение проходческих и очистных работ по направлению действия максимальных напряжений;
- уменьшение количества горных выработок впереди фронта очистных работ на удароопасных участках;
- максимально-возможное использование опережающей отработки защитных пластов;
- опережающая разгрузка скважинами или камуфлетными зарядами напряжённого массива, особенно при приближении к тектоническому разлому и при удалении от него;
- сокращение камерных систем разработки;
- управляемое обрушение пород или закладка выработанного пространства.

Защита людей от горных ударов и внезапных выбросов

Главная мера защиты – это организация службы прогноза динамических проявлений горного давления и своевременное предупреждение людей о надвигающейся опасности, желательно в режиме мониторинга, с автоматической компьютерной обработкой результатов инструментальных измерений параметров массива геофизической и маркшейдерской аппаратурой.

Косвенным признаком повышенных напряжений массива является увеличение скорости бурения шпуров и скважин в 2-3 раза, при взрывной отбойке коэффициент использования шпура (скважины) – К.И.Ш. обычно становится большим единицы, т.е. производительность забойщиков повышается в 1,5-2 раза. Степень опасности можно оценить и по видимым проявлениям горного давления в выработках.

12. Осложнения при бурении глубоких скважин (спецчасть для студентов специальности 080700)

В процессе бурения возникают различные осложнения: поглощение промывочной жидкости или цементного раствора, нефте-газо-водопроявления, обвалование и осыпание пород, прихваты и затыжки бурильной колонны, растепление многолетнемерзлых пород и другие. Во многих случаях предупредить возникновение осложнения легче, чем его ликвидировать. Нередко одно осложнение, воз-

никшее в скважине и не устранённое в достаточно короткий срок, усугубляется другими видами, а иногда является причиной появления новых осложнений. Поэтому предупреждению и быстрой ликвидации возникших осложнений следует уделять большое внимание.

К осложнениям относят:

- а) поглощения бурового и тампонажного растворов;
- б) газо-, нефте-, водопроявления через устье скважины (переливы, выбросы, фонтаны) и за пределами устья (грифоны);
- в) обвалообразование (обрушения, осыпи, течение и набухание горных пород, кавернообразования, сужения, образование сальников, пробок, осадка на забое);
- г) растепление многолетнемерзлых пород;
- д) желобообразование;
- е) образование уступов, резких искривлений;
- ж) прихваты и заклинивания бурильной колонны.

1. Поглощение промывочной жидкости

Поглощением называется гидродинамическое взаимодействие в системе скважина-пласт, сопровождающееся поступлением бурового или тампонажного раствора из скважины в пласт с интенсивностью, осложняющей дальнейшую проводку скважины.

При поглощениях буровой раствор перенасыщается шламом. На забое образуется осадок шлама, а также и локальные скопления его в стволе скважины выше забоя, что способствует сальникообразованию³¹, затяжкам и прихватам инструмента. Вследствие снижения противодавления возможно развитие осыпей и обвалов стенок скважины, газо-, водо-, нефтепроявлений. При этом увеличивается расход раствора, материалов, химических реагентов, снижается скорость бурения.

Основные **причины поглощения** заключаются в превышении давления в скважине, над пластовым давлением или над суммой пластового и начального градиентов давления – вследствие: а) излишней плотности бурового или тампонажного раствора; б) больших потерь напора в кольцевом пространстве при бурении или цементировании колонн в высокопроницаемых коллекторах большой емкости или в местах гидроразрыва пластов.

Гидроразрыв пластов возможен при спуске бурильной или обсадной колонны, запуске насосов, цементировании обсадных колонн, при сальникообразовании, малой величине зазоров. После гидроразрыва пласта степень взаимодействия обычно настолько велика, что дальнейшая проводка скважины невозможна без изменения технологии бурения (в основном, снижения плотности бурового раствора) или проведения изоляционных работ.

³¹ **Сальник** в технике - уплотнение, герметизированный зазор между подвижной и неподвижной деталями (например, между поршневым штоком и цилиндром). Применяют сальники с мягкой (асбест, фетр, резина) и твердой (например, металлической) набивками.

Интенсивность поглощения может колебаться в широких пределах от сотых долей до нескольких десятков $\text{дм}^3/\text{с}$ и более. При бурении без поглощения уровень жидкости в приёмной ёмкости насосов снижается медленно, т.к. некоторое количество промывочной жидкости расходуется на заполнение вновь создаваемого объёма скважины и на компенсацию потерь фильтрата через проницаемые стенки. А при вскрытии зоны с небольшой интенсивностью поглощения возрастает скорость снижения уровня в приёмной ёмкости.

При поглощении многократно **увеличивается общий расход** промывочной жидкости, необходимый для проходки скважины; замедляется темп углубления, т.к. буровая бригада вынуждена расходовать часть рабочего времени на приготовление и обработку дополнительного объёма промывочной жидкости. В результате возрастает и стоимость бурения.

Поглощение промывочной жидкости происходит **в двух случаях**:

- а) если в горной породе имеются раскрытые трещины, каверны и прочие крупные каналы, а давление, создаваемое промывочной жидкостью на стенки скважины, превышает пластовое в рассматриваемом горизонте;
- б) когда давление, создаваемое промывочной жидкостью на стенки скважины, достаточно для раскрытия имеющихся в данной породе сомкнутых микротрещин либо для разрыва породы и образования в ней новых трещин.

Естественная трещиноватость, каверны, прочность горных пород и пластовые давления – это **природные факторы**, не зависящие от воли человека, и управлять ими в процессе бурения невозможно. Для предотвращения и устранения поглощения в этом случае необходимо, чтобы **сопротивление естественных трещин и каналов растеканию по ним промывочной жидкости превышало разность между давлением, которое создаёт эта жидкость на стенки трещины, и пластовым давлением в данном горизонте.**

Во втором случае **сумма статического и гидродинамического давлений, передаваемых промывочной жидкостью на стенки скважины, должна быть всегда меньше давления раскрытия микротрещин и разрыва породы.**

Поглощение может быть вызвано и следующими **технологическими причинами**:

- а) увеличением плотности промывочной жидкости выше некоторого предела;
- б) чрезмерно высоким гидродинамическим давлением, возникающим при промывке скважины на участке от поглощающего горизонта до устья, вызванного большой скоростью течения, малой величиной зазора между колонной труб и стенкой скважины либо неудачным выбором реологических свойств промывочной жидкости;
- в) высоким гидродинамическим давлением в момент восстановления циркуляции, из-за большой величины статического напряжения сдвига промывочного раствора;
- г) высоким гидродинамическим давлением, возникающим при попытке очень быстрого восстановления циркуляции – за счёт инерции промывочной жидкости;

д) высоким гидродинамическим давлением, возникающим при спуске колонны труб с большой скоростью либо с большим ускорением;

е) высоким гидродинамическим давлением, возникающим при промывке скважины или в период спуско-подъёмных операций, если на колонне труб или на долоте образовался сальник.

Предупреждение поглощения возможно путём уменьшения давления в скважине и проницаемости коллектора, а также путём повышения гидравлического сопротивления при движении жидкости по пласту – за счёт регулирования её состава и свойств.

Давление в скважине можно снизить уменьшением плотности бурового или тампонажного раствора (в том числе их аэрацией) и снижением потерь напора в кольцевом пространстве выше проницаемого пласта. Целесообразно иметь достаточно большой зазор между бурильной колонной и стенками ствола скважины, использовать растворы невысокой вязкости и с небольшой прочностью структуры.

Уменьшить проницаемость коллектора в околоскважинной зоне при его вскрытии и после можно путём закупорки каналов компонентами жидкости или продуктами разрушения горной породы или за счёт создания на стенках скважины малопроницаемой перегородки. Например, переход с промывки водой на промывку глинистым раствором, а также ввод в буровой или тампонажный раствор специальных закупоривающих добавок-наполнителей. В качестве добавок применяют слюду-чешуйку, древесные спилы, кожу-горох (отходы кожевенного производства), резиновую крошку, керамзит, целлофан. Тип и фракционный состав наполнителей выбирают с учётом размеров и формы каналов, способа бурения.

Чтобы предотвратить поглощение промывочной жидкости очень важно знать величины градиентов давления разрыва и коэффициенты аномальности не только продуктивных, но и всех других горизонтов, вскрываемых скважиной. К сожалению, сведения о коэффициентах аномальности непродуктивных горизонтов и о градиентах давления разрыва пород по многим районам весьма неточны. Величину **градиента давления разрыва** можно определить по промысловым материалам, сравнивая противодавления на соответствующий горизонт в скважинах, где были поглощения, и в скважинах на той же площади, но где заметного поглощения не наблюдалось.

Если известны градиенты давлений разрыва пород и коэффициенты аномальности, осложнения во многих случаях можно предупредить соответствующим **регулированием свойств промывочной жидкости** (уменьшением плотности, статического, предельного динамического напряжений сдвига, пластической вязкости), **ограничением скоростей** и ускорений при спуско-подъёмных операциях, а также правильным выбором конструкции скважины.

Если поглощение возникло при вскрытии трещиноватой или кавернозной породы, необходимо регулированием свойств промывочной жидкости снизить интенсивность поглощения до возможного минимума, быстрее разбурить всю зону осложнения и затем **изолировать** её с помощью того или иного

тампонирующего материала либо, в крайнем случае, обсадной колонной. Если мощность поглощающего пласта не слишком велика, проводить изоляционные работы или спускать обсадную колонну после вскрытия лишь части зоны осложнения обычно нецелесообразно, т.к. при дальнейшем разбуривании этого пласта поглощение всё равно возобновится, стоимость же строительства скважины при этом заметно возрастает, а технико-экономические показатели ухудшаются.

