

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

*Всероссийской научно-технической конференции*

**«НЕФТЕГАЗОВОЕ И ГОРНОЕ ДЕЛО»**

**9-12 ноября 2010 г.**

**Пермь  
2010**

В сборнике опубликованы тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференция «Нефтегазовое и горное дело», проводимой в рамках реализации программы развития «Национальный исследовательский университет» на 2009 – 2018 гг по Приоритетному направлению «Добыча и переработка нефти, газа и полезных ископаемых» с 9 по 12 ноября 2010 года на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» при поддержке Министерства промышленности, инноваций и науки Пермского края, ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», ОАО «Уралкалий» и ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство».

Ответственный редактор:

С.В. Галкин

Редакционная коллегия:

И.Р. Юшков  
М.С. Турбаков  
С.Е. Чернышов

Ответственный за выпуск:

А.А. Ерофеев

## **СЕКЦИЯ 1.**

**Геология, поиск и разведка  
месторождений нефти и газа**

# **ОБОСНОВАНИЕ РАЗУКРУПНЕНИЯ ТУРНЕЙСКО-ФАМЕНСКО-БОБРИКОВСКОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ОБЪЕКТА НА ЛОГОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Варушкин С.В.

Научный руководитель доцент Козлова И.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В разрезе Логовского месторождения промышленная нефтеносность установлена в карбонатных турнейско-фаменских, башкирских отложениях и терригенных тульских и бобриковских отложениях.

Согласно принятому в 1996 году «Дополнению к технологической схеме разработки Логовского нефтяного месторождения», предусматривалась совместная разработка турнейско-фаменско-бобриковского объекта, отдельно башкирского и тульского пластов.

В работе рассмотрен вопрос целесообразности совместной разработки коллекторов различного литологического состава для эксплуатации единой сеткой скважин на примере турнейско-фаменско-бобриковского объекта. Рассмотрим эти геологические объекты. Карбонатные турнейско-фаменские пласты обладают трещинно-порово-кавернозным типом емкости, характеризуются относительно высокой прерывистостью и расчлененностью (коэффициент расчлененности 5,7, песчанистости - 0,15). Коэффициент проницаемости коллектора составляет  $0,015 \text{ мкм}^2$ , а пористости – 8,0 %. Терригенные бобриковские коллектора представлены мелко- и среднезернистым кварцевым песчаником с глинистым, реже карбонатным цементом, проницаемостью –  $0,081 \text{ мкм}^2$ , пористостью – 14,0 %. Пласты более однородны - коэффициент расчлененности равен 4,1, а «песчанистости» - 0,4. В целом, оба объекта характеризуются относительно низкими фильтрационно-ёмкостными свойствами и небольшими значениями эффективной нефтенасыщенной толщины (от первых метров до 8 – для терригенных коллекторов; от первых метров до 14 – для карбонатных коллекторов). Кроме того, разница в глубинах залегания турнейско-фаменских и бобриковских отложений порядка лишь 15 метров предусматривает близость в величинах пластовых и забойных давлений.

Для определения эффективности работы этого совместного объекта были изучены показатели разработки с 2003 года по текущее время. В результате анализа были выявлены существенные отставания фактических показателей от проектных по текущей добыче нефти, среднесуточному дебиту одной добывающей скважины, текущему коэффициенту нефтеизвлечения, и, наоборот, превышение фактической обводненности над проектной.

Кроме этого, в качестве меры эффективности совместной разработки пластов были рассчитаны и проанализированы коэффициенты продуктивности скважин, подтвердившие неэффективность совместной разработки данных объектов. Коэффициент продуктивности скважин для совместного турнейско-фаменско-бобриковского объекта существенно меньше, чем для скважин, эксплуатирующих только бобриковский или только турнейско-фаменский объекты.

Таким образом, совместная работа пластов разного литологического состава является малоэффективной. Для обеспечения рациональной разработки объекта необходимо провести его разукрупнение на два: объект Т-Фм и объект Бб с применением разных систем разработки. Выполнение этих мероприятий приведет к более равномерной выработке запасов из карбонатных и терригенных пластов.

# **ПРОБЛЕМА ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО КЕРНА ИЗ ГИДРАТОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД И ОТЛОЖЕНИЙ. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

Вишне夫斯基 Н.А.

Научный руководитель профессор Чистяков В.К.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

Ограниченность и невозполнимость ресурсов свободного природного газа, растущий спрос на этот энергоноситель заставили в конце XX века обратить самое серьезное внимание на значительные потенциальные ресурсы природного газа, заключенные в нетрадиционных источниках. Ресурсы органического углерода в газогидратном состоянии преобладают над ресурсами всех других известных его источников. Только в России они оцениваются в 1400 трлн. м<sup>3</sup> газа. Но даже если незначительную часть (10%) этих ресурсов считать промышленными (извлекаемыми) запасами, то они вдвое превысят сегодняшние мировые запасы традиционного природного органического сырья.

В соответствии с термобарическими условиями природные скопления газовых гидратов могут образовываться и стабильно существовать при относительно низких температурах и высоких давлениях. Такие стабильные условия характерны для областей распространения многолетнемерзлых пород (глубины до 800 – 1100 м) и глубоководных акваторий, начиная с глубин в 300 м для северных широт и 600 м – для южных.

Обычные геофизические и другие косвенные методы поиска и разведки скоплений газогидратов в осадочных толщах пока далеко не всегда однозначно указывают даже на возможность их там присутствия. Поэтому с целью получения достоверной информации о качественных и количественных характеристиках газогидратных толщ необходимо использовать прямые методы их исследования, основанные на бурении скважин и отборе образцов керна с ненарушенным составом и структурно-текстурными особенностями строения. Использование для этих целей стандартных технологий и технических средств колонкового бурения, применяемых в настоящее время при поисках и разведке как жидких, так и газообразных углеводородов, часто не дает положительных результатов из-за особенностей строения и стабильности газогидратов в условиях изменения термобарических условий их состояния в процессе керноотбора.

Анализ выполненных на кафедре бурения скважин СПГИ (ТУ) исследований, позволил разработать способ повышения качества отбора керна из гидратосодержащих пород и отложений, основанный на использовании эффектов консервации гидратов при охлаждении их до отрицательных температур.

За основу для реализации предложенного способа получения качественного керна из гидратосодержащих пород могут быть взяты серийные двойные колонковые снаряды с невращающимся внутренним съемным или стационарным керноприемником, в котором керн в конце рейса охлаждается до отрицательных температур, обеспечивающих проявления эффекта консервации газогидратных включений. Важным конструктивным элементом этих технических средств является система охлаждения керна до отрицательных температур перед извлечением его на поверхность. В настоящее время разработано два снаряда для реализации данного способа, получен патент (патент РФ № 236971) на способ и устройство для его осуществления.

# ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

Гавришин А.И.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)», г. Новочеркасск*

С помощью инновационного G-метода классификации многомерных наблюдений (распознавания образов) при изучении гидрогеохимии шахтных вод Донецкого бассейна выделены однородные таксоны, что привело к обнаружению и количественному описанию четырех главных направлений изменения химического состава этих вод. Образуются: 1) кислые сульфатные воды (за счет окисления сульфидов), 2) нейтральные хлоридно-сульфатные (окисление сульфидов и приток хлоридных подземных вод), 3) сульфатно-хлоридные (преимущественно притока хлоридных вод), 4) хлоридно-гидрокарбонатные содовые (генезис которых требовал объяснения).

Дальнейший детальный анализ гидрогеохимической зональности Донбасса с выделением однородных гидрогеохимических видов по компьютерной классификационной технологии AGAT-2 на основе G-метода позволил построить модель вертикальной зональности химического состава подземных вод региона. Выявлено, что для вод каменноугольных, меловых, палеогеновых и неогеновых отложений проявляется два вида вертикальной гидрогеохимической зональности: прямая и обратная. Прямая зональность характеризуется классической схемой перехода от гидрокарбонатных кальциевых к хлоридным натриевым водам с минерализацией до 40-60 г/л. Обратная зональность приводит к формированию на глубине маломинерализованных гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод (содовых) с минерализацией 2-3 г/л, на глубине в 1 км прогнозируется снижение до 1 г/л. Приток этих вод в угольные шахты формирует четвертое направление в изменении состава шахтных вод региона.

Из четырех основных гипотез образования обратной гидрогеохимической зональности (инфильтрационная, ювенильная, дегидротационная и испарительно-конденсационная) наиболее достоверной для региона принята инфильтрационно-конденсационная гипотеза. Многие авторы отмечают образование пресных содовых вод в процессе конденсации водяных паров из водоуглеродной газовой фазы. Делается вывод, что в пределах открытой части Донбасса в каменноугольных отложениях возможно обнаружение нефтегазовых месторождений.

В пределах открытой части Восточного Донбасса наибольший интерес представляет Гуково-Зверевский и Шолоховский угленосные районы, в угольных шахтах которых наиболее часто обнаруживаются содовые по составу воды. Здесь описаны пласты-коллекторы пористых песчаников и трещиноватых известняков, а сложное тектоническое строение может быть положительным фактором в формировании новых нефтегазовых залежей за счет переформирования первичных. Кроме того в данном районе при опробовании родников и колодцев встречены содовые по составу грунтовые воды, которые поднимаются к поверхности по тектоническим нарушениям.

Обнаружение нефтяных и газовых месторождений в северной складчатой зоне Восточного Донбасса служит дополнительной предпосылкой перспектив нефтегазоносности открытой части Восточного Донбасса. Рекомендуются проведение поисковых гидрогеологических, геофизических, гидрогеохимических и буровых работ в рассматриваемом регионе.

# **ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ, ПРИУРОЧЕННЫХ К ЗОНАМ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ ФУНДАМЕНТА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ**

Гусева Т.В.

Научный руководитель доцент Гайдукова Т.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
г. Томск*

Мелкие по запасам месторождения нефти и газа в наше время приобретают все большее значение, а доюрские, глубокозалегающие образования претендуют на роль главного источника увеличения ресурсной базы Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в ближайшем будущем.

При написании работы был проведен сравнительный анализ тектонических и литологических предпосылок, указывающих на приуроченность месторождений нефти и газа к породам фундамента на территории юго-восточной части Западной Сибири, а также сравнительный анализ с зарубежными аналогами.

На территории Томской области были получены непромышленные притоки нефти из пород фундамента на таких месторождениях, как Чебачье, Кондаковское, Чкаловское, Ларломкинское и лишь на Фестивальном месторождении был получен промышленный приток нефти. Также на территории Новосибирской области, в пределах Межевского свода, было открыто Малоичское месторождение.

Нюрольская впадина является одной из самых перспективных территорий на наличие месторождений, приуроченных к породам фундамента, на территории Западной Сибири.

На сегодняшний день отсутствуют достоверные сведения о размещении глубоких разломов на сейсмических структурных картах по отражающему горизонту Ф-2 (подошва осадочного чехла). Данная информация позволила бы определить точное местоположение предполагаемых ловушек нефти и газа, приуроченных к зонам разломов, так как эти зоны имеют улучшенные коллекторские свойства.

Фестивальное месторождение приурочено к юго-восточной части Западно-Сибирской плиты и находится в зоне сочленения южного окончания Уренгойско-Колтогорского грабен – рифта и южного окончания Усть-Тымского грабен – рифта.

На месторождении породы доюрского фундамента представлены трещиноватыми серпентинитами с нефтепризнаками и остаточной битуминозностью, туфами основного состава, серпентинитами окремненными, карбонатизированными, известковистым доломитом. В образцах керна пород фундамента отмечается наличие битумов. По заключению геофизических исследований скважин характер насыщения этих пород (пласт «М») интерпретируется неоднозначно. Также не выявлена закономерность в распространении трещинного коллектора как по площади, так и по разрезу. Дебит нефти на скважинах имеет достаточно низкие значения. Это может быть связано с загрязненностью призабойной зоны пласта фильтратом бурового раствора, как следствие несоблюдения технологии вскрытия пласта в процессе бурения. А также с неправильным подбором депрессии на пласт, при вызове притока из пласта, так как коллектор трещинно-поровый и развит по эффузивным породам, для работы с которым до сих пор не выработана методика.

# **УЧЁТ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗАННОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ УЧАСТКОВ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОКАЗАННЫХ ЗАПАСОВ**

Долгачева А.Я., Тиминюк М.В.\*

Научные руководители профессор Савич А.И.\*\*,  
начальник отдела ГЭОЗ Поплаухина Т.Б.\*

ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», \*ООО «ПермНИПИнефть»,

*\*\*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

С 01.01.2009 г. геолого-экономическая оценка запасов проводится по SPE, с учётом новых требований стандарта SEC (комиссия США по ценным бумагам и фондовым биржам). Одно из этих требований касается учёта гидродинамической связи между участками залежи при выделении категорий запасов.

Целью данной работы является применение гидродинамических методов изучения строения нефтяных залежей для расширения площади доказанных запасов.

Для достижения поставленной цели в работе рассмотрены следующие гидродинамические методы: анализ динамики пластового давления, гидропрослушивание, исследование методом трассирующих индикаторов, которые позволяют установить наличие гидродинамической связи между отдельными участками залежи и затем рассчитать ожидаемый прирост доказанных запасов.

Согласно новым рекомендациям SEC, данные исследования могут использоваться для расширения площади доказанных запасов, так как позволяют характеризовать наличие и выдержанность пласта, присутствие нефтенасыщенных пропластков.

Таким образом, учёт гидродинамической связанности разрабатываемых участков является одним из приоритетных направлений повышения доказанных запасов. Первоочередной задачей продолжения работы в данном направлении является учёт категорийности запасов при планировании проведения гидродинамических методов исследования на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».



# **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И КАРОТАЖА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

Дьяконова Ю.А.

Научный руководитель доцент Дьяконов В.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва*

На ряде площадей Красноленинского свода получены промышленные и непромышленные притоки углеводородов из пород доюрского комплекса, что позволяет выделить его как перспективный нефтегазоносный комплекс и дополнительный источник прироста запасов. Данная работа рассматривает возможность интерпретации геофизических данных с целью выявления разрывных нарушений в породах фундамента и их связь с развитием зон трещиноватости, которые могут служить коллекторами для углеводородов.

Образование пустотного пространства в фундаменте обычно связано с тектоническими процессами, формирующими разломы и системы связанных с ними трещин и зон раздробленности пород. На каждой площади могут быть разные локальные системы, обусловленные как характером деформаций, так и составом пород, из-за чего возникают трудности при интерпретации данных геофизических исследований.

Изучение отложений доюрского комплекса было проведено на основе измерения анизотропии скоростей. Среда с упорядоченной трещиноватостью, при размерах трещин много меньших длины волны, обладает свойствами однородной поперечно-изотропной среды, ось симметрии которой направлена ортогонально плоскости трещиноватости. Для моделирования использовалась схема вертикального сейсмического профилирования горизонтального анизотропного слоя, перекрытого изотропным слоем. Анализ полученного модельного волнового поля позволил выявить следующие особенности: наличие аномально поляризованных проходящей продольной и отраженной обменной волн, появление на кровле анизотропного слоя двух ортогонально поляризованных преломленных обменных волн, распространяющихся с различными скоростями. Выявленные особенности находят отражение и на мигрированных разрезах.

При анализе реальных волновых полей, мигрированных разрезов и разрезов упругого и сдвигового импедансов, полученных по данным вертикального сейсмического профилирования по нескольким скважинам на одной из площадей Красноленинского свода были отмечены аномалии, отвечающие выявленным особенностям. Интерпретация проводилась с использованием данных акустического и кросс-дипольного каротажа, а также данных микроимджеров. Установлен ряд явлений, которые можно считать проявлением существования в породах фундамента упорядоченных систем трещин: обнаружена азимутальная зависимость скоростей упругих волн и аномальная поляризация проходящих и отраженных волн, в интервале отложений доюрского комплекса фиксируются объемные отраженные волны, формирующие на мигрированных разрезах коррелируемые оси синфазности, наклонённые под углом приблизительно 45 градусов, на разрезах импедансов выделяются зоны с аномальными значениями в палеозойских отложениях.

Полученные результаты могут быть проинтерпретированы как центроклинальная система трещиноватости со средним углом падения 45° в западном и восточном направлениях.

# ЛЕДНИКОВАЯ ГИПОТЕЗА ГОРООБРАЗОВАНИЯ

Катаев М.О.

Научный руководитель доцент Ефимов А.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

На различных этапах развития геологии как науки претерпевали изменения и представления о процессах горообразования, среди основных направлений в тектонике выделяют следующие: непутизм, плутизм, фиксизм, мобилизм, дрейфа материков, конвекционных течений и др. Современной геологической теорией о движении литосферы является тектоника плит, согласно которой земная кора состоит из относительно целостных плит. Места схождения плит выражены в рельефе высокими горами и глубокоководными желобами.

Кроме общепринятой, существует гипотеза, исходя из которой, образование гор напрямую связано с ледниковыми периодами Земли. В качестве доказательства этой гипотезы приводится ряд положений.

1) В фанерозое было три больших оледенения, что соответствует трем орогенезам: каледонскому, герценскому и альпийскому.

2) Горы в основе своей состоят из осадочных пород, известный российский геолог И.Д.Черский причислял гранит к осадочной породе. Осадочных толщ в горных районах, намного больше, чем во внешних предгорных районах, поэтому в регионах, где произошло поднятие гор, происходил процесс "гибели" земной коры с накоплением осадочного материала, а затем в процессе инверсии образовались горы. "Корни" наиболее высоких гор заглублены в мантию сильнее других структур континентов. Значит ложе геосинклинальных областей не испытывает поднятия на орогенном этапе своего развития.

3) Процессы вымораживания морей до абсолютного нуля объясняют практически любую глубину осаждения соленосных отложений. Дифференциация образования галоидов и образование толщ сульфатных пород также объясняется процессами вымораживания морей.

4) Окрашивание отложений солей в красный цвет происходит за счет присутствия в морской воде микроскопических водорослей, живущих в северных морях, а не за счет окислов железа, выпадающих в осадок при испарении воды в аридном климате.

5) Горы - это продукт океана при его встречном полюсном вымораживании, которое заканчивалось в основном в экваториальном районе Земли. При вымораживании вод на полюсах повышалась минерализация, а следовательно, и плотность воды, возникали течения в сторону экватора, где океан также в последствие покрывался льдом. Давление встречных рассолов замерзающей воды было громадным, поэтому разлом ледяного покрова осуществлялся с большим глубинным сжатием и силой давления.

6) Причиной вымораживания является изменение солнечной или звездной активности при её уменьшении или "притухании". По ледниковой гипотезе выделяется четыре фазы горообразования: период стабильного горения протозвезды, сгорания или притухания протозвезды, сгорание протозвезды, вспышка Солнца как сверхновой звезды.

Ледниковая гипотеза, результатом горообразования которой выступают экзогенные факторы, является во многом спорной, её положения не выдерживают критики современных представлений, основывающихся на эндогенных причинах возникновения гор.

# ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГАВАР

Ковалёва А.А.

Научный руководитель доцент Кочнева О.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В регионе Ближнего и Среднего востока выделяются 5 нефтегазоносных бассейнов: Персидского залива, Аданайский, Деште-Кевир, Аденский, Шабва. Нефтегазоносный бассейн Персидского залива расположен в зоне сочленения древней платформы и альпийского складчатого пояса. На территории стран Ближнего Востока выделяют следующие крупные геотектонические провинции: альпийских складчатых горных сооружений, передовой предгорной Месопотамской впадины, Аравийской платформы, в пределах которой расположена наибольшая часть нефтегазоносного бассейна Персидского залива.

Аравийская платформа занимает обширную территорию, расположенную к западу и юго-западу от Месопотамской впадины, охватывающую богатейшие нефтеносные районы Саудовской Аравии, Кувейта и т.д. Платформа представляет собой плоскогорье, приподнятое над уровнем моря на 500-1000 м и осложненное горными хребтами, приуроченными к области кристаллического щита.

К числу крупнейших и типичных для этой области месторождений в пределах Саудовской Аравии относят Гавар. Месторождение Гавар расположено в зоне валоподобного поднятия Эпнала. Оно приурочено к крупной антиклинальной структуре длиной 230-240 км и шириной 16-25 км и сложено мезозойскими отложениями, перекрытыми породами кайнозоя. Углы падения мезозойских слоев на восточном, более крутом крыле структуры достигают 5-7 градусов. Кайнозойские отложения залегают почти горизонтально. В некоторой части структура осложнена сбросовыми нарушениями с небольшой амплитудой. Основные продуктивные горизонты на месторождении приурочены к карбонатной толще верхней юры. Кроме того, залежи нефти открыты в карбонатной толще триаса. На месторождении Гавар обнаружена нефть с плотностью  $0,85 \text{ г/см}^3$ , вязкостью 0,62-0,89 сП, с содержанием серы 1,66-2,15 %.

Месторождения Персидского нефтегазового бассейна обладают уникальными характеристиками, которые способствовали формированию сверхгигантских нефтяных месторождений, подобных Гавар.

# **ВЫДЕЛЕНИЕ СИКВЕНСОВ ПО СКВАЖИННЫМ И СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА**

Коротков С.А.

Научный руководитель советник генерального директора Ворожев Е.С.\*

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург*

*\*Федеральное государственное унитарное предприятие ЗапСибНИИГТ, г. Тюмень*

В последние десятилетия на фоне бурного роста исследовательских технологий, способствовавших прогрессу в понимании геолого-исторической сущности элементов осадочных толщ, особую важность приобретают достижения сиквенсной стратиграфии. Основной единицей сиквенс-стратиграфии является сиквенс, впервые предложенный и определённый Слоссом (Sloss, 1963) в достаточно общей форме как “относительно согласная последовательность генетически связанных слоёв, ограниченная несогласиями и коррелятивными им согласными поверхностями”. Строение, расположение и вещественный состав сиквенсов специфичны в каждом регионе и заданы тектонической природой и типом литогенеза осадочного бассейна.

Для их выделения используется весь комплекс геофизических, био- и литостратиграфических данных. Согласно интерпретации трендов каротажных кривых с позиций сиквенс-стратиграфии, граница сиквенса определяется как резкое восходящее увеличение в содержании глинистой составляющей (максимумы на диаграммах гамма-каротажа и потенциала собственной поляризации). На сейсмических разрезах на каждой из границ сиквенсов при переходе от трансгрессивной серии нижележащего сиквенса к регрессивной серии вышележащего происходит уменьшение интенсивности отражений при уменьшении общей контрастности. Данная закономерность подтверждает наличие и характер цикличности, выявленной по результатам анализа каротажных диаграмм, и даёт основание увязывать высокоамплитудные аномалии в кровле сиквенсов с относительно глинистыми трансгрессивными сериями. Внутри каждого сиквенса была выбрана одна из серии поверхностей, разделяющая относительно низкоамплитудную (регрессивную) и относительно высокоамплитудную (трансгрессивную) части сиквенсов. В результате отложения, заключенные между двумя такими поверхностями образуют, согласно выше приведенному определению, сиквенс.

В соответствии с вышесказанным были выделены сиквенсы в дагинской толще с использованием скважинных и сейсмических данных по одному из месторождений на шельфе Северо-Восточного Сахалина. Сопоставляя результаты анализа этих данных, можно выделить следующие закономерности: всего в исследуемом интервале выделено 9 сиквенсов; средняя мощность сиквенсов составляет 148 м; максимальные мощности сиквенсов наблюдаются на восточном крыле месторождения; выделяются интервалы преимущественного развития регрессивных песчанистых серий (над отражающими горизонтами) и трансгрессивных более глинистых серий (под отражающими горизонтами в верхней части толщи). Уровни наиболее высокого стояния уровня моря представлены глинистыми толщами – зональными флюидоупорами, а основные резервуары сосредоточены в отложениях низкого стояния уровня моря.

# **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ К КАРТЕ ФОНДА СТРУКТУР ПО ЛИЦЕНЗИОННЫМ УЧАСТКАМ НЕДР ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»**

Костарев Г.С.

Научный руководитель заведующий группой Михайлов Д.Г.

*ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь*

В ООО «ПермНИПИнефть», на базе программного комплекса ArcView, разработана карта фонда месторождений и структур ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», которая оперативно дополняется и ежегодно обновляется.

Актуальность разработки геоинформационной системы к карте фонда обусловлена: накоплением большого количества геолого-геофизических данных по подготовленным и выявленным структурам; необходимостью оперативного сравнительного анализа перспективности различных площадей с целью лицензирования; разработкой дальнейших направлений геологоразведочных работ в Пермском крае.

На первоначальном этапе создания системы осуществлялся перевод графических и текстовых данных в цифровой вид. Далее производился анализ и структуризация исходных геологических данных – картографическая и цифровая информация по объектам Пермского края. На заключительном этапе произведено соединение созданной базы данных с существующей картой фондов. Для решения этой задачи был написан скрипт (программа) «StructureFond».

Скрипт «StructureFond» дает возможность пользователю подключить неограниченное количество связей к любому объекту. На данный момент скрипт поддерживает «горячие» связи со следующими типами файлов: Image Views, Image Wins, Text, CAD (dwg, dxf, dgn), а также позволяет работать с видео- и интернет страницами в режиме «реального времени». В результате внедрения скрипта «StructureFond» существенно сокращается время подготовки геологической информации для аналитической работы и геологического проектирования.

Результаты работы оперативно используются при планировании и проектировании геолого-поисковых и разведочных работ на территории Пермского края в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». Программный продукт находится на стадии регистрации в Роспатенте.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ТЕРРИТОРИИ СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ С УЧЕТОМ ГЕНЕРАЦИОННЫХ И МИГРАЦИОННЫХ МАСШТАБОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Кривошеков С.Н.

Научный руководитель профессор Галкин В.И.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Формирование месторождений нефти Соликамской депрессии происходило за счет собственного нефтематеринского потенциала. Для исследования процесса формирования залежей УВ рассмотрены геохимические показатели, которые учитывают генерационный потенциал нефтегазоматеринских толщ. Анализ выполнен по данным 90 площадям, 55 из которых содержат промышленные скопления углеводородов.

По данным показателям построены вероятностные модели нефтегазоносности, и проведена оценка их информативности. Совокупность вероятностных показателей использована для вычисления условных комплексных вероятностей ( $P_{УКВ_{ГХ}}$ ). При вычислении  $P_{УКВ_{ГХ}}$  используется такое сочетание вероятностей, при котором средние значения вероятностей  $P_{УКВ}$  наиболее сильно отличаются в изучаемых классах при равном значении  $m$ . Для анализа возможных масштабов миграции использовано  $P_{УКВ_{ГХ}}$ , вычисленное при  $m = 7$ . Так же была построена карта изменения  $P_{УКВ_{ГХ}}$  для территории Соликамской депрессии, по которой были выделены три зоны с повышенными значениями  $P_{УКВ_{ГХ}}$ , т.е. с условиями, которые являются благоприятными для генерации УВ во фран-фамен-турнейской нефтематеринской толще.

Для оценки процессов генерации углеводородов в пределах каждой из 3 зон вычислены геометрические центры и определены минимальные расстояния от них до центра всех локальных структур ( $L_{ГЕОХ}$ ), а так же определено расстояние до ближайших разломов  $L_{РАЗЛ}$ .

Для комплексной оценки влияния  $L_{ГЕОХ}$  и  $L_{РАЗЛ}$  на нефтегазоносность Соликамской депрессии было составлено соотношение  $L_{МИГР}$ , которое будет оценивать дальность субвертикальной миграции УВ.

По вероятностным значениям  $P(L_{ГЕОХ})$ ,  $P(L_{РАЗЛ})$  и  $P(L_{МИГР})$  при применении пошагового дискриминантного анализа получен критерий  $P(Z)$ , так же по результатам множественного регрессионного анализа был разработан критерий  $P_{КМ}$ .

С помощью картографического калькулятора была построена карта распределения вероятностного критерия миграции  $P_{КМ}$  по всей территории Соликамской депрессии без привязки к точкам изучаемых 90 структур, что позволило выделить наиболее благоприятные участки для миграции и аккумуляции УВ.

Так же была проведена оценка перспектив нефтегазоносности подготовленных и выявленных структур, выделены объекты, рекомендованные для постановки буровых и сейсморазведочных работ.

# СТРАТЕГИЯ ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ В ПРЕДЕЛАХ ЮГА АСТРАХАНСКОГО ПРИКАСПИЯ

Кудинов В.В.

Научный руководитель доцент Пыхалов В.В.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань*

Основные перспективы обнаружения залежей нефти в мезокайнозойских отложениях на юге Астраханского Прикаспия долгое время связывались с малоамплитудными (амплитудой 20 - 40 м) антиклинальными структурами.

Такие представления базировались на результатах среднечастотной сейсморазведки, выполненной в 80-90-х годах прошлого, а также общих геологических представлениях сложившихся к тому времени о развитии региона. Основными критериями сохранности залежи является время заложения структуры, а также амплитуда структуры. Таким критериям в пределах рассматриваемой территории отвечало единственное открытое в 1964 году в мезокайнозойских отложениях, Бешкульское нефтяное месторождение.

По результатам сейсмических исследований в пределах рассматриваемой территории были выявлены и в дальнейшем изучены поисковым бурением ряд антиклинальных поднятий. Анализ полученных материалов показывает, что все выявленные структуры в целом, отвечали выбранным критериям, но только в единичных были получены непромышленные притоки углеводородов. Таким образом, на сегодняшний день становится очевидным, что используемые геологические критерии являются недостаточными для выявления нефтегазовых залежей в пределах данной территории.

Рассмотрим особенности геологического строения рассматриваемой территории по нижележащим палеозойским отложениям. Основным структурным элементом палеозоя в пределах территории Астраханского Прикаспия является Астраханский свод. На юге свода выделяются: 1. зона Южно-Астраханских поднятий ( $C_{2b}$ ), в которой выделяется цепочка антиклинальных поднятий; 2. Каракульско-Смушковская зона поднятий (КСЗП). Антиклинальные структуры указанных элементов субпараллельны кряжу Карпинского, отдельные сегменты этих структур значительно дислоцированы.

В пределах КСЗП и северной периферии кряжа Карпинского верхнепермские и триасовые отложения заполняют неровности нижележащих структурных форм. Юрская система в пределах территории КСЗП и юга Астраханского свода представлена в основном среднеюрскими (байосский и батский ярусы) терригенными породами. С отложениями этого возраста и связываются основные перспективы поиска ловушек углеводородов.

Представления о тектоническом строении этих отложений были существенно изменены после проведения сейсморазведки высокого разрешения, согласно которой были выявлены системы ортогонально расположенных малоамплитудных тектонических нарушений, соосных с простиранием складчатого основания кряжа Карпинского. Субпараллельно границе зоны дизъюнктивных дислокаций расположены поисковые скважины с признаками нефтегазоносности мезокайнозойских отложений. Следовательно, основная роль в сохранности залежи УВ должна принадлежать тектоническим экранам, связанным с выявленной зоной дизъюнктивных дислокаций.

Таким образом, основная стратегия поисков УВ в пределах рассматриваемой территории заключается в выявлении и трассировании зоны дизъюнктивных дислокаций и оконтуривании локальных антиклинальных структур с тектонически-экранированными ловушками.

# ОБНАРУЖЕНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПО МАТЕРИАЛАМ СТАНДАРТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Курашов И.А.

Научный руководитель профессор Бондарев В.И.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург*

В настоящее время в сейсморазведке особое значение начинают приобретать методы позволяющие получать при помощи стандартных данных сейсморазведки МОГТ распределение петрофизических характеристик в геологической среде района исследований. Одной из таких характеристик является степень трещиноватости горных пород. Особенно актуально определение этого параметра на нефтяных месторождениях в карбонатных породах, где дебиты скважин обусловлены в первую очередь структурным фактором.