Если в процессе бурения скважины может быть вскрыто несколько поглощающих горизонтов, вопрос об изоляции каждого горизонта индивидуально до вскрытия следующего (либо о проведении изоляционных работ после вскрытия всех или нескольких горизонтов) решают с учётом интенсивности поглощения и влияния его на технико-экономическую эффективность бурения, т.е. на скорость бурения и на стоимость скважины.

Итак, для устранения поглощений применяют следующие способы:

а) уменьшают плотность промывочной жидкости, например, аэрацией;

б) снижают скорость течения промывочной жидкости в затрубном пространстве, особенно при небольшом зазоре между стенками скважины и колонной труб;

в) задавливают в поглощающий горизонт некоторый объём промывочной жидкости с высоким предельным статическим напряжением сдвига и быстрым темпом структурообразования – и оставляют скважину в покое на несколько часов;

г) добавляют к промывочной жидкости небольшое количество специальных волокнистых или гранулированных материалов для закупорки ими трещин шириной менее 1-2 мм и каналов с эквивалентным диаметром 4-5 мм;

д) **самый простой способ:** бурят – без выхода на дневную поверхность промывочной жидкости, и при этом предполагают, что выбуренные частицы, поступая в каналы и трещины поглощающего горизонта, сами постепенно закупорят их;

е) задавливают в поглощающий объект некоторый объём быстросхватывающегося цементного раствора или другой тампонирующей смеси с пониженной плотностью, часто с добавкой волокнистых или гранулированных материалов;

ж) намывают в крупные каналы, трещины и каверны грубозернистые инертные материалы (песок, гравий и т.п.) для закупорки их и резкого уменьшения интенсивности поглощения и затем цементируют быстросхватывающейся тампонажной смесью;

з) задавливают в пласт высокомолекулярные соединения, способные полимеризоваться при контакте с пластовой водой, затвердевать и надёжно закупоривать каналы поглощения;

и) перекрывают зоны поглощения обсадными трубами (как крайняя мера).

Способ ликвидации поглощения или комбинацию способов выбирают в зависимости от удельной интенсивности поглощения и с учётом возможной

технико-экономической эффективности их. Если в скважине вскрыто несколько зон поглощения значительной интенсивности, как правило, лучший результат достигается, когда каждую зону изолируют индивидуально, предварительно разобшив её от других проницаемых горизонтов, например, пакером³².

2. Газо-, нефте-, водопроявления

К таким **проявлениям** относят самопроизвольный излив бурового раствора, пластового флюида, различной интенсивности (перелив, выброс, фонтан) через устье скважины по межтрубному пространству, бурильным трубам, межколонному пространству либо заколонному пространству за пределами устья скважины (грифоны).

Чем раньше выявляются эти признаки, тем выше возможность их предупреждения. О начале газо-, нефте- и водопроявлений можно судить по повышению уровня жидкости в приемной емкости, появлению нефтяной пленки и газовых пузырей в буровом растворе, снижению его плотности, изменению реологических свойств и химического состава фильтрата, переливу через устье при прекращении циркуляции, возгоранию факела на отводе от превентора³³, показанию и сигналам газокаротажной станции, и по повышению давления на устье.

Пластовые жидкости и газы могут поступать в скважину, прежде всего, если пластовое давление хотя бы в одном из горизонтов будет выше давления, создаваемого на него промывочной жидкостью. Приток жидкостей и газов может возникнуть при вскрытии объекта с повышенным коэффициентом аномальности, при плохом контроле за плотностью и дегазацией промывочной жидкости, при понижении уровня жидкости в скважине в результате поглощения либо во время подъема колонны труб без долива, при быстром подъеме колонны труб (особенно с алмазным или одношарошечным долотом, с сальником на долоте либо замках, с пакером и т. д.). Интенсивность притока зависит от перепада давлений, проницаемости приствольной зоны пласта, свойств пластовых жидкостей и газов и других факторов.

³² **Пакер** - приспособление в буровой скважине для перекрытия и герметизации отдельных зон скважин (нефтяных, газовых, водяных, геологоразведочных), известны разновидности: забойные, разобшители, изолирующие. Забойный пакер с клапаном-отсекателем пласта устанавливается на длительный период эксплуатации скважины в забое (над её фильтровой частью) для предотвращения самопроизвольного аварийного фонтанирования во время подземного ремонта (из-за высокого пластового давления, при поломке узлов фонтанной арматуры и т. п.). Пакеры-разобшители используются для разобщения полостей буровой скважины, соединённых с разными продуктивными горизонтами, для извлечения пластовой жидкости (газа) отдельно из каждого горизонта по стволу одной скважины без смешивания добываемой жидкости (газа), а также отдельной закачки в разные пласты жидкости или газа по одной скважине. При активно абразивном или сильно коррозионном воздействии пластовой жидкости (газа, воды) на эксплуатационную колонну скважины применяют пакеры, изолирующие затрубное пространство и позволяющие направить весь поток добываемой жидкости по центральному ряду подъёмных труб.

³³ **Превентор** - устройство для герметизации устья буримой скважины; служит для предотвращения открытого фонтанирования нефти или газа.

Если газоносный пласт трещиноват, то в процессе бурения в трещины поступает значительное количество промывочной жидкости, которая смешивается в них с пластовым газом. При понижении давления в скважине (например, при подъёме бурильной колонны) часть поглощенной жидкости вместе с содержащимся в ней газом из трещин возвращается вновь в ствол. Это одна из **основных причин появления** в скважине газированной промывочной жидкости.

После восстановления циркуляции по мере продвижения газированной промывочной жидкости к устью, т.е. в область пониженного давления, - содержащийся в ней газ расширяется, объёмное соотношение (газа к жидкости) возрастает. В результате давление, оказываемое столбом промывочной жидкости на стенки скважины и пластовые жидкости и газы, уменьшается, особенно на сравнительно **небольших глубинах** (до 1000-1500 м); разность между пластовым давлением и давлением в скважине увеличивается, что способствует интенсификации притока жидкостей и газа из пласта.

Как только порция газированной жидкости оказывается на глубине нескольких сот метров от негерметизированного устья скважины, - происходит бурное расширение пузырьков газа. При этом часть промывочной жидкости из скважины может быть выброшена, а давление на стенки скважины скачкообразно уменьшится. Часто подобные выбросы переходят в открытое **фонтанирование**.

Лучшим средством для удаления газа из промывочной жидкости – являются **вакуумные дегазаторы**. Их целесообразно использовать также для удаления из промывочной жидкости воздуха, вовлекаемого в неё при некоторых видах химической обработки, а также при бурении с промывкой азрированными растворами.

Газо-нефте-водопроявления не только нарушают процесс бурения, но и являются причиной аварий. При интенсивных газо-нефтепроявлениях часто разрушаются устья скважины и буровое оборудование, возникает пожар. При нефте- и газопроявлениях большую опасность представляют **самовозгорание**, образование взрывоопасной смеси с воздухом, отравления. Особенно опасны выбросы сероводорода, поскольку даже при очень небольших его концентрациях ($0,001 \text{ мг/дм}^3$) уже нельзя работать без специальной защиты. При высоких концентрациях сероводорода (5-25%) или углекислого газа возникает **опасность коррозии** (что приводит к обрыву труб и разрыву обсадных колонн), тогда необходимо повысить запас прочности оборудования, использовать специальных, обычно низколегированные, малоуглеродистые, прошедшие вторичную термическую обработку стали для изготовления труб и всей арматуры; применять специальные покрытия; вводить ингибиторы коррозии; конструировать оборудование для сбора и удаления сероводорода

При проявлениях нефти или высокоминерализованной пластовой воды происходит загрязнение территории вокруг буровой и расположенных вблизи водоёмов, уничтожается растительность, а при содержании в воде сероводорода и других отравляющих веществ возникает угроза для персонала буровой и населения.

Итак, для **предотвращения** притока пластовых жидкостей и газов в скважину, выбросов и фонтанирования необходимо:

1) герметизировать устье скважины превенторами, следить за их исправностью и работоспособностью, проверять надёжность системы управления ими и своевременно устранять выявленные дефекты;

2) систематически контролировать качество промывочной жидкости, выходящей из скважины, а с момента подхода к горизонту со значительно повышенным коэффициентом аномальности – следует непрерывно контролировать плотность выходящего из скважины раствора и величину газосодержания;

3) применять промывочные жидкости с небольшой водоотдачей (не более 2-3 см³ за 30 мин), с возможно меньшим (но достаточным для удержания во взвешенном состоянии утяжелителя) статическим напряжением сдвига, нулевым суточным отстоем и небольшим предельным динамическим напряжением сдвига – для вскрытия горизонтов со значительно повышенным коэффициентом аномальности (особенно газоносных);

4) увеличивать плотность промывочной жидкости в скважине до уровня, достаточного для поддержания небольшого избытка давления в скважине над пластовым, но обязательно меньшего того, при котором возможно расслоение (или разрыв) пород и поглощение раствора – перед вскрытием горизонтов с повышенным коэффициентом аномальности;

5) тщательно дегазировать промывочную жидкость, выходящую из скважины, а при значительном увеличении газосодержания целесообразно приостановить углубление скважины и, не прекращая промывки, заменить газированную жидкость на свежую с повышенной плотностью;

6) иметь на буровой запас промывочной жидкости того качества, которое требуется для вскрытия горизонтов с повышенным коэффициентом аномальности (не менее двух-трех объёмов скважины);

7) доливать в скважину промывочную жидкость при подъёме колонны труб с таким расчётом, чтобы уровень её всегда находился возле устья;

8) установить в нижней части бурильной колонны обратный клапан;

9) не допускать длительных простоев скважины без промывки, а при спуско-подъёмных операциях необходимо проводить **промежуточные промывки** – продолжительностью 1-1,5 цикла через каждые 500-1000 м.