Получение информации о распределении трещиноватых областей возможно путем изучения поля рассеянных волн. Отсюда вытекают два направления методов ориентированных на изучение таких волн. Первые из них предполагают использование специальных систем наблюдения как, например технология сейсмического локатора бокового обзора (СЛБО), а вторые предполагают совершенствование процедур обработки сейсмических данных для извлечения информации из уже полученных данных стандартных сейсмических наблюдений, например фокусирующие преобразования и миграционное изображение рассеивающих объектов (МИРО). Хотя первая группа методов является более эффективной, но и более затратной, что определило развитие обрабатывающих методик. Последние позволяют достичь хоть и менее качественного результата, но могут применяться в более широких пределах и обладают на порядок меньшей стоимостью за счет исключения дорогостоящего этапа полевых работ. Результаты такой обработки могут быть полезны на начальных этапах построения эксплуатационной модели месторождения. При этом важно отметить тот факт, что качество результатов получаемых в ходе анализа сейсмических волновых полей будет напрямую зависеть от качества исходных материалов стандартных сейсмических наблюдений. Такие параметры сейсмической съемки как кратность и плотность источников и приемников, например, будет в значительной степени влиять на результат обработки.

В работе вниманию предлагается методика локализации ослабленных зон в геологической среде интерференционным методом основанная на пересчете трасс разрезов равного удаления на различные точки профиля (площади) с последующим суммированием для каждого конкретного пикета. Пересчет трасс осуществляется при помощи амплитудно-временного оператора преобразования полученного на основе обращения уравнения двойного квадратного времени. Путем пересчета обеспечивается учет всех возможных положений источника сигнала, а результат их суммирования для множества пикетов, позволяет в результате конструктивной интерференции локализовать истинное местоположение источника сигнала.

Построение изображений, связанных в первую очередь с рассеянной компонентой сейсмического волнового поля, становится возможным при такой технологии путем вовлечения в пересчет исходной сейсмотрассы равного удаления только определенных пикетов. Таким образом, ослабляется влияние зеркальных волн, которые по большей части связаны с первой зоной Френеля. Результатом описанного подхода становятся энергетические разрезы изображающие распределение и интенсивность источников рассеянных сейсмических волн в геологическом разрезе.



# **ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ ПОВЕРХНОСТИ ФЛЮИДОУПОРОВ НА СОХРАННОСТЬ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРЕДЕЛАХ ПЕРЕДОВЫХ СКЛАДОВ УРАЛА (НА ПРИМЕРЕ ПУЛТОВСКО-КЕДРОВСКОЙ АЛЛОХТОННОЙ ПЛАСТИНЫ)**

Мелкишев О.А.

Научный руководитель доцент Дурникин В.И.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Одним из важных этапов при проведении геологоразведочных работ, связанных с поиском УВ, является оценка состояния покрышек локальных структур, т.к. в конечном счете, именно они определяют возможность сохранности углеводородов в структурных ловушках, а так же возможность миграции УВ в верхние нефтегазоносные комплексы.

Тектонический фактор в развитии Передовых складов Урала играет значительную роль, Тектонические напряжения приводят к образованию многочисленных разрывных нарушений и формирует ассиметричную складчатость с оперяющими надвигами, способствуя, тем самым, трещиноватости горных пород (в том числе и флюидоупоров).

Для оценки интенсивности трещиноватости горных пород, можно использовать кривизну поверхности (или величину обратную радиусу окружности в точке касания поверхности), отражающую воздействие тектонических сил на осадочную толщу. т.к. с зонами наибольшего перегиба пласта связана максимальная трещиноватость, ухудшающая флюидоупорные свойств покрышки.

В качестве поверхности, отражающей тектонические процессы формирования Пултовско-Кедровской аллохтонной пластины рассматривается отражающий горизонт «I<sup>п</sup>» (ОГ I<sup>п</sup>), приуроченный к кровле башкирских отложений. который к концу башкирского века можно условно принять за горизонтальную плоскость (в пределах одной зоны осадконакопления, с учетом погрешности сейсморазведочных работ).

Таким образом современный структурный план ОГ I<sup>п</sup> отражает всю совокупность проявления герцинского этапа тектоногенеза (образование надвигов, смятие аллохтонных пластин), а анализ карты кривизны ОГ I<sup>п</sup> позволяет оценить интенсивность тектонической трещиноватости башкирских отложений так и их покрышек (верейские отложения).

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ, СВЯЗАННЫЕ С ГАЗОГИДРАТАМИ

Миронов В.В.

Научный руководитель доцент Кочнева О.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Газогидраты – кристаллические соединения, образующиеся при определённых термобарических условиях из воды и газа.

В иностранной литературе газогидраты называются клатраты. Впервые термин «клатраты» (от лат. clathratus — «сажать в клетку») был дан Пауэллом в 1948 году. Газогидраты относятся к соединениям переменного состава. Газогидраты представляют собой метастабильный минерал, образование и разложение которого зависит от температуры, давления, химического состава газа и воды и свойств пористой среды.

В 1940-е годы советские учёные высказывают гипотезу о наличии залежей газогидратов в зоне вечной мерзлоты. В 1960-е годы они же обнаруживают первые месторождения газогидратов на севере СССР, а также в Черном море.

В пластах горных пород газогидраты могут быть, как распределены в виде микроскопических включений, так и образовывать крупные частицы, вплоть до протяжённых пластов многометровой толщины. Благодаря своей клатратной структуре единичный объём газогидрата может содержать до 160—180 объёмов чистого газа.

При добыче газогидраты могут образовываться в стволах скважин, промышленных коммуникациях и магистральных газопроводах. Отлагаясь на стенках труб, газогидраты резко уменьшают их пропускную способность.

Для борьбы с образованием газогидратов на газовых промыслах вводят в скважины и трубопроводы различные ингибиторы (метиловый спирт, гликоли, 30% раствор  $\text{CaCl}_2$ ), а также поддерживают температуру потока газа выше температуры гидратообразования с помощью подогревателей, теплоизоляции трубопроводов и подбором режима эксплуатации, обеспечивающего максимальную температуру газового потока.

Морфология газогидратов весьма разнообразна. В настоящее время выделяют три основных типа кристаллов. Массивные кристаллы, формирующиеся за счёт сорбции газа и воды на всей поверхности непрерывно растущего кристалла; висцерные кристаллы, возникающие при туннельной сорбции молекул к основанию растущего кристалла; гель-кристаллы, образующиеся в объёме воды из растворённого в ней газа при достижении условий гидратообразования.

При уменьшении температуры и давления газогидрат разлагается на газ и воду с поглощением большого количества теплоты. Разложение газогидрата в замкнутом объёме либо в пористой среде приводит к значительному повышению давления.

Газогидраты обладают высоким электрическим сопротивлением, хорошо проводят звук, и практически непроницаемы для свободных молекул воды и газа. Для них характерна аномально низкая теплопроводность.

В настоящее время рассматриваются концепции морского транспорта природного газа в гидратном состоянии при равновесных условиях, особенно при планировании разработки глубоководных газовых месторождений, удалённых от потребителя.

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НЕЧЁТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Могутов А.С., Кулешов В.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Подсчёт запасов и разработка месторождений углеводородов в настоящее время ведётся на основе трёхмерных геолого-геофизических моделей, которые являются неотъемлемой частью проектных документов.

Геофизические методы используются для определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород. Эти параметры необходимы при подсчёте запасов нефти и газа, а результаты их интерпретации являются основной опорной информацией для построения модели. Данные, полученные по результатам применения ГИС используются для:

- литологического и стратиграфического расчленения и корреляции разрезов скважин;
- выделения в разрезе пород коллекторов;
- разделения коллекторов на продуктивные и водоносные, а продуктивных коллекторов на газо- и нефтенасыщенные;
- определения положение водонефтяного (ВНК), газонефтяного (ГВК), газонефтяного (ГНК) и текущих контактов на различных этапах разработки месторождения;
- определения коэффициентов пористости и нефтегазонасыщенности.

При соответствующем качестве геофизических исследований скважин, полноте используемого комплекса и знания петрофизических связей между геофизическими и подсчётными параметрами изучаемого геологического объекта; при правильном представлении о типе коллектора и применении геофизических обоснованных способов интерпретации, геофизические методы дают необходимые данные для корректного моделирования и последующего подсчёта запасов.

Для решения задач повышения достоверности определения подсчётных параметров предлагается использование методов нечёткого моделирования. В связи с этим необходимо проанализировать погрешности исходных данных и точности измерений методов ГИС, а также оценить зависимости для нахождения подсчётных параметров и диапазон погрешностей при их измерении. Примеры использования методики нечёткого моделирования в геофизике уже существует (авторы А. И. Кобрунов и А. В. Григорьевых).

Полученные результаты будут использованы в формулах и соответствующем программном обеспечении, которое разрабатывается специально для решения подобных задач.

В настоящее время разработка технологии нечёткого моделирования для прогнозирования и подсчёта запасов углеводородов находится на начальном этапе. Для её полной реализации необходим сбор и анализ большого количества данных полученных по результатам ГИС, проведение вычислительных экспериментов и совершенствование соответствующего программного обеспечения. В итоге предлагаемая технология должна обеспечить качественный подсчет запасов и оценку ресурсов углеводородов, а также быть конкурентоспособной по сравнению с существующими аналогами.

Работы ведутся при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» и Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских учёных и ведущих научных школ.

# **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» ЗА СЧЕТ БУРЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН**

Носов М.А.

Научный руководитель начальник отдела ГРП Пятунина Е.В.

*ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», г. Пермь*

Целью данной работы является оценка перспектив увеличения доли разведанных запасов нефти категории С1 компании ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» за счет разведочного бурения на территории Пермского края.

Для достижения поставленной цели в работе проанализированы отчеты о проведенных сейсморазведочных работах 2D и 3D с 2000 по 2009 г. и текущее состояние запасов месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

В ходе работы было выявлено 26 перспективных объектов для постановки разведочного бурения с извлекаемыми запасами нефти категории С2 – 6,324 млн.т.

Данные объекты были разделены на 2 группы - месторождения с извлекаемыми запасами нефти категории С2, расположенные в пределах (18 – объектов, запасы С2 – 4,315 млн.т) и за пределами (6 – объектов, запасы С2 – 2,009 млн.т) лицензионных участков ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

По результатам экономической оценки освоения объектов - 24 проекта характеризуются положительной динамикой.

Далее с целью компенсации добычи и повышения доли активных запасов нефти категории С1 все рассмотренные проекты были распределены в рамках утвержденной Стратегии ГРП ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» на 2010-2020 годы. Рассмотрено 2 варианта развития геологоразведочных работ:

- освоение всех проектов, ожидаемый прирост запасов С1 составляет более 5,5 млн.т. нефти;
- освоение 9 объектов, ожидаемый прирост запасов С1 составляет более 3 млн.т. нефти.

К реализации предлагается второй вариант более перспективный по показателям эффективности ГРП - 473 т/м и 147 руб/т.

В целом необходимо отметить, что проведение разведочного бурения на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» может являться одним из приоритетных направлений геологоразведочных работ, как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективе.

# **ПЕРСПЕКТИВЫ НАХОЖДЕНИЯ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В ТУРНЕЙСКОЙ КЛИНОФОРМНОЙ ТОЛЩЕ ЗАПОЛНЕНИЯ ККСП НА СЫНЬВИНСКОЙ ПЛОЩАДИ**

Обухов А.А.

Научный руководитель сотрудник отдела поисковой геологии Сулима А.И.

*ООО «ПермНИПИнефть, г. Пермь*

Перспективы обнаружения новых залежей нефти, связанных с позднедевонскими карбонатными рифогенными массивами, особенно в бортовых зонах ККСП, год от года сокращаются в связи с их высокой изученностью поисковыми работами. Поэтому представляет интерес оценка перспектив поисков новых, альтернативных типов залежей нефти, связанных с литологическими и стратиграфическими ловушками.

В работе показано строение и литологический состав клиноформных образований к юго-западу от Березниковского палеоплато. Приведен предполагаемый геологический возраст клиноформ. Отмечена их последовательная миграция в разрезе от более древних образований к молодым по мере приближения к осевым частям прогибов.

Материалы изучения литологического состава турнейских клиноформ (чередование карбонатных и глинистых образований, выклинивающихся вверх по восстановлению, возможное наличие небольших биогермов внутри мощных карбонатных клиноформ), керны и геофизических данных свидетельствуют о том, что карбонатные клиноформы могут являться сложнопостроенными ловушками и контролировать промышленные скопления углеводородов.

Коллекторами в турнейской клиноформной толще служат пористо-кавернозные и трещинные известняки. Зональными покрывками могут служить турнейские глинистые пачки, а региональными – аргиллиты радаевского горизонта.

С целью изучения морфологии ловушек в турнейской толще рекомендуется продолжить площадные сейсморазведочные работы и провести тематические исследования по обобщению геолого-геофизических материалов.

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМА ЗАКАЧКИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СТОКОВ ИСХОДЯ ИЗ ЛИЦЕНЗИОННЫХ ГРАНИЦ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Пачина М.А.

Научный руководитель инженер 1 категории Лапин А.С.

*ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь*

Цель работы: предложение методики расчета проектных радиусов распространения нефтепромысловых стоков, закачиваемых с целью захоронения, результаты которой не противоречат лицензионному соглашению на промышленную закачку и захоронению нефтепромысловых стоков.

Расчет радиусов распространения нефтепромысловых стоков при создании «Проектов на промышленную закачку и захоронение нефтепромысловых сточных вод» ведется в зависимости от суточной приемистости каждой поглощающей скважины и времени действия лицензии на закачку на месторождении. Такая методика расчета не учитывает пространственных границ лицензионного участка, входящего в состав и описанного в лицензии на закачку на месторождении.

Проблема: проектный радиус распространения нефтепромысловых стоков выходит за пространственные границы лицензионного участка, тем самым нарушая лицензионное соглашение, заключенное между недропользователем и Министерством Природных ресурсов Российской Федерации.

Предлагаемая методика: на стадии проектирования распространения стоков и выбора нагнетательных скважин учитываются границы лицензионных участков. На карту фонда наносятся скважины и лицензионный участок месторождения, графически (с помощью программного продукта Arc GIS) определяется допустимый радиус распространения стоков в нагнетательных скважинах, до границы лицензионного участка и вычисляется допустимое время закачки, имея данные по суточной закачке в скважину. Расчет должен проходить для каждой скважины индивидуально.

Согласно методике В.М.Гольдберга, имея допустимый радиус растекания стоков можно рассчитать оптимальный объем и время закачки для каждой скважины. Когда радиус растекания стоков в поглощающие скважины достигнет границ лицензионного участка, необходимо перевести поглощающие резервные скважины в нагнетательные и вести закачку в них. Объем и время закачки рассчитывается так же, после получения допустимого радиуса.

Предложенная методика удовлетворяет требованиям инструкции по созданию проектных документов на закачку, позволяет вести захоронение нефтепромысловых стоков, не нарушая лицензионного соглашения и учитывая интересы недропользователя.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРИИ ТРЕХСЛОЙНОГО ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА НА НЕФТЯНЫХ ОБЪЕКТАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Севонькаева К.С.

Научный руководитель ст. преподаватель Кривошеков С.Н.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Нефтегазоносность платформенной части пермского края контролируется развитием Камско-Кинельской системой прогибов, из депрессионной зоны которой микро-нефть мигрировала в вышележащие и боковые породы, заполняя естественные ловушки в прибортовых зонах прогибов. Именно к этим зонам приурочены современные месторождения нефти.

Как известно большая часть продуктивных локальных антиклиналей заполнена углеводородами не на всю высоту, т.е. структурные залежи углеводородов, характеризуются высотой, меньшей, чем амплитуда антиклинали по кровле коллектора, а также в большом количестве встречаются и пустые структуры.

Существует несколько точек зрения на данную проблему, которые можно разделить на две группы. Согласно первой залежи изначально сформировались и в дальнейшем только разрушались и переформировывались, в результате чего образовывались новые залежи. При этом выделяют два объяснения недозаполнения антиклиналей: недостаточное количество органического вещества для заполнения всех структур; переформирование залежей сопровождалось увеличением амплитуд, а количество углеводородов не изменялось.

Вторая группа основана на том, что процессы генерации, миграции и аккумуляции углеводородов продолжаются и в настоящее время. В данном случае недозаполнение антиклиналей объясняется трехслойным строением природного резервуара, согласно которой между коллектором и истинной крышкой залегает ложная крышка – толща, обладающая низкой, но не нулевой, эффективной пористостью и проницаемостью. При этом часто ложные крышки несут признаки нефтегазоносности.

Первая группа не дает четкого объяснения наличию пустых структур. Подтверждение второй теории позволит осуществить наиболее близкий к действительности локальный прогноз нефтегазоносности. Исходя из этого, в данной работе была осуществлена попытка применения данной теории на территории западного борта Камско-Кинельской системы прогибов, в виду доказанной на нем нефтегазоносности, а также наличия пустых структур.

# **ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БАШКИРСКИХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ**

Силайчева В.А.

Научный руководитель профессор Мерсон М.Э.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Карбонатные продуктивные отложения в пределах Соликамской депрессии имеют определяющее значение. Данные коллектора являются сложнопостроенными и характеризуются неоднородностью фильтрационно-емкостных свойств. Тем не менее, их изучение необходимо, так как в настоящее время в пределах Соликамской депрессии разрабатывается ряд крупных месторождений, нефтеносность которых связана с данными отложениями.

В связи с этим, автором рассмотрены литолого-структурные особенности и строение пустотного пространства карбонатных пород на примере башкирских отложений месторождений Соликамской депрессии. В качестве основного объекта для анализа был выбран район Сибирского, Уньвинского и Архангельского месторождений, расположенных в непосредственной близости друг от друга, и приуроченных к единой литолого-фациальной зоне.

Пласт Бш в рассматриваемом районе образован преимущественно известняками водорослевыми, значимая доля приходится на детритовые, комковатые и сгустковые. Поры в них преимущественно межформенные, размером 0,03...0,05 мм. Именно в этих известняках отмечается кавернозность и максимальные коллекторские свойства: пористость 20%, проницаемость – 0,6 мкм<sup>2</sup>. Из вторичных преобразующих процессов характерно выщелачивание.

В пределах нефтенасыщенной части пласт Бш сложен преимущественно более высокоёмкими породами и характеризуется резким преобладанием кавернозных пород в диапазоне высокопористых разностей, объем которых составляет 90%.

Таким образом, развитие поровых и каверновых коллекторов контролируется преобладающими типами пород - водорослевыми известняками. Кавернозность пород на каждом месторождении развита неодинаково и приурочена к среднепористым разностям. Приуроченность кавернозности в пласте к высокопористым породам свидетельствует об унаследованности её по первичным порам.

В основу исследований легли данные исследовательских работ, выполненных в ООО «ПермьНИПИнефть» по анализу карбонатных коллекторов.



## ОСОБЕННОСТИ ДОРАЗВЕДКИ НЕОКОМСКОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Стариков А.Н.

Научный руководитель доцент Козлова И.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Основным нефтеносным объектом в разрезе Приобского месторождения является неокомский клиноформный комплекс, представленный серией песчаных пластов  $AC_{10}$ ,  $AC_{11}$  и  $AC_{12}$ . Пласты группы  $AC$  на большей части месторождения (восточная и центральная) находятся в совместной разработке.

Залежи пластов  $AC_{10}$ ,  $AC_{11}$ ,  $AC_{12}$  связаны с коллекторами, характеризующимися клиноформным строением. Нефтеносность продуктивных пластов связана с литологически ограниченными ловушками, приуроченными к линзам коллекторов, полностью нефтенасыщенными и не имеющими водонефтяного контакта. Области развития песчаных тел пластов  $AC_{10}$ ,  $AC_{11}$ ,  $AC_{12}$  не контролируются современным структурным планом. Для пластов характерна резкая изменчивость литолого-физических свойств пород-коллекторов, как по разрезу, так и по латерали, что обусловлено условиями их формирования.

Выявленные залежи  $AC_{10}$ ,  $AC_{11}$ ,  $AC_{12}$  геометризваны крайне условно, без учета данных скважин, пробуренных за пределами лицензионного участка. В частности, бурением недостаточно изучена западная и северо-западная часть месторождения, в связи с чем, не достигнуто в целом по залежи необходимого процентного соотношения запасов. Все это служит основанием для постановки работ по доразведке пластов  $AC_{10}$ ,  $AC_{11}$ ,  $AC_{12}$ . Поскольку разрабатываемые участки пластов  $AC_{10}$ ,  $AC_{11}$ ,  $AC_{12}$  объединены в единый эксплуатационный объект  $AC_{10-12}$ , следовательно, доразведку предполагается проводить совместно.

Таким образом, в работе были последовательно решены задачи определения числа и местоположения разведочных скважин с целью достижения необходимого процентного соотношения категорий запасов для передачи в разработку недоразведанных участков, а также предварительного подсчета запасов для пластов и месторождения в целом по итогам доразведки.

По итогам суммирования значений эффективной нефтенасыщенной толщины для пластов  $AC_{10-12}$  составлен обобщенный подсчетный план данного объекта, на котором выделены зоны повышенных толщин. Местоположение и количество проектных разведочных скважин было определено согласно принципу равномерного освещения суммарной толщины резервуара по объему с учетом построенного подсчетного плана.

Для той части залежи, где уже были пробурены разведочные скважины, с целью подтверждения запасов более высокой категории планируется их опробование.

Итогом работы является оценка прироста ожидаемых запасов нефти категории  $C_1$ , в соответствии с положениями действующей Российской классификации.

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОИЗУЧЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ КАК ПЕРСПЕКТИВА ВОСПОЛНЕНИЯ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ УДМУРТИИ

Талипова А.А.

Научный руководитель старший преподаватель Истомина Н.Г.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск*

Одной из основ экономики Удмуртской Республики является её нефтегазовый комплекс. Объемы и эффективность геологоразведочных работ, проводимых в последние годы, снижаются, добыча нефти превышает прирост промышленных запасов. При относительно высокой плотности геофизических исследований в Удмуртии, северо-восточные, северные и западные земли остаются малоизученными, хотя и обладают значительным потенциалом прироста ресурсов углеводородов.

Планомерное геофизическое изучение, проводимое на территории Удмуртии, призвано восполнить ресурсную базу за счет выявления как перспективных структурно-тектонических зон, так и отдельных нефтеперспективных структур. По состоянию на 2010 год, в пределах Республики по Федеральной целевой программе «Экология и природные ресурсы России на 2002-2010 гг» отработан каркас из 10 единичных региональных профилей, 4 зонально-региональные площади, работы на пятой площади (Сюмсинско-Новозятцынская), завершаются. В основном геофизические методы региональных исследований представлены сейсморазведкой, в отдельных случаях комплексом из сейсморазведки и гравиразведки.

По результатам региональных работ уточнено геологическое строение территории и выявлены структурные зоны, заслуживающие особого внимания. Так, в пределах северной вершины Северо-Татарского свода закартирована Потемкинская палеовпадина Камско-Волжской системы, уникальность которой заключается в наличии одиночных рифов-пиннаклов, рост которых происходил одновременно с накоплением терригенного материала внутри впадины. Таким образом, все предпосылки для формирования ловушки углеводородов были выполнены: карбонатное высокоамплитудное тело, запечатанное глинистой покрывкой, расположенное внутри некомпенсированного палеопротекла (пути миграции УВ). Только в пределах Никольской площади региональных работ таких объектов было выделено более 10 единиц с оцененными локализованными ресурсами 10 млн. тонн условного топлива. Также, в качестве первоочередных территорий для наращивания ресурсной базы, следует рассматривать участки, примыкающие к традиционным районам с доказанной нефтеносностью.

Таким образом, планомерное поэтапное геофизическое изучение территории Удмуртии в рамках Федеральной целевой программы позволяет получить значительный прирост информации о геологическом строении малоизученных площадей, выявить и локализовать новые нефтеперспективные объекты, выполнить оценку перспектив нефтегазоносности и подготовить основу для дальнейшего поискового, разведочного и детализационного этапов исследований. В конечном итоге, новые данные о малоизученных площадях Удмуртии позволяют осуществить переход от геологического изучения недр к инвестиционной привлекательности участков. Последующее освоение новых перспективных участков недр является потенциалом восполнения ресурсной базы Удмуртии и как следствие – дальнейшего развития экономики региона.

# **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИЖНЕВАРТОВСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА**

Ушахин А.Н.

Научный руководитель доцент Козлова И.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В работе рассмотрена и проанализирована эффективность гидравлического разрыва пласта на примере Ачимовского, Ново-Покурского, Северо-Островного и Покамасовского месторождений, находящихся в Нижневартовском нефтегазоносном районе.

Гидравлический разрыв пласта проводился в регионально прослеживающемся в пределах всего Нижневартовского нефтегазоносного района продуктивном терригенном пласте ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> келловей-оксфордского нефтегазоносного комплекса. Продуктивный пласт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> характеризуется низко-среднепроницаемыми коллекторами с высокой степенью расчлененности; по коэффициенту открытой пористости коллектора относятся к классу В. Нефти пласта характеризуются малой вязкостью.

В результате проведения анализа разработки данных пластов на исследуемых месторождениях было выявлено несоответствие фактических дебитов нефти с запрогнозированными уровнями. Наиболее широко и часто применяемым в данном районе методом интенсификации добычи нефти является гидравлический разрыв пласта. Метод проводится с целью увеличения нефтеотдачи пластов из низко продуктивных высокорасчлененных пластов.

Суть ГРП заключается в создании в продуктивном пласте искусственных трещин высокой проводимости путем закачки в пласт жидкости под давлением, превышающим давление гидравлического разрыва пласта, и заполнения созданных трещин закрепляющим зернистым материалом искусственным песком - проппантом. В результате ГРП кратно повышается дебит добывающих скважин за счет увеличения фильтрационно-емкостных свойств пласта, также повышается конечная нефтеотдача за счет включения в разработку ранее не дренируемых пропластков.

Выбор скважин для проведения гидравлического разрыва пласта осуществлялся по геологическим и технологическим критериям. Геологические критерии: эффективная нефтенасыщенная толщина пласта не менее трех метров, расстояние до водоносных пропластков более 10 метров, пластовое давление в скважине должно быть не менее 85 % от начального и не ниже давления насыщения, процент обводненности продукции менее 30 %, расстояние до линии нагнетания и водонефтяного контакта более 500 метров. Технологические критерии: цементное кольцо должно иметь удовлетворительное сцепление с эксплуатационной колонной и породой, отсутствие колонных перетоков.

Для решения задачи было проанализировано большое количество скважин, где проводился гидравлический разрыв пласта. Скважины были поделены на средне- и низкодебитные с построением графиков зависимости времени их работы от дебитов и обводненности до ГРП и после воздействия. Анализ графиков показал длительность эффекта от проведения ГРП и изменение основных параметров работы.

# **О ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ РАЗРЕЗОВ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ДЕВОНСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КУСТОВСКОГО, АНДРЕЕВСКОГО И МАЛО-УСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ)**

Филькина Н.А.

Научный руководитель профессор Галкин В.И.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В связи с выработанностью запасов крупных месторождений становится необходимым более детально изучать месторождения с относительно небольшими запасами и сложным строением. В частности, актуальным является исследование литофациальных особенностей формирования коллекторов и залежей.

К настоящему времени установлена возможность прогнозирования литофаций путём переноса информации с изученных по керну интервалов на все разрезы скважин по данным геофизических исследований скважин с помощью пошагового линейного дискриминантного анализа.

В данном исследовании на примере девонских терригенных отложений Кустовского, Андреевского и Мало-Усинского месторождений проанализированы вероятности появления литофации песчаника для различных групп фаций, выявленных на месторождении.

Результатом прогнозирования являются вероятностные кривые, показывающие вероятность появления литофации песчаника. Для обобщения этих кривых выполнено нормирование вероятностной характеристики по мощности пласта и глубине. Показано, что по соотношению кровли и подошвы пластов строение фаций комплексов протоков и заливов по вероятностной характеристике принципиально различается. Получено, что фации осевой части протоки и протока характеризуются нарастающей тенденцией значений вероятностной характеристики (сложены песчаниками, которые вверх по разрезу становятся более мелкозернистыми и алевритистыми, сменяясь алевролитами). Для кос происходит инверсия – отмечается падающая тенденция значений, песчаники приурочены преимущественно к верхней половине циклита.

Таким образом, показано, что различные группы фаций имеют характерные для них вероятностные кривые. Синтезирование вероятностных кривых с фациальными картами по сейсмическим данным позволят контролировать геологическое строение моделируемого пространства и более надёжно оценивать территории, находящиеся на поисковом и разведочном этапах, когда данных бурения явно недостаточно.

## **МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СПЛОШНЫХ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД МАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Чумарина Т.А., Горбатова Е.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И.Носова»,  
г. Магнитогорск*

Майское месторождение приурочено к юго-западному крылу Майской горст-антиклинали Центрально-Баймакской подзоны, к участку пересечения разрывных нарушений северо-западного, субширотного и субмеридионального простираний. Центральная часть структуры представлена вулканогенными образованиями баймак-бурибаевской свиты (S-D<sub>1</sub>), крылья – туфами и лавами андезито-дацитового состава. В южной части месторождения баймак-бурибаевская свита перекрывается туфогенно-осадочными отложениями ирендыкской свиты (D<sub>2</sub> ef).

Общее моноклинальное залегание пород на месторождении осложнено субвулканическими телами различного состава, разрывной тектоникой и сопровождающими её зонами метасоматитов.

Рудные тела Майского месторождения приурочены к зоне Главного разлома и оперяющим его трещинам, располагаясь главным образом в области пересечения разрывных нарушений с кровлей наиболее мощной межпластовой залежи субвулканического тела кварцевых липарито-дацитовых порфиров.

Вмещающие породы претерпели рудный метаморфизм с образованием метасоматического ореола. Форма ореола обусловлена конфигурацией рудных тел, пологим контактом субвулканического тела и крутопадающими разрывными нарушениями. Центральную часть ореола метасоматоза составляют серицит-кварцевые породы, развитые в зоне Главного разлома и по субвулканическим кварцевым порфирам. В лежащем боку Главного разлома основные породы превращены в серицит-хлорит-кварцевые метасоматиты, а по кислым породам висячего бока образовались хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты. Рудные тела окружены зоной баритизации. Частичные изменения пород в кровле рудных тел представлены серицитизацией, эпидотизацией и гематитизацией.

Целью работы являлось изучение минералогических особенностей и структурно-текстурных характеристик сплошных медно-колчеданных руд месторождения на предмет выявления состава отходов обогатительного передела и определения перспектив их переработки.

В составе халькопирит-пиритовых руд выделены следующие рудные минералы: пирит, халькопирит, сфалерит — главные минералы; теннантит, халькозин, борнит — второстепенные. Из нерудных минералов широко распространен кварц, серицит, барит и хлорит.

Халькопирит-пиритовые руды характеризуются массивным, брекчиевым, пелльчатый, коррозионным строением. Структура зернистая, глобулярная, интерстиционная, эмульсионная, замещения.

Сложный состав и рисунок руд предопределяет флотационный способ обогащения с получением медного и цинкового концентратов. Но технологические свойства руды не позволяют полностью извлечь полезные компоненты в процессе первичной переработки, поэтому в отходах обогатительного передела наблюдаются тонкозернистые сростки сульфидов меди, цинка и железа.

# НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ НА ПРИМЕРЕ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Шадрина М.А.