При вероятности проявлений принимают следующие **меры**:

а) повышают контроль за состоянием скважины: учащают измерение параметров бурового раствора (плотность, вязкость, температура) и уровня его в приемных ёмкостях;

б) изучают изменение состава шлама, раствора и его фильтрата;

в) проверяют готовность резервного бурового и подпорных шламовых насосов, противовыбросовое и другое оборудование, количество и параметры бурового раствора в запасных емкостях;

г) оценивают состояние обваловки буровой и целесообразность её расширения и укрепления;

д) проводят дополнительный инструктаж буровой бригады, механиков, слесарей, электриков.

Для исключения движения газа по бурильным трубам в них устанавливают обратный клапан, рассчитанный на ожидаемое давление, а также устьевое противовыбросовое оборудование.

В комплект противовыбросового оборудования входят превенторы, аппаратура для дистанционного и ручного управления ими, а также система трубопроводов обвязки с задвижками (или кранами) высокого давления, имеющими дистанционное управление. Устье скважины в любом случае следует оборудовать **противовыбросовой арматурой** – превенторами (плащечный или универсальный превентор), позволяющими герметизировать кольцевое пространство между бурильными трубами (невращающейся ведущей трубой) и опущенной ранее обсадной колонной, между вращающейся ведущей трубой и обсадной колонной (вращающийся превентор) или полностью закрыть устье при отсутствии бурильных труб в скважине (глухой превентор). При наличии превенторов со штуцерами, регулируемые вентилями на отводах, и обратного клапана в спущенных бурильных трубах, удаётся достаточно продолжительное время регулировать давление на забой даже при отсутствии подачи бурового раствора, - изменяя давление на устье и количество выходящей через устье жидкости или газожидкостной смеси. Но при этом надо иметь в виду, что **высота пола** буровой (роторного стола) определяется числом и высотой превенторов, крестовин и направляющей воронки, длиной и уклоном желобов, необходимостью устанавливать некоторые очистные устройства. Но чем выше пол буровой, тем тяжелее и дороже буровое основание.

Важно знать **особенности работы с противовыбросовой арматурой**. Так, при полном закрытии устья на длительное время (на несколько часов) возможно постепенное повышение давления газа под превенторами на устье скважины. Оно может приблизиться к пластовому и может вызвать разрушение устьевого оборудования, обсадных колонн, разрыв пластов и поглощение бурового раствора; могут быть поступления газа в другие пласты, сложенные менее прочными породами, движение газа по трещинам и межколонному пространству. Всё это приведёт к ещё более сложным межколонным и заколонным проявлениям и грифонам.

Однако для исключения проявлений практически всегда целесообразно **заменить** смешанный с нефтью, водой и газом, нестабильный, вязкий, малой плотности раствор в скважине – на новый раствор, отвечающий всем требованиям для последующего углубления и крепления скважины. Как раз противовыбросовое оборудование даёт возможность приготовить новый раствор и закачать его в скважину.

Плотность бурового раствора должна поддерживаться такой, чтобы гидростатическое давление в скважине превышало пластовое примерно **на 2÷15%**. Важно отметить, что для достижения высоких показателей механического бурения, снижения расхода глины, утяжелителей, химических реагентов, исключения закупорки продуктивного пласта следует всегда поддерживать **минимальное превышение давления** в скважине над пластовыми. На практике часто нерационально принимают избыточный запас давления, тем самым ис-

кусственно снижая скорость проводки скважин, увеличивая вероятность осложнений и ухудшая качество вскрытия продуктивного пласта.

Если в растворе обнаруживается газ, то приостанавливают углубление скважины, чтобы не увеличивать приток, а также исключить дальнейшее поступление газа вместе со шламом, и тогда, не поднимая колонну из скважины, проводят промывку, дегазируя раствор. По возможности промывку усиливают, подключая резервный насос. Увеличение расхода жидкости на промывку уменьшает концентрацию газа и повышает противодавление на газовый пласт за счёт роста потерь напора в кольцевом пространстве при увеличении плотности смеси. Причем, чем ниже спущена буровая колонна и чем ближе к газовому пласту находится нижний (открытый) её конец, тем эффективнее промывка. Поэтому если при обнаружении признаков проявления буровая колонна окажется поднятой, её немедленно надо спускать в скважину.

При длительном поступлении больших объёмов газожидкостных смесей, содержащих твердые частицы (особенно песок), и при движении их через пре-вентор с большой скоростью – возможно быстрое изнашивание отводов, вентилялей, что может привести к потере контроля над скважиной.

Ликвидация газо-, нефте-, водопроявлений

Если принятых мер для предупреждения проявления оказалось недостаточно, и оно всё же началось, то необходимо уточнить пластовое давление, местонахождение проявляющего пласта или пропластка, наличие тектонически нарушенных зон, давление гидроразрыва вскрытых пластов, характер изоляции и параметры поглощающих пластов.

На малоизученных разведочных площадях пластовое давление после начала проявления может быть оценено по давлению на устье (P_y) при закачке в спущенную колонну свежего раствора с очень небольшим расходом, когда гидравлическими потерями можно пренебречь:

$$p_{пл} = p_{гр} + \Delta p_k + p_y$$

где $P_{гр}$ – давление столба раствора с газом в буровой колонне;

ΔP_k – перепад давления, необходимый для открытия обратного клапана;

P_y – давление на устье.

Местонахождение и мощность проявляющего горизонта часто устанавливают геологи по аналогии с соседними скважинами и по геологическим, геофизическим данным, а также получают сами буровики с помощью специальных приборов (см. учебную дисциплину «Технологические измерения»).

Анализ состава и свойств поступающих из пласта флюидов проводится известными методами изучения состава и свойств буровых растворов, их газового и хроматографического анализа. При возникновении пожара **по цвету пламени** выделяют: чисто газовый фонтан (светло-желтый), нефтяной (чёрный дым и оранжевый цвет), газонефтяной (оранжевый цвет, временами чёрный дым).

Количество поступающего флюида относительно легко оценить по пластовому давлению, давлению на устье, высоте и сечению фонтанирующего

столба, размеру штуцеров и сечению регулировочных вентилях, объёму заполняемых ёмкостей (земляных амбаров, обвалованной площади вокруг буровой).

При газопрооявлениях, особенно открытых, **дебит** его оценивается ориентировочно. При выбивании газа из-под уровня жидкости учитывается размер образующейся воронки. По интенсивности выделяют слабые фонтаны – с дебитом газа до 0,5 млн. м³/сут (высота пламени 50 м), средние – 1 млн. м³/сут (высота пламени до 70 м), мощные – свыше 1 млн. м³/сут (высота пламени свыше 70 м). Нефтяные фонтаны такой же интенсивности оцениваются по эквиваленту: 1000 м³ газа – соответствует 1 т нефти, при этом высота пламени несколько выше.

По степени сложности работ, с точки зрения выбора технологических способов ликвидации проявлений, выделяют фонтаны без потери базы (фонтаны неосложнённые) – если имеется неповрежденная обсадная колонна, колонный фланец, спущенные в скважину бурильные трубы, и с потерей базы (осложнённые) – часто сопровождающиеся пожарами.

По установленному пластовому давлению подбирают плотность бурового раствора, достаточную для ликвидации проявления. При этом **величину превышения** гидростатического давления над пластовым – выбирают с учётом глубины залегания проявляющего горизонта и состава флюида, обычно достаточно превышения на 2-5%.

Если выброс произошёл, когда в скважине **не было бурильной колонны**, тогда необходимо попытаться срочно спустить хотя бы несколько свечей бурильных труб, закрыть превентор и закачивать утяжелённую промывочную жидкость. Если же спустить трубы невозможно, превентор закрывают и через боковой отвод устьевого обвязки в скважину задавливают раствор.

Если не удалось предотвратить приток пластовых жидкостей и газов и произошел выброс, когда в скважине **находилась бурильная колонна**, - тогда следует срочно закрыть превентор, направить выходящую из скважины струю жидкости через боковой отвод устьевого обвязки, оборудованный штуцером³⁴. И через бурильные трубы закачивать негазированную промывочную жидкость повышенной плотности – чтобы поднять давление на проявляющий горизонт выше пластового и ликвидировать приток.

Особой четкости требует ликвидация проявления большой мощности, особенно газового, **при потере базы**. В этом случае первоочередная задача – создание базы. Если работы на устье фонтанирующей скважины невозможны, то прибегают к воздействию на её призабойную зону через соседние, ранее пробуренные (или специально наклонно пробуренные), эксплуатационные скважины – путём усиления отбора жидкости из пласта. Специально пробуренные наклонные скважины соединяют с призабойной зоной фонтанирующей скважины

³⁴ **Штуцер** - деталь трубопровода или его соединительного узла, представляющая собой втулку, один из концов которой имеет внутреннюю или наружную резьбу для крепления к различным ёмкостям или трубопроводам. Форма другого конца штуцера зависит от способа присоединения к последующим деталям. Штуцером называют также отрезок трубы небольшого диаметра (10-20 мм) для выпуска воды или воздуха, отбора жидкости из трубопровода - с целью измерения её давления.

посредством гидроразрыва и через которые затем глушат фонтан нагнетанием воды или утяжелённого раствора. После этого восстанавливается база, и затем продолжается бурение.

Если восстанавливать базу уже нецелесообразно, то фонтанирующая скважина ликвидируется – заливкой тампонажного раствора. Иногда бурением наклонной скважины и последующим гидроразрывом (или взрывом) удаётся попасть непосредственно в ствол фонтанирующей скважины. В этом случае часто необходимо закачивать гораздо больше жидкости, чем есть в запасе, поэтому сначала с помощью буровых насосов и насосов цементировочных агрегатов подают воду с расходом, достаточным для прекращения поступления флюида из пласта, а затем закачивают утяжеленный раствор для окончательного задавливания фонтана.