Научный руководитель доцент Кочнева О.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Нетрадиционные коллекторы – это толщи, сложенные глинистыми, кремнистыми, вулканогенными, интрузивными и метаморфическими породами. В одних нефтегазоносность нетрадиционных коллекторов обычно сингенетична, в других она связана с приходом углеводородов из соседних толщ (эпигенетична). В глинистых породах природные резервуары возникают в процессе катагенеза. Само возникновение пустот связано с генерацией нефтяных и газовых углеводородов и перестройкой структурно-текстурных особенностей минеральной матрицы породы. Одним из характерных примеров является толща глин баженовской свиты в Западной Сибири.

Баженовская свита впервые выделена Ф.Г. Гулари в 1959 году в качестве под-свиты в составе марьяновской свиты, он же впервые указал на её возможную нефтеносность и предложил способ её вскрытия открытым забоем. Баженовская свита Западной Сибири охватывает стратиграфический объем волжского яруса - нижней части берриаса. Обычно он представлен тонкослоистыми, часто микрослоистыми, иногда тонкокомковатыми и пятнистыми углеродсодержащими (битуминозными) глинисто-кремнистыми, кремнисто-известковистыми и известково-глинистыми отложениями с устойчивыми характеристиками вещественного состава и мощности. На отдельных участках наблюдаются также прослои аргиллитов с пониженной битуминозностью, а роль ловушек и коллекторов играют зоны разрушения и раздробления горной породы. Свита обладает минимальной изменчивостью состава отложений на площади распространения по сравнению с таковой других горизонтов юрского разреза. Ее мощность колеблется в пределах 20-50 м, практически не выклиниваясь, а вариации вещественного состава определяются ограниченным набором тонкозернистых кремнисто-карбонатно-глинистых компонентов.

Впервые промышленные притоки нефти из баженовской свиты получены в 1967г. в скважине Салымского месторождения, при испытании которой получены притоки нефти дебитом 5м<sup>3</sup>/сут и газа дебитом 1000-1200 м<sup>3</sup>/сут. Необычность баженовского резервуара Салымского месторождения заключается в том, что коллекторы приурочены к микрослоистым, листоватым аргиллитам с межслоевой пустотностью с высоким содержанием органического вещества.

В настоящее время выявлены следующие особенности пород баженовской свиты: хрупкость пород; тонкоплитчатая, слойчатая и листоватая структура; аномально высокие пластовые давления в залежах; низкие пористость и проницаемость коллекторов; наличие вертикальных и горизонтальных трещин.

Нетрадиционные коллекторы баженовской свиты имеют огромное количество ресурсов легкой нефти, аккумулированных в отложениях этого комплекса.

# **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ С ЦЕЛЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ**

Юнин И.А., Кулешов В.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Задача моделирования сложнопостроенных геологических сред, включающих в себя информацию о тектонических процессах, происходящих в них, является чрезвычайно важной при построении достоверных моделей.

Для моделирования эволюции перспективных зон нефтегазоносности возможна лишь формализация некоторых элементов геодинамики, таких, например, как эволюционные процессы, моделируемые вязким течением. Максимальный набор таких формализованных элементов в последующем позволит создать более полную структуру учета генезиса при анализе геофизических данных, состоящую из формализованных фрагментов как элементов общей структуры.

Принцип сбалансированных моделей имеет достаточно простую и ясную физическую трактовку. Он заключается в проверке модели на сбалансированность и внесении минимальных корректив (просто минимальных корректив и комплексных минимальных корректив).

Для достижения целей, поставленных перед настоящей работой и решения вытекающих из нее задач, необходимо формирование представлений об основных типах геодинамических процессов. Для решения поставленных задач был создан банк информации эволюционно-динамических процессов, основанный на тектонической классификации Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, и включающий в себя информацию о разломах и основных структурах, характерных для строения изучаемого региона. Банк постоянно пополняется, в зависимости от обработанной геологической информации. Созданный банк моделей позволяет уточнить основные функциональные показатели для оценки нефтегазового потенциала и унифицировать методику анализа и оценки расчетных эволюционно-генетических показателей.

С целью реализации создания банка информации эволюционно-динамических процессов разработана программно алгоритмическая оболочка, позволяющая на высоком уровне визуализировать различные геолого-геофизические модели, хранить большой объем данных в единой реляционной базе, выполнять ее наполнение конкретной информацией для реализации процедур системной инверсии. Для практической и программной реализации поставленных задач разрабатывается программный комплекс «GeoVIP» (авт. Кобрунов А. И., Барабанов М., И. Куделин) Целью теоретических и экспериментальных работ в этом направлении является создание «модификаторов» строения земной коры, применяемых к структурным моделям изучаемых объектов с целью приведения их в соответствие с имеющейся априорной геодинамической информацией.

Для хранения структурных моделей в программном комплексе «GeoVIP» используется реляционная база данных Microsoft SQL Server Express.

Модификаторы реализованы с помощью среды разработки Microsoft Visual Studio 2008 на языке программирования высокого уровня С# в качестве инструментов редактирования структурных моделей в программном комплексе «GeoVIP».

Работы ведутся при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» и Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских учёных и ведущих научных школ.

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШАГИРТСКО-ГОЖАНСКОГО ПОЛИГОНА ЗАКАЧКИ

Яковлев М.Ю.

Научный руководитель начальник отдела мониторинга и проектирования экологической безопасности Костарев С.М.

*ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь*

Возможность закачки нефтепромысловых стоков на Шагиртско-Гожанском полигоне определялось наличием в глубоких горизонтах разреза пористых проницаемых пород и изолирующих их водоупоров. Экспертный прогноз емкостных и фильтрационных свойств разреза выполнен на основе геофизических материалов и гидродинамических исследований скважин, литолого-фациальных и палеогеографических карт, а также калибровки гидродинамических моделей.

Геосистема полигона представлена карбонатной толще мощностью до 600 м от кожимского надгоризонта до тиманского горизонта. В геосистеме полигона может быть выделено несколько геофильтрационных элементов. Эксплуатационным объектом являются нижнефаменские и верхнефранские отложения. Характерно развитие порово-трещинных и палеокарстовых геофильтрационных сред с характерными поглощениями.

Нестационарная гидродинамическая шестислойная модель реализована на программном комплексе MODFLOW. Размер неравномерной сетки 80x88 узлов. Для эксплуатационной толщи принято трехслойное строение. На границах модели задавалось условие 1 рода -  $\Delta H=0$  м. Граница модели задавалась исходя из радиуса отсутствия влияния закачки ( $R=28$  км).

Решение эпигнозной задачи проводилась на период 1988-2010 гг., а прогнозной на период 2010-2039 гг. При калибровке модели была достигнута следующая обеспеченность совпадения фактических и модельных приращений напоров: скв.1160 – 87%, скв.192 – 98%, скв.185 – 99%, скв.212 -97%, скв.1095 – 98%. По распределению напоров в пределах эксплуатационной толщи отчетливо проявляется «накачка» рифогенной структуры. Для воронки репрессии характерна асимметрия: в северной ее части градиенты напора резко возрастают за счет ухудшения фильтрационных свойств верхнедевонских отложений (граница с депрессионным типом разреза). Структура потока в разрезе (пъезофиль) свидетельствует о характерной «накачке» рифогенного массива Установлено преобладание латерального стока. Доля вертикального водообмена существенна, что в процессе промышленного захоронения потребует создания соответствующей системы пьезометрических наблюдений.



## **СЕКЦИЯ 2.**

### **Бурение скважин**

# РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛИАКРИЛНИТРИЛОВЫМИ ВОЛОКНАМИ

Анисимова А.В.

Научный руководитель профессор Толкачев Г.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

К числу наиболее характерных видов осложнений при строительстве скважин на Верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ) относятся поглощения буровых и тампонажных растворов. Для решения проблемы предупреждения этого вида осложнения возможно использование растворов с различными наполнителями. Целью работы является оценка влияния ввода наполнителя в магниезиальные тампонажные растворы на их реологические свойства, а также определение путей оптимизации состава тампонажного материала для цементирования обсадных колонн Верхнечонского НГКМ.

В работе рассмотрено влияние наполнителей на реологические свойства магниезиальных тампонажных растворов, что необходимо учитывать при выполнении гидравлических расчетов цементирования, а также для оценки возможности регулирования значений этих свойств. В качестве наполнителя исследовано полиакрилнитриловое волокно Ricem. Эта добавка в составе тампонажного раствора обладает комплексным действием. При движении тампонажного раствора по заколонному пространству позволяет кольматировать стенки скважины, представленные высокопроницаемыми породами, армирует цементный камень и предотвращает его усадку. В исследуемом магниезиальном тампонажном материале в качестве жидкости затворения использовался водный раствор бишофита с плотностью  $1,28 \text{ кг/см}^3$ . Для исследований были приготовлены растворы с различным содержанием наполнителя (от 0,015 масс.ч. до 0,06 масс.ч.), а также раствор без наполнителя.

Определение реологических характеристик проводилось с использованием ротационного вискозиметра модели Chan 35 согласно методике, описанной в ISO 10426-2. Так как длина используемых волокон наполнителя превышала величину зазора стандартной конфигурации R1/B1, что не позволяло снимать стабильные показания прибора при высоких скоростях вращения ротора, при исследованиях использовали конфигурацию ротора и боба R1/B2 с увеличенным зазором в кольцевом пространстве.

Для растворов были определены значения пластической вязкости, динамического и статического напряжения сдвига. По полученным результатам сделан вывод, что увеличение массовой доли наполнителя в тампонажном растворе приводит к незначительному повышению значений его пластической вязкости. Содержание в растворе наполнителя в количестве, не превышающем 0,03 масс.ч. практически не оказывает влияние на изменение значений динамического и статического напряжения сдвига. Для того чтобы иметь возможность характеризовать поведение цементного раствора при его течении в канале любой геометрической формы (цилиндр, кольцо и др.), были построены реологические кривые. Наиболее точно полученные реологические кривые можно описать моделью Бингама-Шведова.

Полученные результаты позволили оценить степень влияния добавки полиакрилнитрилового волокна Ricem на свойства магниезиального тампонажного материала, и оптимизировать его состав для условий цементирования эксплуатационной колонны при строительстве скважин на Верхнечонском НГКМ. Установлено, что оптимальное содержание добавки в магниезиальном тампонажном растворе составляет 0,03 масс.ч.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПОЛИМЕРНОГО БУРОВОГО РАСТВОРА ПОВЫШЕННОЙ ПЛОТНОСТИ И АЛЬТЕРНАТИВНОГО УТЯЖЕЛЯЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

Вафин Р.М.

Научный руководитель профессор Николаев Н.И.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

В настоящее время на кафедре бурения скважин Санкт-Петербургского государственного горного института ведутся исследования, разработка и оптимизация рецептур промывочных жидкостей повышенной плотности для бурения скважин с аномально высокими пластовыми давлениями.

В процессе строительства нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях, обусловленных литологией, чередованием терригенных, хемогенных и карбонатных пород, наличием зон аномально высоких пластовых давлений и температур, большими глубинами залегания углеводородного сырья, возникают проблемы, связанные с потерей устойчивости стенок скважины при проходке интервалов высокоактивных пород, поступления в скважину пластовых флюидов.

Для создания буровых растворов повышенной плотности необходимо создать структуру, способную удержать утяжеляющий материал. Всё большее распространение приобретают малоглинистые и безглинистые буровые растворы, основным загущающим компонентом в которых выступает ксантановый полимер. За счет структурных особенностей полисахаридов, биополимерные растворы, в отличие от глинистых, обладают низкой пластической вязкостью и высоким динамическим напряжением сдвига, структурными характеристиками. Это растворы с уникальными реологическими свойствами и высокими тиксотропными характеристиками. При высоких градиентах сдвига эффективная вязкость раствора резко снижается и приближается к вязкости воды. Подобные реологические свойства обеспечивают высокие скорости бурения и эффективную очистку забоя и ствола скважины от шлама.

В качестве структурообразователя в исследованиях был выбран биополимер ксантановой смолы Rhodopol и биополимер отечественного производства Робус. В результате исследований было выяснено, что биополимеры создают плотную структуру, позволяющую достичь поддержания утяжеляющих агентов во взвешенном состоянии без необходимости прибегать для этого к очень высоким вязкостям.

В настоящее время ведется поиск и исследования альтернативных утяжеляющих материалов. В качестве материала для исследования были выбраны отходы алюминиевого производства. После всего технологического процесса их дальнейшее использование невозможно. Отходы вывозятся и захороняются на шламовых полях. В связи с этим стоимость таких материалов минимальна. Были проведены исследования плотности минеральной части шлаков, абразивности, магнитных свойств и фракционного состава подготовленного утяжеляющего агента. Утяжелитель на основе отхода алюминиевого производства обеспечивает плотность буровых растворов до 1,50 г/см<sup>3</sup>.

В результате исследований можно сделать вывод о перспективности использования биополимеров для создания буровых растворов повышенной плотности, а также применения отхода алюминиевого производства в качестве альтернативного утяжеляющего агента.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ С ПОНИЖЕННЫМИ ДИСПЕРГИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ И УСИЛЕНИЕ В НИХ ИНГИБИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ЗА СЧЕТ КАПСУЛИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРОМ**

Вороник А.М.

Научный руководитель профессор Уляшева Н.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Как показывает опыт строительства глубоких скважин, нет окончательного решения вопроса оптимизации выбора бурового раствора, обладающего достаточным ингибирующим эффектом для бурения высококоллоидальных глин.

При бурении таких глин характерен ряд осложнений: сальнико- и кавернообразование; увеличение реологических констант и плотности бурового раствора за счет обогащения коллоидной фазой выбуренной породы; прихваты и затяжки бурильного инструмента.

Данные осложнения приводят не только к потере механической скорости, увеличению времени и средств на обработку и приготовление бурового раствора, но и авариям, связанным с бурильным инструментом.

Вышеизложенная проблема остро стоит на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, и ее решением занимались многие исследователи: Ахмадиев Р. Г., Городнов В. Д., Жигач К. Ф., Уляшева Н. М., Шарафутдинов З. З., Шарафутдинова Р. З., Яров А. Н. и другие. Но однозначного решения не найдено.

Решением данной проблемы являются буровые растворы с пониженными диспергирующими свойствами, направленные на ингибирование глинистых пород. К данным типам растворов относят буровые растворы с низким содержанием твердой фазы и безглинистые буровые растворы, обработанные ингибирующими и/или гидрофобизирующими реагентами. Ингибиторами и гидрофобизаторами в полимерных растворах выступают: известь, хлориды калия и натрия, гипс, аммонийные соли, натриевые и калиевые соли поликремниевой кислоты (жидкое стекло), поликгликоли, некоторые лигносульфонаты, анионоактивные ПАВ, которые являются носителями ионов кальция, калия, аммония и других.

В наших исследованиях осуществлен подбор ингибирующего бурового раствора для бурения терригенного комплекса Леккерского месторождения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Исследования заключаются в рассмотрении влияния загрязняющего материала, в качестве которого был выбран немодифицированный бентонит, на реологические параметры различных типов буровых растворов, такие как: эффективная вязкость, пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, а также плотность бурового раствора. В качестве буровых растворов были выбраны следующие системы: полимерглинистый пресный, полимеркалийный безглинистый, полимерсиликатный малоглинистый, малоглинистый полимерный раствор с добавками гипса, полимерглинистый соленасыщенный по хлориду натрия. Также рассмотрен вопрос о влиянии полимерной составляющей на усиление ингибирующих свойств выбранного раствора за счет капсулирующего эффекта полимеров в различных сочетаниях.

По результатам исследований был выбран оптимальный состав полимерглинистого соленасыщенного по хлориду натрия бурового раствора.

# **РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ОБЛЕГЧЕННЫМИ ГИДРОШТАМПОВАННЫМИ РОТОРАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Голдобин Д.А.

Научный руководитель Коротаев Ю.А.

*ООО «ВНИИБТ – Буровой инструмент», г. Пермь*

Винтовой забойный двигатель служит для бурения нефтяных и газовых скважин.