Вода смешивается сначала с большим количеством газа, и противодействие на проявляющий пласт создается преимущественно трением высокоскоростного потока водогазовой смеси о стенки скважины и о колонну труб. Однако, как только противодействие на пласт станет больше чем давление, возникающее при движении по стволу чистого газа, тогда немедленно начнёт снижаться поступление газа из пласта. Причём, чем больше **скорость подачи** воды, тем скорее и значительнее снизится поступление газа, меньшим будет и общий расход воды на глушение фонтана.

Открытые фонтаны часто сопровождаются **пожарами**, поскольку возможно самовозгорание от соприкосновения газа или нефти с необесточенными и недостаточно защищенными электроприборами и оборудованием, от удара твердых частиц, несущихся с фонтанной струей, об оборудование, от неосторожности персонала. Важнейшая задача при начавшемся пожаре – сохранение базы, также очень важно обеспечить работу насосов, так как наличие базы и возможность подачи жидкости на забой позволят управлять скважиной, глушить фонтан, потушить пожар. Если интенсивность фонтана и пожара таковы, что немедленно заглушить фонтан невозможно, принимают меры к быстрому растаскиванию вышки, лебёдки, ротора и другого оборудования от устья, поскольку при их наличии погасить пожар не удаётся: соприкасаясь с нагретыми поверхностями, газ или нефть вновь загораются.

Тушение фонтана большей частью осуществляется **отрывом пламени** от вновь поступающего газа или нефти с помощью мощных струй отходящих газов реактивных двигателей, воды или взрыва. При особо мощных фонтанах (много миллионов кубических метров газа в сутки) приходится прибегать к бурению наклонных стволов (куста) к забою проявляющей скважины. Расход и число скважин куста устанавливают с учётом возможного гашения пожаров имеющимися в районе средствами пожаротушения.

Грифоны

Грифоны представляют собой связанные с проводкой скважины – газо-, нефте-, и водопроявления, но **за пределами устья**. *Межколонными* проявлениями называются переливы, выбросы и фонтаны через кольцевое простран-

во между обсадными колоннами. **Заколонные** проявления относятся к проявлениям за обсадной колонной, за кондуктором, направлением – в пределах устья.

Все эти проявления наблюдаются визуально. Лишь при очень рыхлых грунтах и выходах трещин непосредственно на земную поверхность, невысоких давлениях – возможны необнаруживаемые скопления газа.

Грифоны возникают при движении вверх газа, нефти или воды из пластов с относительно высоким давлением по естественным трещинам в зоне тектонических нарушений, пересекаемых скважиной в процессе бурения или расположенных вблизи от ствола. Межколонные проявления и иногда грифоны образуются и при поступлении флюида из нижних высоконапорных пластов в верхние по заколонному пространству, неизолированному цементным раствором.

Такие осложнения обычны при проводке и креплении скважин в **многолетнемёрзлых** породах, так как тёплый буровой раствор и выделяющееся при гидратации, схватывании и твердении цементного раствора тепло – способствуют таянию льда, поэтому за обсадной колонной в горных породах и образуются каналы, заполненные водой.

Другими **причинами** заколонных и межколонных проявлений могут быть: проникновение за колонну газа через неплотности в резьбовых соединениях обсадных труб; поступление флюидов из одних горизонтов в другие в процессе проводки скважины и, особенно, при перерывах в бурении, резких колебаниях давления при промывке, спуске и подъёме инструмента.

Грифоны и межколонные проявления более опасны, и ликвидация их более трудоёмка, чем проявления той же интенсивности через устье, т.к. воздействовать на них можно лишь косвенно, через бурящиеся или ранее пробуренные скважины. Кроме того, грифоны могут возникнуть вокруг других промышленных объектов и жилья.

Способы предупреждения и ликвидации грифонов

При межколонных проявлениях устанавливают **место притока** по давлению на устье, изменению температуры в интервале движения флюида за колонной и другими геофизическими методами, создают в колонне отверстия с помощью перфораторов и сверлящих керноотборников, закачивают буровой раствор для глушения проявления, а затем закачивают цементный раствор.

Для **предупреждения** грифонов, заколонных и межколонных проявлений необходимо:

1) место заложения и проектный профиль скважины подбирать с учётом расположения трещин и других тектонических нарушений, стараясь по возможности обходить их;

2) надёжно изолировать все высоконапорные и поглощающие пласты, обеспечить подъём цементного раствора за кондуктором до устья, а за другими обсадными колоннами – минимум до перекрытия башмака предыдущих колонн;

3) обеспечить герметичность всех обсадных колонн, что достигается применением соответствующих труб, герметизирующих смазок для их соединений, креплением последних с контролем крутящего момента;

4) не допускать чрезмерно высоких противодавлений, сальникообразования, обвалов, иметь достаточно большие зазоры между бурильной колонной и стенками скважины в необсаженном интервале, ограничивать скорость спуска бурильной колонны.

Для **ликвидации** начавшегося грифона необходимо: уточнить, через какую из скважин питается грифон; по возможности уменьшить давление на нарушенный трещинами пласт; увеличить отбор из газоносного пласта (если это другой пласт) через соседние скважины, а при необходимости обеспечить временный отбор газа даже из бурящейся скважины, чтобы затем изолировать нарушенный трещинами пласт и проявляющий газоносный горизонт – например, закачкой в них цементного раствора или другого тампонажного материала либо спуском обсадной колонны.

3. Желобо-, обвало- и кавернообразования

Желобообразование представляет собой одностороннее изнашивание стенки необсаженного, невертикального участка ствола скважины – при многократных спусках, подъемах и расхаживаниях бурильной колонны.

При образовании желобных выработок: 1) увеличивается площадь контакта труб со стенками скважины; 2) возрастает нагрузка на крюке, дольше выполняется спуск и подъем бурильной колонны; 3) повышается потребный момент на холостое вращение колонны, меньше мощности передаётся на долото при роторном бурении; 4) происходит зависание колонны (т.е. осевая нагрузка, определяемая по индикатору веса, не полностью передается на долото), ослабляется контроль за работой и состоянием долота; 5) возникают посадки, которые могут вызвать самопроизвольное открывание элеватора и отрыв колонны; 6) возможны заклинивания, прихват и слом бурильной колонны; 7) при креплении скважин возникает опасность заклинивания обсадной колонны, снижения качества цементирования из-за плохого вытеснения глинистого раствора и удаления его корки из желобов.

Если желоб уже образовался, то можно или проработать желоб или залить его цементным раствором.

К **обвалам** относят нарушения стенок скважин, обусловленные потерей устойчивости горных пород. Выделяют:

1) осыпание слабосвязанных аргиллитов, сланцеватых глин, песков, глинистых песчаников и других более прочных пород, перемятых, разбитых трещинами и залегающих наклонно;

2) сужение – вызванное течением, ползучестью пльвунов, высокопластичных глин, солей, льда; подвижками отдельных крупных кусков и части массива наклонно залегающих пластов, оползней; набуханием легкорастворяющихся в буровых растворах и их фильтрациях глинистых пород; отложением толстых глинистых, шламовых корок при проходке высокопроницаемых пород; обрушением свода над кавернозным участком ствола скважины.

При **кавернообразовании** стенки ствола перестают ограничивать прогиб под действием осевой нагрузки, крутящего момента и вращения потерявшей устойчивость бурильной колонны. Возможен слом бурильных труб, их заклинивание вновь осыпавшейся породой и мгновенно пришедшим в движение шламом при изменении режима промывки и при колебании давления. При течении пород, их обрушении – наблюдается смятие обсадных колонн. Иногда обвалы не удается преодолеть, и тогда скважина уже не достигает проектной глубины.

В результате осыпания и обваливания пород локально расширяется ствол скважины (образуются каверны), существенно затрудняется транспортировка выбуренной и осыпавшейся породы на дневную поверхность, т.к. уменьшается скорость восходящего потока и его подъёмная сила. Возрастает число аварий с бурильными трубами, особенно при роторном бурении, т.к. в зоне каверны увеличивается стрела прогиба и, следовательно, напряжение изгиба. Из-за опасности поломки бурильных труб приходится уменьшать нагрузку на долото, а это ведёт к снижению скорости бурения. Возрастает затраты времени и жидкости на промывку скважины перед подъёмом изношенного долота, на проработку и промывку при спуске нового долота.

Меры предупреждения и прекращения обвалообразования

При неизбежных обвалообразованиях в **трещиноватых** скальных породах целесообразно постепенное вскрытие пласта с периодической заливкой под давлением цементным или полимерцементным (имеющим большую проникающую способность) раствором только что пройденных небольших интервалов (не более десятка метров), а также предварительное укрепление зоны ниже забоя. Известен положительный опыт цементирования уже образовавшихся каверн небольшой мощности (10-15 м) в аргиллитах.

Обваливание породы и сужение ствола скважины вызывает рост давления в насосах при промывке – из-за увеличения гидравлических сопротивлений в местах сужений, а иногда промывка скважины вообще становится невозможной. При обваливании пород и сужении ствола может резко возрасти сила, необходимая для перемещения колонны труб. Иногда перемещение колонны становится вообще невозможным, т.к. возникающие при этом напряжения превышают прочность материала самих труб.

Поэтому для предотвращения этих осложнений необходимо использовать промывочные жидкости только с **малой водоотдачей** и такого состава, чтобы фильтрат её не вызывал заметного снижения прочности и устойчивости пород. Например, целесообразно использовать известково-битумные растворы, а также некоторые обращённые эмульсии и суспензии на базе гидрогелей, т.к. дисперсионная среда из них практически не отфильтровывается и не увлажняет породу.

После длительного простоя скважины без промывки, участки ствола, сложенные проницаемыми породами, следует прорабатывать – для удаления толстых фильтрационных корок.

Заливкой цементным раствором приходится укреплять своды обрушения под башмаками обсадных колонн во избежание ударов и смятия их при подъёме бурильной колонны.

При обвалообразованиях, вызванных или усиленных высокой водоотдачей раствора, активным воздействием фильтрата на неустойчивую породу – необходимо добиваться **снижения водоотдачи**, изменения состава фильтрата путём его **химической обработки** или переходить на промывку другим раствором.

Хорошие результаты даёт введение в раствор калийных, полимеркалиевых, кальциевых реагентов (полимерхлоркалиевые, известково-калиевые, содержащие кремнийорганические добавки), применение пластовых вод и других минерализованных растворов, в которых многие глинистые породы и минералы **не растворяются**, не набухают, не теряют и даже повышают природную прочность и устойчивость. Известен положительный опыт применения силикатных и силикатосолевых растворов со значительной концентрацией жидкого стекла.

Чем отрицательнее действуют на породы фильтраты растворов, тем меньшей должна быть их водоотдача, поэтому успешно применяются глинистые растворы **на нефтяной основе**, прямых и обратных эмульсий. Положительные результаты получены при применении алюмокалиевых растворов для вскрытия неустойчивых глинистых отложений в зоне аномально высокого пластового давления (АВПД), а при невысоком пластовом давлении – растворов на основе алюминиевых мыл жирных кислот. Известны случаи успешного вскрытия с **продувкой воздухом** сильно перемятых известняков, обваливающихся при бурении с промывкой растворами.

4. Затяжки, заклинивания и прихваты

Нередко для подъёма колонны труб из скважины требуется приложить усилие, значительно (на 15-20% и более) превышающее вес самой колонны и близкое к предельному по прочности труб. Под **прихватом** бурильной колонны понимается невозможность подъёма её из скважины при технически допустимых натяжениях. Предельные нагрузки определяются прочностью бурильных труб или других наиболее слабых элементов колонны, подъёмного оборудования, вышки. Обычно не разрешается подвергать материал труб оборудования напряжениям, равным **пределу его текучести**, поскольку после этого ограничиваются области их эксплуатации или они списываются. После превышения напряжений возможны обрывы и слом бурильной колонны. Прихват может быть вызван нарушением технологии бурения или недостаточно правильным учётом особенностей геологического строения месторождения, литологического состава и свойств горных пород при разработке технологии бурения. Иногда при попытке устранить прихват прилагают чрезмерно высокое усилие, и колонна обрывается, тогда прихват усугубляется аварией.

Под **затяжкой** бурильной колонны при её подъёме понимается значительное увеличение нагрузки на крюке, при которой всё же, по нормам, разрешается поднимать бурильную колонну.

Посадка колонны – существенное снижение нагрузки на крюке. Обычно выделяют уменьшение нагрузки на крюке в процессе спуска бурильной колонны при прохождении сужений, желобов, уступов (в отличие от **разгрузки** колонны при достижении ею забоя), когда колонна при технически допустимой разгрузке на крюке не доходит до забоя.

Определяющий признак затяжек, заклиниваний, прихватов – увеличение нагрузки на крюке при подъёме колонны, повышение крутящего момента при её холостом вращении. Эти осложнения отнимают много времени на подъём и спуск бурильной колонны, создают дополнительные напряжения в её элементах, сокращают срок их эксплуатации, могут вызвать обрыв колонны. Отрицательно сказывается это и на работе бурового оборудования.

Существует несколько **причин прихватов** колонн бурильных и обсадных труб.

1. Высокое избыточное давление столба промывочной жидкости со значительной водоотдачей. Стволы скважин почти всегда хотя бы немного искривлены и если колонну труб оставить в покое в такой скважине, то она под действием силы тяжести прижмётся к стенке, при этом фильтрационные корки будут уплотняться. Чем больше водоотдача, тем толще корка, тем больше величина деформации её под действием труб, и тем больше площадь контакта колонны с коркой. В результате, проникновение в эту зону фильтра промывочной жидкости затруднено. Поэтому давление, создаваемое на колонну столбом промывочной жидкости, оказывается гораздо больше порового давления. Возникает сила, ещё более прижимающая колонну к стенкам скважины и зависящая от величины перепада давлений и площади контакта её с уплотнённой фильтрационной коркой, а также от длительности оставления колонны в покое.

2. Образование желобов в стенках скважины, сложенных достаточно прочными породами, особенно на участках интенсивного искривления ствола. Такие желоба обычно вырабатываются в стенках скважины бурильными замками во время спуско-подъёмных операций.

3. Обваливание и осыпание горных пород.

4. Образование сальника из кусков толстых фильтрационных корок, содранных со стенок скважины при перемещении колонны

5. Образование сальника из обломков выбуренных пород, выпавших из восходящего потока промывочной жидкости из-за резкого снижения его скорости в местах значительных расширений ствола скважины (например, в кавернах, желобах) либо при нарушении нормальной циркуляции (например, в результате размыва резьбового соединения труб).

Меры предупреждения и ликвидации затяжек, заклинивания и прихватов

Для исключения прихватов не следует допускать других осложнений (обвалообразований, поглощений, желобообразований, проявлений, резких перегибов ствола) – непосредственно вызывающих или усугубляющих прихват. Для предупреждения прихвата под действием перепада давления в системе скважина-пласт необходимо бурить с промывкой **растворами низкой плотности**, чтобы давление в скважине было меньше, равно или лишь незначительно превышало давление в вскрываемых пластах.

Основными **мероприятиями по предупреждению** возникновения затяжек и прихватов являются:

- использование промывочных растворов с небольшой (не более 3-5 см³ за 30 мин) водоотдачей и возможно меньшим содержанием грубодисперсной твёрдой фазы;
- снижение до минимума избыточного давления в скважине;
- предотвращение желобообразования, в первую очередь, путём значительного сокращения числа спуско-подъёмов;
- тщательная очистка промывочной жидкости от шлама на поверхности, применение забойных шламоуловителей для удаления крупных выбуренных обломков из потока вблизи забоя;
- соблюдение мер по предотвращению осложнений (см. выше);
- уменьшение липкости³⁵ фильтрационных корок эмульгированием промывочной жидкости, введением смазочных добавок или некоторых ПАВ (например, 1-3% водного раствора сульфонола).

Если главной причиной прихвата является высокий перепад давлений, то для ликвидации осложнения необходимо существенно понизить избыточное давление в скважине и уменьшить силу трения колонны о фильтрационную корку. Для этого обычно в скважину **закачивают порцию нефти** или раствора на нефтяной основе (объём порции равен примерно 1,5-2 объёмам ствола от забоя до верхней точки прихвата) и, спустя несколько часов, вращением и расхаживанием пытаются освободить колонну. Перед проведением такой нефтяной ванны устье скважины следует герметизировать превентором. Иногда к нефти и раствору на нефтяной основе добавляют специальные присадки, уменьшающие силы прижатия труб и силы трения.

Положительные результаты получены и при применении обработанных специальными реагентами глинистых растворов, образующих на стенках

³⁵ **Липкость** (клейкость) - способность высоковязкой жидкости или упруго-пластично-вязкого тела прочно удерживаться на твёрдой поверхности в виде достаточно толстого слоя. Липкими называются тела и образующие их вещества, сочетающие адгезионные свойства, т.е. способность прилипать к данной поверхности, с достаточно высоким сцеплением молекул внутри прилипающего тела. Липкость особенно характерна для растворов или расплавов высокомолекулярных соединений, естественных и синтетических смол, дисперсных систем, включающих в свой состав полимеры. Липкость - полезное свойство клеев, лаков, красок, замазок, некоторых смазочных и уплотняющих составов. Уменьшить или полностью устранить липкость можно ослаблением молекулярного взаимодействия поверхности с веществом прилипающего материала (см. лиофильность и лиофобность), для этого обычно используют различные ПАВ.

Лиофильность и лиофобность (включает гидрофильность и гидрофобность) - характеристики способности веществ или образуемых ими тел к межмолекулярному взаимодействию с жидкостями. Интенсивное взаимодействие, т.е. достаточно сильное взаимное притяжение молекул вещества (тела) и контактирующей с ним жидкости, характеризует лиофильность; а слабое взаимодействие - лиофобность. Лиофильные вещества (тела) растворяются в данной жидкости, набухают в ней или хорошо смачиваются. Лиофобные вещества (тела), напротив, не растворяются и не набухают в жидкости, а также плохо смачиваются ею. Вещества или поверхности тел, проявляя лиофильность к одним жидкостям, могут быть лиофобными по отношению к другим (например, парафин, сажа и некоторые пластмассы).

скважины **малопроницаемую** тонкую, с низкой липкостью, фильтрационную корку.

Другое эффективное направление предупреждения прихватов – **повышение смазывающих свойств** буровых растворов. Добавление нефти (5-12%), смад (1-4%), технических спиртов, графита (0,5-1,5%), глин контактной очистки масел (2-10%), нефтешламовых отходов промыслов особенно эффективно при наличии в разрезе высокопроницаемых песчаников и глин, набухающих в водных растворах. В этих же породах практически исключаются прихваты при использовании растворов на нефтяной основе и обращенных эмульсий. Хорошие результаты дают и прямые эмульсии, особенно приготовленные с применением глинопорошков, предварительно насыщенных нефтью, а также глин контактной очистки масел. Смазывающая способность этих материалов ещё больше повышается при введении специальных присадок.

Для предупреждения прихватов важную роль играют хорошая **очистка растворов и ствола от шлама**; удаление рыхлой, толстой, высокопроницаемой, липкой корки со стенок; периодическое вращение и расхаживание буровой колонны.

При отключении энергии, ремонте двигателей необходимо предусмотреть возможность приподнять колонну и проворачивать её ротором. Во всех случаях надо добиваться **быстрого проведения работ**, поскольку со временем прихват может усилиться, охватывая новые интервалы.