Его рабочими органами являются ротор и статор. Ротор выполняется цельнометаллическим с наружными винтовыми зубьями, а статор – с внутренними зубьями, выполненными из эластомера. Количество зубьев статора на единицу больше количества зубьев ротора.

Вращение ротора в статоре осуществляется планетарно, вследствие чего на статор двигателя действуют поперечные низкочастотные колебания большой силы. Эти нагрузки приводят к быстрому износу деталей двигателя, особенно зубьев статора, а также могут оказать негативное влияние на обсадную колонну скважины. Для уменьшения влияния поперечных сил от вращения ротора, последний выполняют максимально облегченным.

Одним из самых эффективных способов изготовления облегченного ротора является гидроштамповка. Сущность способа заключается в деформации высоким давлением жидкости тонкостенной трубы на винтовой оправке.

Преимущества способа – это высокая скорость зубоформования (от 10 до 60 минут), почти полная безотходность производства, высокая коррозионная стойкость ротора, высокая чистота поверхности, возможность восстановления работоспособности ротора.

Технология гидроформования ротора обеспечивается специальным инструментом: гидравлический пресс-штамп и высокоточная винтовая оправка (сердечник). Профиль сердечника спроектирован так, чтобы профиль ротора соответствовал расчетным параметрам зацепления, а также соответствовал требуемой точности.

Проведены работы по повышению точности ротора – это специальная подготовка заготовки ротора, коррекция профиля сердечника, совместный контроль профилей сердечника и ротора после гидроштамповки на откорректированном сердечнике.

Для обеспечения необходимой прочности тонкостенного ротора производится расчет и выбор оптимальной толщины стенки заготовки.

В настоящее время винтовой забойный двигатель Д-106.5/6.33 с гидроштампованным ротором весом 30 кг имеет следующие показатели: КПД более 50%, максимальная мощность 30-40 кВт на расходе 8-10 л/с, максимальный момент на валу двигателя 2-3 кН\*м. Нарботка рабочих органов на отказ составляет не менее 200 часов.

Ведутся опытные работы по упрочнению наружной поверхности ротора методом каталитического азотирования. Твердость азотированного слоя может достигать до 950 HV. Преимущества способа азотирования в том, что в отличие от покрытия ротора хромом, профиль ротора не изменяется.

Перспективы направления работ по созданию двигателей с гидроштампованными роторами: выпуск разных типоразмеров двигателей с гидроштампованными роторами, увеличение эксплуатационных и энергетических характеристик рабочих органов.

# **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТИПА, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЦЕМЕНТИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ЧАСТИЦ ГОРНЫХ ПОРОД НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ИХ РАЗРУШЕНИИ БУРЕНИЕМ**

Епихин А.В., Ковалев А.В.

Научные руководители профессор Евсеев В.Д., доцент Самохвалов М.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск*

Первые исследования по электризации твердых тел при механическом воздействии на них были проведены профессором А.А. Воробьевым в ТПИ в 1970 году. С того времени интерес к подобным исследованиям не ослабевал и ученые из многих стран уделяли этому вопросу свое внимание. Со временем вопросом возникновения электромагнитного излучения при разрушении и деформировании образца горной породы заинтересовались и сотрудники кафедры бурения Томского политехнического университета.

Первоначально исследования по регистрации электромагнитных явлений, возникающих при разрушении горных пород бурением, проводились только при сухом бурении, так как в противном случае сигналы экранировались промывочной жидкостью. Позже эта проблема была решена и на кафедре бурения ТПУ стали проводиться полноценные эксперименты. За несколько лет для лабораторных исследований было применено несколько установок: станок для колонкового бурения СКБ-5, прибор для определения буримости горной породы с алмазными дисками ПОБ-1 и лабораторная модель буровой установки на базе сверлильного станка с возможностью регулирования параметров режима бурения. Кроме того, проводились полевые исследования. В частности, в 2006 году был произведен выезд для проведения исследований на Игольско-Таловом месторождении Томской области.

Как показывают результаты многочисленных лабораторных и полевых исследований на величину генерируемого электромагнитного сигнала, возникающего при разрушении горных пород (в частности бурением) влияет множество факторов. И одним из первых, которые были качественно определены и выделены, являются – тип горной породы, ее гранулометрический состав и тип скрепляющего частицы цемента.

На станке ПОБ-1, а также на лабораторной модели буровой установки на базе сверлильного станка проводились работы по регистрации как импульсной, так и постоянной составляющей электрических токов, возникающих при разрушении образцов. Произведена обработка результатов эксперимента, а также оценка полученных зависимостей.

Получены следующие зависимости: чем большей твердостью обладает образец горной породы, тем выше генерируемые электрические токи; также чем выше твердость цемента, скрепляющего частицы горной породы, тем выше регистрируемое излучение; зависимость от гранулометрического состава имеет обратный характер от величины возникающих токов.

Полученные закономерности говорят о том, что регистрация и качественная обработка электрических токов, возникающих на контакте «буровое долото - горная порода», может стать высококласным способом контроля разрушения горных пород на забое.

# НОВАЯ СМАЗЫВАЮЩАЯ ДОБАВКА К БУРОВЫМ РАСТВОРАМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКИХ СКВАЖИН

Закиров А.Я.

Научный руководитель профессор Николаев Н.И.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

Увеличение объемов добываемого сырья напрямую связано с повышением эффективности процесса строительства скважин. Растущая аварийность свидетельствует о необходимости совершенствования существующих методов профилактики и предупреждения аварий, большую долю которых занимают прихваты инструмента. Ключевую роль в безаварийном процессе строительства скважин играют свойства бурового раствора. Для предотвращения прихватов в растворы, как правило, вводят специальные смазочные добавки.

На сегодняшний день смазочные добавки производятся и поставляются в широком ассортименте ведущими зарубежными химическими фирмами и сервисными компаниями по бурению. Сведения о компонентном составе смазочных добавок для буровых растворов, химическом строении компонентов иностранными фирмами не раскрываются. Отечественные смазывающие добавки, при стоимости заметно ниже, по уровню эффективности не уступают зарубежным аналогам. Однако большинство из них не находят применения из-за отсутствия стабильной сырьевой базы, недостатков товарной формы, чрезмерно высокой стоимости.

В данной работе приведены результаты исследования новой смазывающей добавки к буровым растворам на основе продуктов глубокой переработки древесины.

По эффективности новый реагент находится на уровне лучших аналогов. При концентрации реагента в растворе 1% трение снижается в 2,5-3 раза. Для определения степени влияния смазывающей добавки на структурно-реологические свойства буровых растворов были проведены соответствующие исследования, выявившие многофункциональное действие нового реагента.

В результате проделанной работы можно сделать вывод о перспективности применения новой смазочной добавки в малоглинистых и безглинистых растворах при бурении глубоких скважин, ее внедрение в производство может представлять существенный интерес для нефтегазовой отрасли России.

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КНБК ДЛЯ БУРЕНИЯ ПО ПРОЕКТНОМУ ПРОФИЛЮ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

Зарипов Р.Р.

Научный руководитель профессор Морозов Ю.Т.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

Обзор литературных источников показал, что одной из основных задач нефтедобывающего предприятия является увеличение добычи нефти и газа за счет восстановления бездействующего фонда скважин. Одним из эффективных методов восстановления бездействующего фонда скважин является бурение боковых стволов.

В данной работе изложены исследования работы отклоняющей компоновки для бурения боковых стволов комбинированным способом.

Для осуществления управляемой проводки скважины необходимо, чтобы в процессе бурения существовала возможность изменения зенитного угла и азимута. Такая возможность может быть осуществлена при использовании комбинированного способа бурения отклоняющей компоновкой низа бурильной колонны, основанной на сочетании режима «скольжения» и режима вращения бурильной колонны через определенные интервалы бурения.

Режим «скольжения» предполагает бурение скважины отклоняющей компоновки без вращения бурильной колонны. При этом происходит набор зенитного угла в заданном азимуте. В связи с этим необходимо использовать телеметрическую систему, устанавливаемую над двигателем-отклонителем. При периодическом контроле могут использоваться инклинометр и вспомогательные технические устройства.

Режим «вращения» предполагает вращение всей бурильной колонны с двигателем-отклонителем. В этом случае прекращается процесс набора зенитного угла и при продолжительном вращении зенитный угол может стабилизироваться.

В практике наклонно-направленного бурения при оптимизации геометрических размеров компоновки низа бурильной колонны применяются преимущественно два критерия, с которыми при расчете компоновки задаются одно или два условия на долоте: равенству нулю отклоняющей силы на долоте; равенство нулю отклоняющей силы на долоте и угла его перегиба в скважине.

Для обеспечения устойчивой работы отклоняющей компоновки устанавливают центраторы. Обычно это два центратора: нижний – на шпиндельной секции ниже угла перегиба, верхний центратор устанавливают над рабочей секцией забойного двигателя.

Без нижнего центратора вращающаяся компоновка низа бурильной колонны обычно превращается в маятниковую, что вызывает неустойчивость компоновки при бурении участков с набором зенитного угла и участков стабилизации.

Включение в состав компоновки верхнего центратора позволяет существенно уменьшить или исключить влияние нижнего центратора на работу компоновки низа бурильной колонны, то есть обеспечивает более устойчивую работу двигателя и при его вращении сводит к минимуму поперечные колебания компоновки.

Как показывают исследования, выбор угла перегиба компоновки для комбинированного способа бурения зависит от диаметра нижнего центратора и длины нижней секции отклонителя. Диаметр центратора подбирается таким образом, что при вращении компоновки диаметр искривленного переводника не касался стенки скважины.



# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ БУРЕНИИ В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Зюзева И.А.

Научный руководитель доцент Деминская Н.Г.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

При бурении нефтяных и газовых скважин происходят осложнения, связанные с потерей устойчивости ствола, сложенного глинами и глинистыми сланцами. В комплексе осадочных отложений глинистые породы залегают на различных глубинах и составляют 80-82% всей толщи пород.

По характеру поведения в процессе бурения В.Л. Михеев предлагает разделить эти отложения на 4 группы:

- устойчивые породы
- набухающие, высокопластичные и легко переходящие в буровой раствор глины
- хрупкие, осыпающиеся и обваливающиеся глинистые сланцы
- сильно увлажняющиеся глины с пропластками солей, образующих каверны, осыпи и обвалы.

Эти категории осадочных глинистых пород обуславливают осложнения, часто приводящие к потерям ствола или к ликвидации скважин.

Поведение потенциально неустойчивых глин определяют двумя основными факторами - физическим и физико-химическим.

На основе анализа возможных причин нарушения устойчивости стенок скважины их можно разделить по трем основным группам:

- горно-геологические (влажность, пластичность, текстура, тектонические нарушения, углы залегания пластов);
- физико-химические (смачиваемость породы, минерализация поровой жидкости и бурового раствора, состав дисперсной фазы);
- технологические (плотность, водоотдача, рейсовая скорость бурения, гидродинамические колебания в скважине).

Ингибирующие буровые растворы созданы для предупреждения аварий и осложнений, связанных с осыпями и обвалами неустойчивых глин.

Из широкого класса ингибирующих буровых растворов наибольшее распространение получили калиевые, силикатный, кальциевые, известковые и гипсовые растворы. Но следует отметить, что все ингибирующие системы обладают целым рядом недостатков:

- высокая материалоемкость и стоимость растворов;
- трудность регулирования реологических и фильтрационных свойств;
- необходимость соблюдения строгой технологии приготовления растворов;
- трудность утяжеления;
- повышенное корко- и пенообразование.

В настоящее время для повышения устойчивости глин на стенках скважины применяют полимерные и полимерглинистые растворы. Эти системы за счет низкого содержания твердой фазы в буровом растворе позволяют увеличить механическую скорость бурения, повысить износостойкость долот, снизить стоимость проходки. К достоинствам полимерных растворов также можно отнести улучшенные противоиловые и смазывающие свойства, широкий диапазон регулирования фильтрационных свойств, а также ингибирующую способность по отношению к глинистым породам.

# **МОБИЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ГРУППЫ КОМПАНИЙ «КУНГУР» КАК ИНСТРУМЕНТ НАИБОЛЕЕ ПОЛНОГО УДОВЛЕТВОРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ БУРЕНИЯ И РЕМОНТА НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Катыгин А.Б.

*ООО «Инжиниринговая компания «Кунгурский машзавод», г. Кунгур*

Крупный участник рынка агрегатов для ремонта и освоения нефтегазовых скважин, мобильных буровых установок, инструмента и гидравлических забойных двигателей – Группа Компаний «КУНГУР», в которую входят ОАО «Кунгурский машиностроительный завод», ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод», ООО «Инжиниринговая компания «Кунгурский машзавод», ОАО «Кунгур-менеджмент», ООО «Торговая компания «Кунгур», ООО «Лицензионная компания «Кунгур».

В 2009 году, с целью дальнейшего развития направления производства гидравлических забойных двигателей и выхода на новые рынки, из состава ОАО «Кунгурский машзавод» было выделено в отдельное юридическое лицо – ООО «Кунгур-буровой инструмент».

ООО «Кунгур-буровой инструмент» имеет собственные производственные мощности, позволяющие ему производить винтовые двигатели и турбобуры от "заготовки" до изделия, осуществляя полный цикл производства: термообработка, механообработка, гальванические покрытия, нарезка резьб, изготовление резинометаллических деталей, сборка и испытания ГЗД. На сегодняшний день, ООО «Кунгур-буровой инструмент» производит винтовые двигатели и турбобуры для вертикального, горизонтального, а также наклонно – направленного бурения скважин, зарезки боковых стволов и капитального ремонта скважин – всего более 80 наименований, переливные и обратные клапаны к ВЗД, переводники бурильных колонн, замки НКТ, фильтры, элементы КНБК.

В этом же году создано еще одно новое подразделение компании – ООО «Кунгур-буркомплекс», специализирующееся на разработке нового поколения буровых установок для кустового бурения типа «Компакт» грузоподъемностью от 200 до 450 тонн с глубиной бурения от 3000 до 8000 метров.

За 2009 год Группой Компаний «Кунгур» разработана конструкторская документация на модернизацию выпускаемой техники по заказам ОАО «Сургутнефтегаз», и освоено производство новых образцов, которые на данный момент эксплуатируются у потребителя: УРБ-ЗА3.06 (вертолетный вариант), УРБ – ЗА3.02 (модернизированная установка для бурения с обратной помывкой забоя), УРБ – ЗА3.053 (с буровым насосом НБ-125), АР 32/40М (модернизированный), АР-50 (модернизированный), АР-60 (вертолетный вариант), А60/80 (модернизированный), А60/80М1(модернизированный), УГ-2 (установка гидравлическая).

В конце 2009 года после успешных приемочных испытаний мобильной буровой установки повышенной грузоподъемности 140 тонн, на Самотлорском месторождении компания начала серийный выпуск МБУ140 с глубиной бурения до 3 000 метров, предназначенных для бурения ротором и забойными двигателями эксплуатационных и разведочных скважин, ремонта и восстановления нефтяных и газовых скважин.

Все виды продукции постоянно модернизируются и совершенствуются в соответствии с актуальными требованиями, как конкретных заказчиков, так и общерыночных тенденций.

Постоянный поиск новых решений – основа деятельности компании.

# **К ВОПРОСУ О ПРОДОЛЖЕНИИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ТЕРРИТОРИИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

Козлов А.С.