Первая мера при прихвате – недопущение распространения его. С этой целью необходимо **расхаживать** буровую колонну с усилием в пределах технически допустимых норм, **проворачивать** её ротором, а если вращения нет, то периодически создавать допустимый крутящий момент (**отбивка ротором**).

Если циркуляция восстановлена, то надо продолжать **промывку** с введением в раствор смазывающих добавок, с удалением шлама, облегчением раствора до допустимого значения плотности.

Если расхаживания, отбивка ротором в течении нескольких часов не дают результата, то применяют последовательно более действенные, но и более трудоёмкие методы. Иногда в циркуляционной системе при работе буровых насосов с отключенными пневмокомпенсаторами возбуждают **гидродинамические импульсы давления**. Особенно большой мощности импульсы могут быть созданы с помощью специальных клапанов, позволяющих закрывать и открывать полость буровых труб в нижнем и в верхнем сечениях, после предварительного повышения давления в трубах на 10-30 МПа. При открывании клапана внизу ударная волна проходит вверх, при открывании верхнего клапана – вниз. Одновременно изменяется радиальная деформация труб, уменьшается сцепление их со стенками скважины и фильтрационной коркой.

Также широко применяется установка в интервале прихвата в желобе водяных, нефтяных и **кислотных ванн**. Нефть и вода, проникая в пространство между колонной и стенками скважины, снижают липкость корки и уменьшают трение. При бурении с промывкой карбонатными растворами и при прихватах в карбонатных породах делают солянокислотную ванну, в которой растворяется карбонатная корка.

При невозможности освободить бурильную колонну принятыми мерами – её **вынимают по частям**, отвинчивая с помощью правого или левого инструмента, применяя торпеды, а иногда и фрезерование кольцевой фрезой, чтобы освободить инструмент от шлама или обвалившейся породы.

5. Искривления скважин

В процессе бурения ось скважины самопроизвольно или специально отклоняется от вертикали. По величине отклонения скважины делятся на две группы: вертикальные и наклонные. К вертикальным относятся скважины, оси которых имеют незначительные (до 2-3°) и плавные отклонения от вертикали и проходят вблизи её. Ко второй группе относятся скважины со значительными отклонениями (до 60°, иногда до 90° и более) и со значительными смещениями забоя в плане (от десятков до сотен метров). Такие скважины принято называть наклонными, искривленными. Искривление скважины происходит в том случае, когда на долото действует отклоняющая сила.

Скважины, наклонный ствол которых предусмотрен проектом и осуществляется с помощью специальных технических средств, называются **наклонно-направленными**. **Искривленными** называются скважины, наклонный ствол которых проектом не предусмотрен, а получен в результате неправильного или недостаточного учёта геологических факторов или из-за технологических упущений.

Пространственное положение оси скважины оценивают по известным координатам отдельных её точек, измеряемых с помощью геофизических приборов через каждые 20-50 м. Координаты устья скважины, т.е. самой верхней точки оси, определяют топографической маркшейдерской службой, и они известны ещё до начала строительства скважины. При бурении необходимо **знать фактическое положение ствола** скважины в пространстве, которое может быть установлено, если известны зенитный угол, азимут и глубина. Для получения информации об искривлении скважины применяется измерительная аппаратура, позволяющая определять положение оси ствола скважины в пространстве. Принцип действия этих приборов основан на использовании гравитационного и геомагнитного полей Земли. Чувствительными элементами у них являются отвес и магнитная стрелка. Это приборы — **инклинометры**, позволяющие оценивать зенитные и азимутальные углы одновременно с передачей информации на поверхность по специальному каротажному кабелю. По этому же кабелю определяется и глубина замеров.

Часто один и тот же технологический фактор может влиять на искривление в противоположных направлениях. Обычно с увеличением зенитного угла азимут становится более устойчивым.

В процессе бурения искривленной вертикальной скважины проявляются **осложнения**:

1) нарушается проектная сетка размещения забоев скважин, что может привести к снижению их суммарного дебита, коэффициента нефтеотдачи пла-

стов, необходимости бурения дополнительных скважин с целью извлечения оставшихся объёмов нефти; удлиняется ствол скважины;

2) более интенсивно изнашиваются бурильные трубы, бурильные замки и соединительные муфты, что приводит к увеличению числа аварий с бурильной колонной;

3) осложняются спуско-подъёмные работы из-за затяжек бурильной колонны (при её подъёме) и посадок (при её спуске в скважину);

4) более вероятны желобообразования и обвалы пород из-за интенсивного трения бурильной колонны о стенку искривленного ствола скважины;

5) больше мощности расходуется на вращение бурильной колонны;

6) истираются обсадные трубы промежуточной колонны (кондуктора);

7) затрудняется спуск обсадных колонн в скважину, что может привести к недоспуску их до проектных глубин;

8) увеличивается опасность смятия труб обсадных колонн в местах резких искривлений ствола скважины;

9) осложняется цементирование обсадных колонн, т.к. в искривленной скважине более вероятно прилегание колонны к одной стороне ствола скважины и поэтому будет неравномерным заполнение цементным раствором затрубного пространства;

10) увеличивается необходимый объём инклинометрических измерений в скважине и затрудняется производство этих работ; осложняется контроль за нагрузкой на долото вследствие зависания бурильной колонны;

11) осложняется добыча нефти, особенно при глубиннонасосной эксплуатации (разрыв штанг, протирание насосных и обсадных труб, увеличение нагрузок на трубы и станки-качалки).

Изучение **причин искривления скважин** показывает, что оно происходит в результате совместного действия факторов трёх групп: геологические, технические и технологические.

К **геологическим** условиям, вызывающим искривление ствола скважин, относятся:

- анизотропность, слоистость, сланцеватость, трещиноватость горных пород;
- перемежаемость пород различной твёрдости и изменение наклона пластов к горизонту;
- тектонические нарушения, каверны и пустоты в проходимых пластах;
- напряжённое состояние пород
- твёрдые включения (валуны, крупный галечник) в проходимых пластах.

К **техническим** причинам относятся:

- несовпадение оси вышки с осью ротора и осью направления;
- плохое центрирование кронблока по отношению к оси вышки;
- наличие изогнутых бурильных труб и ведущей трубы в бурильной колонне;
- наличие перекоса в резьбовых соединениях бурильной колонны (особенно в её нижней части);

- применение породоразрушающих инструментов нерациональной конструкции;
- применение коротких турбобуров, турбодолот или других забойных двигателей в часто перемежающихся по твердости, а также в неоднородных и анизотропных породах
- использование несоответствующего режима данным условиям бурения.

К основным **технологическим** причинам относят:

- потерю устойчивости нижней части бурильной колонны;
- неправильное соотношение диаметров бурильной колонны и скважины;
- нерациональный выбор способа бурения, типоразмера долота и забойной компоновки;
- неправильный выбор количества, мест установки и конструкции приспособлений, центрирующих нижнюю часть бурильной колонны в скважине;
- применение режима бурения, параметры которого не соответствуют конструкции нижней части бурильной колонны и геологическим условиям залегания горных пород (осевая нагрузка на долото, частота его вращения, расход и качество бурового раствора).

Наибольшие трудности в борьбе с самопроизвольным искривлением скважин встречаются при роторном **способе бурения**. Вращение бурильной колонны не позволяет отцентрировать её в стволе скважины, т.к. центрирующие элементы быстро изнашиваются и диаметр их уменьшается. Сравнительно легко решаются эти вопросы при бурении забойными двигателями. Но и в этом случае в крутозалегающих анизотропных породах возможно искривление ствола скважины, и лишь переход на реактивно-турбинный способ позволяет практически исключить или свести к минимуму искривление скважин. Таким образом, способ бурения – важнейший фактор, влияющий на искривление скважины. Чем больше кривизна, неравномерность разрушения забоя и износ долота, тем больше вероятность искривления.

Предупреждение искривления скважины

Сущность способов предупреждения искривления скважин заключается либо в недопущении (сведение к минимуму) изгиба нижней части бурильной колонны путём центрирования долота её нижней части, а также увеличением жёсткости колонны, либо в намеренном изгибе нижнего направляющего участка колонны в заданном азимуте с помощью методов и средств наклонно-направленного бурения.

Первый способ применяется при бурении в сравнительно однородных породах, спокойно залегающих пластах, а второй – с целью компенсации естественного искривления в наклонно залегающих анизотропных породах или для исправления уже искривлённого ствола.

К числу наиболее распространенных **способов предупреждения** искривления относятся:

а) центрирование нижней части бурильной колонны в скважине; б) создание отклоняющих сил – применением техники и технологии наклонно-направленного бурения; в) увеличение жёсткости и веса нижней части бурильной колонны; г) создание в нижней части бурильной колонки растягивающих усилий; д) использование эффекта отвеса; е) регулирование осевой нагрузки на долото; ж) использование способов разрушения горных пород, при которых осевая нагрузка не вызывает разрушение породы (эрозионное, огневое, взрывное бурение).

Если бы низ колонны удалось расположить в стволе скважины симметрично, без зазоров между трубами и недеформируемыми стенками скважины, то искривление было бы исключено. Однако в реальных условиях зазоры имеются, стенки скважины деформируются, причём тем больше, чем выше осевая нагрузка. Поэтому низ бурильной колонны искривляется, вызывая искривление ствола скважины. **При центрировании** нижняя часть бурильной колонны выполняет роль направляющего участка и препятствует отклонению его от оси скважины, а специальные устройства-центраторы, принимая радиальные усилия от бурильной колонны, передают их на стенки скважины. Чем меньше (лучше полное отсутствие) радиальный зазор между центрирующим устройством и стенками скважины, тем эффективнее нижняя часть колонны и долото центрируются в скважине. Установка центраторов на бурильной колонне в расчётных точках при бурении в породах, склонных вызывать искривление, позволяет повышать осевую нагрузку на долото, уменьшать трение и износ труб.

Безопасность жизнедеятельности при бурении скважин³⁶

Буровые работы имеют специфические **особенности**, например:

- буровые работы производятся непрерывно на протяжении суток в любых погодных условиях (запрещены работы при сильном ветре и низких температурах, что часто не соблюдается);
- удалённость места работы от мест постоянного проживания работников, либо их длительная доставка к месту работы либо «вахтовый метод»;
- находящийся на посту буровой персонал лишь частично защищён от превратностей погоды;
- отдельные процессы и операции цикла строительства скважины отличаются высокой интенсивностью, что создаёт повышенную напряженность и нервозность в работе членов буровой бригады;
- высокое нервно-психическое напряжение вызывает и бурение в осложнённых условиях, сопровождающееся повышением нагрузок на буровое оборудование до предельных величин;
- вероятность возникновения опасных ситуаций при вскрытии нефтегазоносных интервалов с высоким пластовым давлением.

³⁶ По материалам проф. И.С.Калинина.

К специфическим условиям жизнедеятельности геологов-буровиков можно отнести:

- полевые и вахтовые условия, без душа, бани, тёплого туалета, без квалифицированной медицинской помощи, с проживанием в палатке, вагончике или в бараке и т.п.;
- опасность работы с самим буровым оборудованием;
- в зимнее время высокая вероятность обморожения, особенно при спуско-подъёмных операциях - при попадании на одежду промывочного раствора, буровой жидкости, излившейся из поднятых труб и т.д.

Среди **мероприятий**, направленных на повышение безопасности буровых работ (да и любых других горно-геологических работ), наибольшее значение имеют следующие:

- рост квалификации персонала, накопление практического опыта;
- систематический инструктаж по правилам безопасного ведения работ и проверка их знания;
- укрепление дисциплины труда;
- систематический контроль технического состояния оборудования и применяемого инструмента, своевременное проведение техобслуживания (ТО);
- оснащение производства новыми видами контрольно-измерительной аппаратуры, средствами блокировки и противоаварийной защиты и системами автоматической сигнализации о возникновении опасных ситуаций.

Основа безопасности буровых работ - строгое и неукоснительное соблюдение требований, изложенных в "Правилах безопасности в нефтегазовой промышленности", "Единых технических правилах ведения работ при бурении скважин на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях" и в "Правилах пожарной безопасности в нефтяной промышленности".

В соответствии с действующими правилами после завершения монтажных работ всё оборудование опробуется на холостом ходу, и буровая установка принимается специальной комиссией, в которой участвует представитель Ростехнадзора. Составляется акт о вводе в эксплуатацию буровой установки. Рабочие места на буровой оформляются плакатами или знаками по технике безопасности. На буровой необходимо иметь средства пожаротушения по перечню, согласованному с органами пожарного надзора. Периодически проверяется техническое состояние оборудования и буровой вышки. Не реже 1 раза в два месяца буровая вышка осматривается механиком в присутствии бурового мастера. Эксплуатация неисправного оборудования запрещена. К спуско-подъёмным операциям запрещено приступать и проводить их при неполном составе вахты. К работе на буровой допускаются рабочие, которые прошли инструктаж, производственное обучение, стажировку и проверку знаний специально назначенной комиссией.

Безопасность ведения работ при гидравлическом разрыве пласта (ГРП)

Согласно требованиям правил техники безопасности при заезде спецтехники:

1) не допускается заезд спецтехники на кустовую площадку при наличии на ней разливов нефти и мазута, при наличии неисправных устьевых запорных арматур;

2) не допускается расстановка спецтехники, вспомогательного оборудования и прокладка трубопроводных линий высокого давления при производстве работ под линиями электропередачи и эстакад;

3) выхлопные трубы автомашин, применяемых при работах на нефтяных и газовых скважинах, должны быть снабжены искрогасителями;

4) движение автотранспорта на кустовой площадке производится со скоростью не более 5 км/час, движение задним ходом производится только под руководством ответственного должностного лица.

При подготовке и проведение ГРП должны соблюдаться следующие требования правил **техники безопасности**:

1. Не допускаются к работе лица, испытывающие физические недомогания.

2. Не допускаются к работе лица, не достигшие возраста 18 лет, лица не прошедшие вводный инструктаж и инструктаж по техники безопасности на рабочем месте, а так же не прошедшие стажировку.

3. Все работники должны быть обеспечены спецодеждой согласно применяемой рабочей жидкости (противокислотные костюмы при работе с кислотой, брезентовые костюмы при работе на воде или нефти).

4. В момент проведения операции на территории куста не допускаются посторонние лица. Опасная зона отмечается плакатами и красными флажками.

5. Расстановка рабочих и ИТР при гидравлическом разрыве пласта должна быть выполнена в соответствии с технологической картой производства этих работ.

6. Разгрузочные и погрузочные работы с краном-манипулятором выполняются согласно требованиям правил техники безопасности и только лицами, прошедшими обучение и аттестацию и только под руководством ответственного лица.

7. Запрещается пользоваться открытым огнём для отогрева замёрших узлов оборудования в зимний период.

8. Непосредственно перед началом процесса ГРП все смонтированные трубопроводы опрессовываются на ожидаемое рабочее давление с коэффициентом запаса.

9. Перед началом производства ГРП проводится инструктаж на рабочем месте и заполняется наряд-допуск.

10. Во время процесса ГРП каждый работник находится на определённом месте, выполняет поставленную ему задачу и бдительно наблюдает за состоянием спецтехники и всего оборудования. В случае каких либо отклонений от норм и обнаружения разгерметизации линий нагнетания - работник немедленно должен сообщить об этом по рации руководителю работ.

11. При возникновении ситуации, однозначно приводящей к аварии, пожару или угрожающей здоровью людей, - любой, кто первый заметил из участников в процессе ГРП, должен дать команду по радио связи «СТОП ВСЕМ!» и

потом чётко доложить ситуацию для возможности принятия дальнейших мер по предупреждению опасности.

12. Не допускается нахождение обслуживающего персонала ближе, чем за 3 м от линий высокого давления и гидравлических частей насоса во время процесса ГРП.

13. По окончании работ давление в линиях должно быть снижено до атмосферного давления и затем только линия может демонтироваться.

14. Остатки рабочей жидкости во время демонтажа линий следует сливать в специальную ёмкость. Разлив на территории не допускается.

15. Съезд спецтехники производится только по команде руководителя ГРП.

16. При производстве гидравлического разрыва пласта, используя в качестве рабочей жидкости нефть, необходимо обеспечить дежурство пожарной машины и пожарной команды на кустовой площадке в развёрнутом виде для тушения пожара возле наиболее опасной зоны.

При производстве гидравлического разрыва пласта **запрещается:**

- работать неполным численным составом вахты;
- работать в тёмное время суток;
- работать при отсутствии двухсторонней радиосвязи;
- работать с неисправной спецтехникой, при неисправных приборах слежения параметров закачки, при неисправных датчиков давления, электронных блокировок давления и жидкостного контрольного манометра давления в станции управления;
 - при температуре окружающей среды ниже -28°C ;
 - работать без заполнения наряда допуска по всей положенной форме и проведения инструктажа на рабочем месте.

Источниками шума и вибрации на установке ГРП являются насосы, компрессоры. Сильный шум, действуя на органы слуха, может привести к полной глухоте или профессиональной тугоухости. При этом нарушается нормальная деятельность сердечно-сосудистой системы и пищеварительной системы, возникают хронические заболевания, повышается утомляемость человека. Под действием вибрации могут произойти изменения в нервной системе, падение мышечной силы и массы, повышение артериального давления, нарушение остроты зрения, ослабление памяти.

Таблица

**Фактический (обычный при ГРП)
и допустимый уровень шума и вибрации**

Наименование	Допустимый уровень в децибелах, дБ	Фактический уровень в децибелах, дБ
Шум	110	115
Звуковая вибрация	108	95

14. Экология буровых работ³⁷

Отличительная особенность буровых работ состоит в том, что, они производятся непосредственно под открытым небом, на природе и возможны на любой территории, не только на суше, но и на болотах, различных водоёмах, в акватории морей и океанов. В процессе бурения скважин вскрываются недра с содержанием подземных пресных и минерализованных вод, газов и нефти.

При отсутствии контроля буровые работы могут привести к загрязнению природной среды сточными водами, буровым раствором, химическими реагентами, остатками горюче-смазочных материалов; нарушить изоляцию между пластовыми флюидами в недрах и режим подземных источников водоснабжения. Особую остроту вопросы экологии приобретают при освоении нефтяных месторождений на континентальном шельфе.

Загрязнения природной среды происходят на всех этапах освоения месторождения нефти и газа – от бурения скважин до введения её в эксплуатацию, а также в период разработки месторождения. Открытое фонтанирование нефти или газа из скважин может привести к региональной экологической катастрофе.

Задача экологизации буровых работ состоит в разработке эффективных средозащитных мер и правильного выбора оптимального их комплекса в зависимости от природных условий района работ и принятой технологии сооружения скважин.

Источники загрязнения окружающей среды при бурении скважин

В процессе бурения скважин со средой взаимодействуют две инженерные системы: буровая установка и буровая скважина.

Буровая установка воздействует на все природные объекты, и её действие ограничивается сроками выполнения буровых работ. При этом интенсивность воздействия зависит от типа применяемой буровой установки (стационарной, передвижной, самоходной или плавучей), её габаритов, способа и глубины бурения и других факторов.