Научный руководитель профессор Толкачев Г.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионально образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

К настоящему времени на территории платформенной части Пермского края открыты и разведаны практически все крупные и средние месторождения нефти и газа. Сегодня наиболее перспективным районом для поиска и разведки месторождений нефти в крае является территория в пределах Предуральяского прогиба, а именно территория, приуроченная к площади залегания солей (Верхнекамское месторождение калийных солей – ВКМКС). Здесь в подсолевых отложениях открыты и разрабатываются 7 нефтяных месторождений: Чашкинское, Уньвинское, Юрчукское, Логовское, Сибирское, Шершневское и им. Архангельского. Дальнейшее развитие работ на нефть в этом высокоперспективном районе связывается с поисками, разведкой и вводом в эксплуатацию новых нефтяных месторождений, территориально приуроченных к участкам ВКМКС с балансовыми запасами калийных солей промышленных категорий. К глубокому бурению уже подготовлено девять структур с суммарными ресурсами нефти категории  $C_3$  более 47 млн.т. Однако возможность выхода с опережающей разведкой и разработкой нефтяных месторождений на такие участки может быть реализована при условии наличия в арсенале нефтяников не только средств высококачественного строительства скважин, но и возможности надежно контролировать в течение всего срока их эксплуатации состояние защиты в них соляной толщи от флюидов недр.

Регулярно выполняемые анализ и оценка качества строительства глубоких нефтяных скважин на некондиционных участках ВКМКС убедительно свидетельствуют о том, что разработанные и реализуемые методы и технико-технологические средства надежно и долговечно защищают соляную толщу и обсадные трубы в скважинах от различных воздействий, обусловленных ведением горных работ по добыче солей и нефти на территории ВКМКС.

Задача контроля методами АКЦ в эксплуатационной колонне текущего состояния цементного камня за технической колонной и характера связи его с обсадными трубами и породами соляного разреза решена разработкой специального состава расширяющегося магнезиального тампонажного материала. Размещением этого материала в кольцевом пространстве между эксплуатационной и технической колоннами гарантированно обеспечивается формирование плотного, проводящего акустический сигнал, контакта цементного камня с обеими колоннами. Успешность проведенных опытно-промысловых испытаний разработанного состава магнезиального тампонажного материала при строительстве 9 скважин на Шершневском нефтяном месторождении, территориально расположенном в контуре ВКМКС позволяет сделать следующий вывод.

В настоящее время отечественная нефтяная отрасль в полном объеме располагает технологией строительства скважин и методами контроля их технического состояния в период эксплуатации, позволяющих успешно осваивать нефтяные месторождения в подсолевых отложениях на всей территории ВКМКС.

## **НАДДОЛОТНЫЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Любимова С.В.

Научный руководитель профессор Хузина Л.Б.

*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»,  
г. Альметьевск*

Наиболее рентабельным, на сегодняшний день, является бурение наклонно-направленных скважин с горизонтальными и многозабойными окончаниями. Строительство указанных скважин часто сопровождается осложнениями и авариями, связанные с прихватами бурового инструмента и колонны бурильных труб, так по данным открытого акционерного общества "Юганскнефтегаз" из 82 нефтяных скважин 34 скважины (41,5 %) пробурены с осложнениями ствола скважин, на ликвидацию которых затрачено около 1000 часов. При смещении от вертикали более 1500 метров наклонно-направленных скважин возникает необходимость в применении буровых растворов с улучшенными фильтрационными, структурно-реологическими и смазочными свойствами, доля таких скважин превышает 36 %. Отметим также, что в наклонно-направленных скважинах с горизонтальными и многозабойными окончаниями значительная часть веса приходится на нижнюю стенку ствола скважины. При этом как показали исследования, проведенные, в свое время, М.М.Александровым и рядом других специалистов, колонна бурильных труб касается стенок скважины соединительными замками. Возникающее при разгрузке части веса колонны на стенки ствола трение замков о скважину, является наиболее вероятной причиной возникновения дифференциальных прихватов. В связи с этим, разработка технических средств, позволяющих снизить силы трения бурового инструмента о стенки скважины, тем самым предупредить возникновение осложнений и аварий в процессе бурения является актуальной задачей.

На кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» Альметьевского государственного нефтяного института разрабатываются скважинные инструменты, позволяющие снизить коэффициент трения бурильной колонны о стенки скважины, получен патент на полезную модель №96160 «Скважинный осциллятор».

Таким образом, одним из возможных решений предупреждения осложнений и аварий при бурении нефтяных и газовых скважин является разработка технических средств, способных предотвратить образование прихватов путём осцилляции низкочастотных колебаний.

# ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БУРОВОГО РАСТВОРА НА ЕГО СМАЗОЧНЫЕ СВОЙСТВА

Лютиков К.В.

Научный руководитель профессор Уляшева Н.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Современные буровые растворы относятся к гетерогенным полидисперсным системам и в общем виде состоят из следующих компонентов: дисперсионная среда, дисперсная фаза (бентонит, активная выбуренная порода, инертная выбуренная порода, утяжелитель), химические реагенты и специальные материалы. Каждый из компонентов выполняет определенные функции и активно влияет на свойства бурового раствора, которые, в свою очередь, предупреждают или, к сожалению, провоцируют осложнения и аварии. Одним из таких видов осложнений, проявление которых зависит от качества и состава бурового раствора, является прихват бурильного инструмента под действием перепада давления. Известно, что важную роль при этом играют смазочные и адгезионные свойства промывочных жидкостей.

Многие реагенты, в том числе поверхностно-активные вещества и водорастворимые полимеры формируют граничные слои, свойства которых напрямую влияют на смазочную способность бурового раствора.

Помимо веществ, положительно влияющих на смазочную способность бурового раствора, ряд составляющих влияет на эти свойства негативно. К этим веществам относятся к примеру грубодисперсная фаза и в какой-то мере пластовый флюид.

Адгезионные свойства бурового раствора также необходимо учитывать при исследовании смазочных свойств. Поскольку многие смазки, особенно твердые, улучшая смазочную способность, при этом значительно могут увеличивать липкость фильтрационной корки, тем самым усиливать опасность прилипания бурового инструмента к стенкам скважины, а следовательно повышать вероятность прихвата бурильного инструмента.

Особое внимание хотелось бы уделить вопросу обработки раствора. Имеется ряд технологических рекомендаций для поддержания смазочной способности бурового раствора на необходимом уровне и осуществлению безаварийной работы бурового оборудования и оптимизации процесса бурения. К числу наиболее эффективных из них можно отнести применение широкого спектра смазочных добавок к буровым растворам. Поскольку они снижают фазовую проницаемость фильтра через корку и проницаемость приствольного участка, а следовательно, уменьшаются коэффициент сопротивления страгиванию бурильной колонны по корке и фрикционное взаимодействие трущихся пар. К тому же при помощи введения в буровой раствор смазочных веществ проводится регулирование адгезионных свойств фильтрационных корок и снижение прилипания бурильных труб к стенке скважины.

В лаборатории кафедры бурения был проведен комплекс исследований буровых растворов на водной основе с низким содержанием коллоидной фазы на их смазочные, адгезионные и фрикционные свойства с использованием стандартных и оригинальных приборов и методик. При этом сравнивались твердые (графит) и жидкие вещества (нефтяные и поверхностно активные[ПАВ]). Полученные результаты показали эффективность ПАВ и негативную роль графита как материала, вызывающего усиление процессов адгезии. Подробнее о методах исследования, характеристике реагентов и буровых растворов будет представлено в тексте доклада.

# АДГЕЗИОННОЕ СЦЕПЛЕНИЕ КАК МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОБЛОМОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Машуков А.А.

Научный руководитель профессор Уляшева Н.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Известно, что бурение скважин сопровождается нарушением естественного состояния горных пород. Неизбежным следствием этого нарушения являются различные процессы в породном массиве приствольной зоны. До вскрытия горного массива породы находятся в состоянии изотропии, после вскрытия они переходят в состояние анизотропии, направленное в скважину, которое уравнивается давлением, созданным столбом бурового раствора. При этом горные породы характеризуются напряжением сцепления и углом трения (коэффициент трения между частицами), получаемыми из паспорта прочности пород. Так как нарушение устойчивости стенок скважины может быть связано с фильтрацией жидкости из бурового раствора в пористую среду горных пород, склонных, в том числе, к хрупкому разрушению, и снижением сил сопротивления (особенно проявляется в тех горных породах, которые связаны глинистым цементом), то большой интерес представляет адгезионная кольматация приствольной зоны пласта. При этом необходимо отметить, что практически отсутствуют исследования буровых растворов и специальных добавок на усиление адгезионного сцепления в неглинистых породах.

В лаборатории кафедры бурения были проведены исследования по устойчивости стенок скважины сложенных глинистыми породами, применением растворов с адгезионными свойствами. Выводы оказались следующие: применение определённых реагентов и их комбинаций могут увеличивать устойчивость стенок скважины, за счет адгезионной кольматации. Анализ литературных источников и опыта строительства скважин на месторождениях углеводородов в Тимано-Печорской НГП показал, что применение буровых растворов увеличивающих адгезионное сцепление позволяет получить неплохие результаты, но в условиях, осложненных большими углами залегания пластов, тектоническими нарушениями и т.п. этого не достаточно.

Как правило, для установки цементных мостов применяются гель-цементы и быстросхватывающиеся цементы. Одним из перспективных методов может явиться установка силикатных ванн (химический метод закрепления потенциально неустойчивых пород), с низкой водоотдачей. В связи с вышесказанным, на кафедре бурения УГТУ были проведены исследования по оценке адгезионного сцепления при установке кислых силикатных ванн, эпоксидной смолы. Для этого использовался прибор ВСВ – 25, а в качестве испытуемых образцов использовался раствор Б1 (Глинопорошок-2%+ПАА-0,5+КМЦ-1%+жид.стекло-1% + $Al_2(SO_4)_3$ -0.3%), кислая силикатная ванна, эпоксидная смола + отвердитель.

Кислая силикатная ванна показала лучший результат по сравнению с буровыми растворами (в 1,1 раза эффективнее, результат мог быть и выше, но не удалось достичь заданного значения pH), а эпоксидная смола показала, ожидаемо лучший результат, при этом коэффициент не был измерен, т.к. при попытке измерить адгезию, образец был разрушен (под действием отвердителя, образует очень прочную кристаллизационную структуру).

Таким образом, в ходе исследований было установлено, что установка жидкостных и цементных ванн, возможно, не решит проблему окончательно, но может очень сильно сократить расходы и время на строительство скважин.

# ТАМПОНАЖНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ ИНТЕРВАЛОВ

Мелехин А.А.

Научный руководитель профессор Николаев Н.И.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

В России значительный объем бурения нефтяных и газовых скважин приходится на регионы с весьма сложными горно-геологическими условиями. Сооружение скважин в этих условиях нередко сопровождается осложнениями, возникающими при цементировании обсадных колонн и связанными с поглощением тампонажного раствора. Это приводит к существенному росту общей стоимости строительства скважины.

Опыт борьбы с поглощениями тампонажных растворов показывает, что успех изоляционных работ в значительной мере определяется качеством применяемых тампонирующих смесей. Основные требования к ним и методам их испытания вытекают из специфических условий и технологии их применения.

Наиболее распространенным методом изоляции поглощающих пластов является закачка в скважину цементной смеси, приготавливаемой на поверхности. При поступлении смеси в каналы поглощающего пласта она должна иметь выраженную структуру, прочность которой быстро возрастает и через 8-10 ч выдерживает определенную нагрузку, т.е. смесь должна пройти ряд превращений, изменяя в определенные моменты свое состояние от жидкотекучего до пластично-вязкого и наконец твердого с определенными физико-механическими характеристиками. Смесь должна легко регулироваться при температурах и давлениях для изменения структурно-механических свойств и плотности.

В данной работе приведены результаты исследований в области создания эффективных тампонажных смесей для технологии цементирования обсадных колонн в условиях возникновения поглощения цементного раствора.

Сущность методики заключается в использовании в общем потоке цементного раствора расчетного объема со специальной расширяющейся полимерной добавкой (РПД). Очевидно, что решение задачи разработки эффективных тампонажных составов на основе РПД с получением высоких консистенций и структурно-механических характеристик при их технологически регулируемых скоростях увеличения объема напрямую связано с возможностью регулирования интенсивности расширения системы под действием внутримолекулярных и межмолекулярных сил, инициирующих эти процессы.

Авторами проведены экспериментальные исследования влияния различных гидрофобизирующих жидкостей (ГФЖ) на кинетику увеличения объема РПД. Выявлено, что наиболее эффективной для решения поставленной задачи является ГФЖ на основе метилсиликонатов натрия. Главным фактором, определяющим эффективность тампонажной смеси является увеличение её объема в процессе твердения в порах и трещинах поглощающего интервала скважины. При проведении исследований тампонажной смеси на основе ПТЦ с введенной в него РПД результат показал, что увеличение объема смеси может достигать 12%, такой состав позволит изолировать поглощающий пласт при тампонировании.

Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что использование расширяющихся тампонажных смесей на основе ПТЦ с добавлением РПД позволит повысить качество цементирования обсадных колонн в условиях высокопроницаемых горных пород.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ В ТЕРРИГЕННО-СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Меньшикова А.А.

Научный руководитель доцент Деминская Н.Г.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

На некоторых месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции встречаются чередующие прослои галита, сульфатов кальция или магния, глинистых пород, песчаников и др. И в таком случае буровой раствор должен обеспечивать нормальное состояние ствола скважины в разнородных по составу горных породах. В условиях сульфатно-галлоидной агрессии оказывается сложным совместить два условия: поддерживать высокую минерализацию бурового раствора и регулировать в широком диапазоне его структурно-механические, реологические и фильтрационно-коркообразующие свойства, а также плотность и водородный показатель.

Осложнения при разбурировании хемогенных пород проявляется в виде каверн, образованных в результате растворения и размыва солей или сужение ствола, обусловленных их течением.

Для предотвращения течения и растворения солей используют ряд технологических мер:

- повышение плотности буровых растворов;
- применение нерастворимых сред – буровых растворов на нефтяной основе и гидрофобных эмульсий;
- подавление растворимости одной соли другой в соответствии с закономерностями солевого равновесия;
- перенасыщения буровых растворов солью (избыток соли в твердой фазе 5 ... 10%) для исключения возможности растворения пластовой соли в призабойной зоне при более высокой температуре.

В настоящее время в качестве ингибирующих растворов широкое распространение получили KCl – полимерные системы. Причём, как правило, базовый состав системы состоит из: глинопорошка; PAC – R, PAC – UL; Duo Vis; KCl и различные профилактические добавки.

Проведённый анализ промыслового материала, показал, что основные сложности применения KCl–полимерной системы, вызывала гетерокоагуляция, при избыточным содержанием ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в буровом растворе. При повышении жесткости фильтрация полимерных химических реагентов «глоболизуются», что и вызывает рост фильтрационных показателей и ухудшение реологических свойств бурового раствора.

На основании выше сказанного остается нерешенным вопрос стабилизации основных свойств полимер – калиевых растворов в условиях солевой агрессии.

В связи, с чем был проведён лабораторный анализ по отработке рецептуры бурового раствора для вскрытия хемогенных отложений.

Полученные результаты позволили сделать вывод о возможной эффективности использования полимер – глинистого раствора с добавками жидкого стекла и полигликоля для бурения перемежающихся глинисто – соляных отложений. Что может послужить дальнейшим направлением исследований.



# **К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТАМПОНАЖНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОН, ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ЗОНЫ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД**

Пастухов А.М.

Научный руководитель профессор Толкачев Г.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

На сегодняшний день при строительстве скважин в условиях Крайнего Севера одной из нерешенных проблем остается проблема цементирования обсадных колонн в интервалах многолетнемерзлых пород (ММП), которая характеризуется поглощениями и недоподъемом тампонажного раствора, образованием и увеличением зазоров за цементным кольцом на контакте его с оттаивающими просадочными льдистыми породами, негерметичностью зацементированного заколонного пространства, разгерметизацией резьбовых соединений обсадных труб и смятием обсадных колонн при обратном промерзании массива пород за время длительных простоев скважин.