Буровая скважина воздействует на геологическую среду. Её влияние не ограничивается сроками проведения буровых работ, но продолжается в течение всего срока использования скважины. Степень влияния зависит от назначения скважины, её глубины и диаметра, конструкции, особенностей геологического разреза и гидрогеологических условий.

При буровых работах все **источники загрязнения** могут быть подразделены на четыре группы:

- эксплуатационные – возникают в результате образования сточных вод при очистке оборудования, полов, желобов от шлама, при сливе воды из систем охлаждения;
- технологические – сток бурового раствора с поднимаемых бурильных труб и сброс воды, после их обмыва, появление излишка бурового раствора в

³⁷ По материалам проф. И.С.Калинина.

результате его наработки при бурении и сброс этого излишка, излив раствора из скважины при выполнении спускоподъёмных операций;

- аварийные – выброс пластового флюида из скважины во время нефтегазопроявлений, открытого фонтанирования, потери технических жидкостей при прорывах трубопроводов или из-за поломки запорной арматуры;

- погодные – вынос с буровой технических жидкостей, горюче-смазочных материалов при атмосферных осадках, снос с буровой площадки загрязняющих веществ талыми водами.

Основными источниками **загрязнений атмосферы** являются: выхлопы дизелей буровой установки, дегазаторы бурового раствора, ёмкости для хранения порошкообразных материалов, шламовые амбары с содержащимися отходами. Испарения с поверхности циркуляционной системы тоже служат источником поступления в атмосферу загрязнителей, так как в составе бурового раствора содержится химические реагенты, представляющих опасность, прежде всего для обслуживающего персонала буровой установки. Это - хромосодержащие соединения, серо- и азотосодержащие вещества, а также соединения, содержащие в своем составе фенол. Эти химические реагенты являются опасными в санитарно-гигиеническом, и токсикологическом отношении для человека и для биоценоза в целом.

Источниками **нарушения ландшафта**, земельных участков являются следующие технологические процессы:

- снятие и складирование плодородного слоя земли при подготовке территорий буровой;

- устройство насыпной площади под буровую, в особенности при кустовом строительстве скважин;

- устройство земляных котлованов (шламовых амбаров) для сбора и хранения производственно-технологических отходов бурения;

- сооружение технологических площадок под оборудование буровой, для прокладки технологических коммуникаций, необходимых для бурения скважины;

- засыпка шламовых амбаров при их ликвидации;

- техническая рекультивация территории буровой.

Главными технолого-производственными отходами являются: буровые сточные воды (БСВ), отработанный буровой раствор (ОБР) и буровой шлам (БШ). По условиям образования БСВ можно разделить на три категории: производственные, хозяйственно-бытовые и атмосферные.

Производственные сточные воды формируются в процессе выполнения различных технологических операций работы механизмов, оборудования и устройств. К ним относятся насосная группа, дизельный блок, рабочая площадка, блок очистки буровых растворов, узел приготовления и утяжеления растворов, блок химических реагентов, блок ёмкостей с запасным буровым раствором.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в результате действия пунктов питания, объектов культурно-бытового и санитарно-гигиенического назначения.

Атмосферные сточные воды зависят от природно-климатических условий, а также от длительности процесса строительства скважины.

Основными **отходами** для всех объектов природной среды являются:

- промывочная жидкость и химические реагенты, используемые для регулирования её свойств;
- буровой шлам, выносимый потоком промывочной жидкости, а также частицы породы, выбрасываемые из скважины во время открытого фонтанирования;
- пластовые жидкости, которые вместе с потоком промывочной жидкости изливаются во время газонефтепроявлений при освоении и испытании;
- нефть и нефтепродукты;
- некоторые виды буровых жидкостей;
- остатки тампонажных растворов.

Мероприятия по охране природных ресурсов

При бурении скважины необходимо проводить следующий комплекс мероприятий:

- внедрение кустового способа бурения скважин для сокращения площади, занятой буровой;
- сохранение плодородного слоя почвы, рекультивация временно отведённых земель после окончания бурения;
- очистка и повторное использование буровых растворов;
- изоляция поглощающих и пресноводных горизонтов для исключения их загрязнения;
- применение нетоксичных реагентов для приготовления промывочных жидкостей;
- цементирование скважин до устья для исключения загрязнения пресноводных горизонтов;
- ликвидация буровых отходов и горюче-смазочных материалов без нанесения ущерба природе;
- инструктаж водителей всех транспортных средств и спецтехники о маршрутах проезда к объектам и о недопустимости заезда на сельскохозяйственные угодья.

На защиту и восстановление земельных участков, предоставленных геологоразведочным организациям во временное пользование, должны быть составлены и утверждены проекты и сметы, предусматривающие следующие мероприятия:

- подготовительные (до процесса бурения);
- по охране (в процессе бурения);
- по восстановлению земельных участков.

Подготовительными мероприятиями предусматривается:

- установление мест складирования растительного и почвенного слоя или грунтов, подлежащих выемке;

- удаление плодородного слоя почвы в местах загрязнения нефтепродуктами и другими жидкостями, химическими реагентами, глиной, цементом и прочими веществами, ухудшающими состояние почвы и его складирования.

Охранные мероприятия в процессе бурения скважины

При наличии подземных грунтовых вод водоносные горизонты обязательно должны перекрываться обсадными трубами для их предохранения от загрязнения и заражения.

Попутные воды очищаются на фильтровальной установке от взвешенных частиц и примесей нефти: при допустимых концентрациях попутные воды сбрасываются в открытые источники или по рельефу; а при повышенных - разбавляются до допустимых по нормам значений и тоже сбрасываются.

Самоизливающиеся скважины должны быть оборудованы регулирующими устройствами.

Слив использованного промывочного раствора и химических реагентов в открытые водные бассейны и непосредственно на почву запрещается.

Мероприятия по восстановлению земельных участков

По окончании бурения скважины должна быть проведена горнотехническая и биологическая рекультивация.

Горно-техническая рекультивация включает в себя подготовку освобождающейся от буровых работ территории для дальнейшего землепользования:

- сырая нефть вывозится для дальнейшего использования или сжигания;
- остатки дизельного топлива и моторного масла сжигаются;
- отработанный глинистый раствор вывозится для дальнейшего использования на других скважинах и регенерируется;
- оборудование и железобетонное покрытие демонтируются и вывозятся;
- перекрытия амбаров для сброса шлама и нефти засыпаются слоем грунта не менее 0,6 м.;
- земельные отводы, нарушенные производственной деятельностью, покрываются почвенным слоем и дёрном;
- откосы в горных местностях укрепляются битумными эмульсиями, силикатными слоями и засыпаются привозным грунтом слоем не менее 0,1 м.

Биологическая рекультивация предполагает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель, их озеленение и по возвращению их в сельскохозяйственное и лесное пользования.

Проектирование и проведение работ по рекультивации осуществляется в соответствии с инструкциями или техническими условиями, согласованными с местными сельско-, лесо-, и водохозяйственными органами.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В.Белова. М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
2. Природные опасности в шахтах, способы их контроля и предотвращения. Под ред. Ф.С.Клебанова. – М.: Недра, 1981. – 471 с.
3. Хейфиц С.Я., Балтайтис В.Я. Охрана труда и горноспасательное дело. М.: Недра, 1971. – 472 с.
4. Соболев Г.Г. Горноспасательное дело. М.: Недра, 1979. – 432 с.
5. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах. М.: Недра, 1981. – 184 с.
6. Середя Н.Г., Соловьёв Е.М. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 1974. – 456 с.
7. Технология бурения глубоких скважин. Под ред. М.Р.Мавлютова. – М.: Недра, 1982. – 287 с.

Введение	
Цель изучения дисциплины и её значение	
График изучения дисциплины	
1. Основные формы деятельности человека	
2. Природные и техногенные опасности при горных и горно-разведочных работах	
3. Критерии комфортности и безопасности техносферы	
4. Организация горноспасательного дела	
5. Аэрология. Атмосфера Земли	
Глоссарий наиболее употребляемых в аэрологии терминов	
Значение кислорода и углекислого газа по теории К.Бутейко	
Естественная тяга	
Климатические условия в шахтах	
Влияние климатических условий на людей	
Шахтные вентиляционные сети	
Источники движения воздуха в шахте	
Способы дегазации угольных шахт	
Схемы естественного проветривания карьеров	

6. Опасность газовыделений	
Методы и средства контроля степени опасности в шахтах и рудниках	
Взрывы угольной пыли	
Эндогенные пожары, самовозгорание в шахте и на терриконах	
Средства локализации и тушения пожаров	
Прогноз запылённости горных выработок	
7. Опасность внезапных прорывов воды в горные выработки	
Предотвращение внезапных прорывов воды	
Защита подрабатываемых участков от затопления и заболачивания	
Предварительное водопонижение с земной поверхности	
Осушение из горных выработок	
8. Опасности при производстве взрывных работ	
Взрывозащита технологического оборудования	
9. Радиологические свойства и горно-геологические особенности урановых руд	
Дозы радиации	
Естественные источники радиации	
Источники, созданные человеком	
Воздействие радиации на человека	
Понятие приемлемого риска радиационного поражения	
Радиоактивное загрязнение окружающей среды	
10. Защита от травмирования	
Средства электробезопасности	
Варианты защиты атмосферы рабочей зоны	
Средства защиты гидросферы	
Сбор и ликвидация твёрдых жидких отходов на полигонах	
11. Управление напряжённо-деформированным состоянием горного массива	
Методы охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ	
Способы предупреждения горных ударов и выбросов газа	
Защита людей от горных ударов и внезапных выбросов	
12. Осложнения при бурении глубоких скважин (для специальности 0807)	
Поглощение промывочной жидкости	
Газо-, нефте-, водопроявления	
Желобо-, обвало- и кавернообразования	
Затяжки, заклинивания и прихваты	
Искривления скважин	
Литература	
Оглавление	