В числе основных причин низкого качества цементирования обсадных колонн в зонах ММП – использование тампонажных материалов, не отвечающих реальным условиям в скважинах. Анализ практики ведения работ по креплению скважин в условиях наличия в разрезе ММП позволяет сделать вывод, что используемые в настоящее время тампонажные материалы, приготовленные на основе портландцемента (ПЦТ), не в полной мере соответствуют требованиям проведения работ при строительстве и эксплуатации глубоких скважин. Такие тампонажные материалы, используемые в условиях залегания ММП, обладают низкой структурообразующей способностью, седиментационной неустойчивостью, повышенной плотностью и низкой закупоривающей способностью тампонажного раствора, усадочными деформациями и низкой прочностью формирующегося цементного камня. При этом стоит отметить, что зоны ММП часто характеризуются низкими значениями давления поглощения, что требует применение тампонажных материалов пониженной плотности.

Возможное решение проблемы повышения качества крепления скважин в интервалах ММП - использование тампонажных материалов, приготовленных на основе более высокоактивных вяжущих веществ.

Основой такого материала могут быть магнезиальные вяжущие вещества. Технико-технологическими предпосылками, обуславливающими возможность использования таких материалов для цементирования обсадных колонн в отложениях ММП, являются: способность тампонажного раствора к затвердеванию при пониженных температурах; высокие прочностные характеристики формирующегося цементного камня; высокая теплоизолирующая способность; повышенная морозостойкость цементного камня, обусловленная низким содержанием капиллярной жидкости достаточно высокой минерализации, не замерзающей при отрицательной температуре; высокая коррозионная устойчивость цементного камня в сульфатных и высокоминерализованных средах; положительный опыт использования магнезиальных тампонажных материалов при строительстве, ремонте и ликвидации скважин на территории Пермского края и Восточной Сибири.

Выполненные лабораторные исследования подтверждают возможность применения тампонажных материалов на основе магнезиальных вяжущих для цементирования обсадных колонн, перекрывающих зоны ММП.

# ТАМПОНАЖНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ АНОМАЛЬНО НИЗКИХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ

Сторчак А.В.

Научный руководитель профессор Николаев Н.И.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

Практика сооружения нефтяных скважин в сложных условиях (чередование интервалов с различными пластовыми давлениями, близкое расположение друг от друга водоносных и нефтеносных горизонтов, низкие градиенты давлений гидроразрыва пластов, бурение скважин с большими отходами от вертикали и повышенные требования к охране недр) показывает, что не всегда обеспечивается необходимый уровень качества их строительства. Основными проблемами при креплении скважин в таких условиях являются поглощения тампонажных растворов, недоподъем цементного раствора до проектной высоты, недостаточно качественное разобщение пластов и возникновение вследствие этого межпластовых перетоков.

С целью повышения эффективности крепления скважин в указанных условиях в СПГГИ (ТУ) на кафедре бурения скважин разрабатываются тампонажные смеси на основе тонкодисперсных вяжущих веществ (микроцементов), которые получают посредством воздушной сепарации пыли при помоле цементного клинкера и они по минеральному составу аналогичны обычному портландцементу. Кроме того, рассматривается возможность использования золы-уноса в качестве облегчающей добавки в микроцемент.

Большая удельная поверхность микроцемента ( $>800 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) обуславливает большую водопотребность при приготовлении смеси, а также возможность создания качественного цементного раствора и камня при больших водосмесевых отношениях.

Серия экспериментов с повышенным водотвердым отношением дала следующие результаты: комплексное использование микроцемента и золы-уноса позволяет значительно снизить плотность раствора, хотя и смеси на основе только микроцемента обладают достаточно низкой плотностью.

Полученные данные говорят о большом потенциале микроцементов как материала для создания облегченных тампонажных композиций, кроме того представляет интерес использование в качестве облегчающей добавки золы-уноса.

# СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ БИОПОЛИМЕРНЫХ БЕЗГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Тирон Д.В.

Научный руководитель профессор Уляшева Н.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Проблема качественного вскрытия продуктивного пласта, в частности горизонтальными скважинами, весьма глубока, хотя до настоящего времени понимается довольно ограниченно. Главным образом уделяется внимание буровым растворам, минимально снижающим проницаемость призабойной зоны. Несомненно, максимальное сохранение естественных свойств коллектора обеспечивается использованием буровых растворов на неводной основе. Однако в последние годы значительное внимание уделяется разработке и применению безглинистых буровых растворов на водной основе, обладающих сбалансированными реологическими свойствами. Такие растворы обеспечивают достаточно хорошее вскрытие при сохранении качества ствола скважины на наклонном и горизонтальном участках. Одним из таких растворов является биополимерный безглинистый раствор FLO-PRO, разработанный компанией M-I Swaco.

Система FLO-PRO — безглинистая система на водной основе с минимальным содержанием твердой фазы для вскрытия продуктивных горизонтов наклонными и горизонтальными скважинами. Эта промывочная жидкость позволяет достичь высоких стабильных реологических характеристик и свести к минимуму загрязнение призабойной зоны продуктивных горизонтов и необходимость работ по ее очистке и интенсификации притока.

Раствор FLO-PRO в стандартном варианте содержит в своем составе биополимер Flo-Vis Plus, производное крахмала Flo-Trol, карбонат кальция, в качестве кольматанта, хлорид калия и каустическую соду.

Реологический профиль системы существенно отличается от прочих растворов на водной основе благодаря особой структуре реагентов. Система обладает высокими показателями вязкости при низких скоростях сдвига, хрупким характером структурных свойств, низким динамическим напряжением сдвига.

Основной целью исследований, проводимых в лаборатории кафедры бурения УГТУ, являлось сравнение технологических свойств безглинистых буровых растворов, содержащих различные биополимеры, а именно:

биополимер Flo-Vis Plus (раствор FLO-PRO);

Barazan;

Гаммаксан.

Проанализировав полученные результаты, было выявлено, что наиболее сходным по своим свойствам с FLO-PRO является буровой раствор, содержащий Barazan. При этом показатели статического напряжения сдвига за одну и десять минут полностью совпадают (0,84 дПа), динамические напряжения сдвига отличаются на величину ошибки опыта (66 и 65 дПа).

Учитывая положительный опыт строительства горизонтальных скважин на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции с использованием FLO-PRO и, проводя аналогию по результатам лабораторных исследований, рекомендуется расширить гамму биополимеров, обеспечивающих снижение себестоимости строительства скважин.

# ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ПОГЛОЩЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Турицына М.В.

Научный руководитель профессор Яковлев А.А.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

В процессе строительства скважин наиболее часто встречаемым видом осложнений является уход промывочной жидкости в пласт. Одним из способов предупреждения такого вида осложнений является применение газожидкостных промывочных смесей, благодаря которым были пробурены скважины в условиях, где применение буровых растворов не позволяло добиться успеха.

Промывка скважин при использовании газожидкостных смесей обладает рядом преимуществ: улучшение условий выноса шлама (даже при низкой скорости восходящего потока при использовании пен обеспечивается возможность выноса крупных частиц выбуренной породы – диаметром до 4-5 см); эффект самотампонирувания каналов поглощения с последующим восстановлением циркуляции. Благодаря низкой плотности давление в кольцевом пространстве будет невысоким, что рекомендуется при разбуривании зон поглощения промывочной жидкости, а также при вскрытии продуктивных пластов.

Поглощения бурового раствора носят повсеместный характер. Рассмотрены зоны ухода промывочной жидкости на Трифоновском месторождении Пермского края. По результатам анализа операций по ликвидации поглощений сделан вывод, что они являлись дорогостоящими, затратными по времени (затрачивалось времени до 129,4 часов, материальных средств - до 309065 руб. на ликвидацию одного поглощения) и не всегда эффективными.

Наиболее часто поглощения происходят в верхних интервалах бурения в неустойчивых, трещиноватых породах. Для обеспечения качественного вскрытия этого поглощающего пласта целесообразно применять пены, рецептура которых включает: вспениватель и собиратель; органический полимер для повышения стабильности пены; реагент для нейтрализации солей кальция и магния для смягчения жесткости воды; высококачественную глину для улучшения структуры пены, повышения её несущей способности и глинизации стенок скважины.

С увеличением глубины скважины все большую роль играет гидростатическое давление среды. Повышение давления в призабойной части определяет насыщение пены в основном мелкими, в пределах десятых и сотых долей миллиметра в диаметре, пузырьками. Прогнозный расчет давления показывает, что на глубинах порядка 2,5 тыс.м и более величины гидростатических давлений в жидкости и в газожидкостной смеси начинают сближаться. Полного совпадения давлений, очевидно, не произойдет, поскольку чрезвычайно мелкие пузырьки (диаметром в сотые и тысячные доли миллиметра) практически не разрушаются и поэтому делают общую плотность потока ГЖС ниже плотности чистой воды (жидкой фазы).

Таким образом, для решения задачи предупреждения поглощений в верхних интервалах бурения целесообразно применение газожидкостных технологий. Для нижних интервалов, а особенно для вскрытия продуктивных пластов, пластов с аномально низкими пластовыми давлениями, теоретические и практические исследования составов газожидкостных композиций и технологических схем их применения являются весьма актуальными.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Фуфачев О.И.

Научный руководитель главный научный сотрудник Плотников В.М.

*ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент», г. Пермь*

Одним из основных направлений повышения энергетических и эксплуатационных характеристик винтового забойного двигателя является совершенствование конструкции статора путем модернизации его эластомерного слоя, формирующего внутреннюю рабочую винтовую поверхность. В настоящее время в конструкции винтовых забойных двигателей применяются статоры с цельнорезиновыми винтовыми зубьями, основными недостатками которых являются высокий уровень объемных утечек промывочной жидкости в рабочих органах и саморазогрев резиновой обкладки. Это приводит к снижению силовых характеристик и долговечности рабочих органов винтового забойного двигателя. Проблема решена за счет разработки статора с повышенной жесткостью винтовых зубьев и улучшенным охлаждением резиновой обкладки.

Разработана методика проектирования статоров новых конструкций, основанная на результатах комплексного исследования деформированного состояния статоров стандартной и новой конструкции. Данная методика подразумевает проведение прочностных и тепловых расчетов по представленным в докладе схемам граничных условий. Прочностные расчеты направлены на определение деформированного состояния рабочих органов двигателя и их контактного взаимодействия, учитывая действие межвиткового перепада давления промывочной жидкости и действие крутящего момента ротора. Целью тепловых расчетов является определение температуры разогрева эластомера при работе двигателя на нагруженном режиме. Показано, что на основе анализа результатов прочностных и тепловых расчетов выбирается оптимальная толщина эластомерного слоя статора новой конструкции, удовлетворяющая условиям повышения энергетических и эксплуатационных характеристик винтового забойного двигателя.

По результатам проведенных исследований изготовлены и прошли испытания экспериментальные секции рабочих органов винтового забойного двигателя со статорами новой конструкции. Отличительной особенностью новых статоров является использование в их конструкции металлического штампованного винтового вкладыша, к внутренней поверхности которого прикреплена резиновая обкладка постоянной толщины.

По результатам стендовых испытаний экспериментальных рабочих органов винтового забойного двигателя с новыми статорами установлено увеличение их силовых характеристик в полтора раза по сравнению со стандартными секциями рабочих органов. Представленные результаты промысловых испытаний экспериментальных рабочих органов винтового забойного двигателя показали работоспособность разработанных статоров новой конструкции.

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СТВОЛОВ ИЗ РАНЕЕ ПРОБУРЕННЫХ СКВАЖИН

Чернышов С.Е.

Научный руководитель профессор Крысин Н.И.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В настоящее время нефтяные компании наращивают объемы добычи нефти и газа, в том числе и за счет строительства дополнительных стволов из ранее пробуренных скважин, снижая затраты на бурение новых скважин. При этом для повышения эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений боковыми стволами необходимо обеспечивать должное качество их строительства.

Результаты обзора современного состояния изученности вопроса строительства БС, анализа особенностей геолого-технических условий строительства дополнительных стволов в Пермском крае и основная цель работы предполагают комплексный подход к проблеме повышения качества строительства боковых стволов на территории Пермского края, при реализации которого были получены следующие результаты:

1. Произведен анализ особенностей геолого-технических условий строительства боковых стволов в Пермском крае (химический и минералогический составы горных пород, гидрогеологическая характеристика разреза и данные о нефтеносности продуктивных пластов, а так же состав и коллекторские свойства горных пород).

2. Выявлены основные виды осложнений при бурении боковых стволов в Пермском крае. Анализ существующих осложнений при строительстве боковых стволов показал необходимость совершенствования технологии для снижения количества осложнений и повышения качества крепления хвостовиков боковых стволов.

3. Отмечена важность использования информации о ходе строительства ранее пробуренного ствола скважины, (осложнениях и авариях возникающих при проводке первого ствола), при проектировании работ по строительству бокового ствола скважины для исключения возможности возникновения аналогичных осложнений и аварий.

4. Даны рекомендации по совершенствованию технологии бурения дополнительных стволов, направленные на ускорение и удешевление работ по проводке бокового ствола (увеличение диаметра бокового ствола, выбор оптимальной конструкции первого ствола скважин и выбор оптимального профиля БС).

5. Предложено и обосновано применение целевой гидрорескоструйной перфорации в качестве щадящего метода вторичного вскрытия продуктивного пласта, сохраняющего крепь хвостовика в БС.

6. Разработаны рецептуры расширяющихся тампонажных составов с регулируемые технологическими свойствами для крепления хвостовиков боковых стволов в условиях Пермского Прикамья и в других нефтяных районах России со схожими геолого-техническими условиями.

7. В промысловых условиях были применены разработанные расширяющиеся тампонажные составы, что позволило значительно повысить качество крепления обсадных колонн нефтедобывающих скважин.

8. При решении задач, поставленных в работе, была разработана расширяющая добавка ДРС-НУ на основе оксида кальция эффективно действующая при нормальных и умеренных температурах.

## **СЕКЦИЯ 3.**

### **Разработка нефтяных и газовых месторождений**

# **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ НАСЫЩЕННОСТИ ЧЕРЕЗ ОБСАДНУЮ КОЛОННУ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ**

Антипина Е.С.

Научный руководитель главный геолог Губина А.И.

*ООО «Пермский инженерно-технический центр «ГЕОФИЗИКА»*

Большинство месторождений Пермского Прикамья находятся на поздней стадии разработки, характеризующейся выработанностью залежей нефти и высоким обводнением продукции. В стремлении повысить производительность месторождений нефтяные компании нуждаются в возможности находить пропущенные пласты-коллектора, отслеживать изменения в степени насыщенности и обнаруживать перемещение контактов между флюидами в залежи.

Имеется в виду необходимость проведения исследований через обсадную колонну и цементное кольцо, а также сложный, зависящий от большого числа различных факторов, процесс изменения физических свойств разрабатываемого объекта. Такого же рода данные, которые ранее получали только в условиях открытого ствола, сейчас можно получать в обсаженных скважинах.

Цель работы - анализ современных технологий и технических средств ГИС при изучении текущего насыщения в обсаженных скважинах.

Существующая в Пермском Прикамье технология определения насыщения в обсаженной колонне (метод ИННК) ввиду некоторых особенностей и малой глубинности не всегда в силах выполнять решаемую задачу в пластах с нерасформированной зоной проникновения, в пластах промытых пресной водой и т.п.

В работе рассмотрены радиоактивные, электрические и акустические методы определения текущего насыщения в обсаженных колоннами скважинах, проведен их анализ с учетом опробования данных методов на различных геофизических предприятиях РФ. Из них были выбраны наиболее экономичные и эффективные для исследования текущей нефтегазонасыщенности на месторождениях Пермского Прикамья.



# СКВАЖИННАЯ ШТАНГОВАЯ НАСОСНАЯ УСТАНОВКА С ДОЗАТОРОМ

Белов А.Е.

Научный руководитель старший преподаватель Болтнева Ю.А.

*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск*

Актуальность этой темы обусловлена, во-первых, наличием больших залежей высоковязких нефтей, во-вторых, конструктивной простотой скважинной штанговой насосной установки, надежностью и неприхотливостью в обслуживании, и высоким коэффициентом полезного действия. Способом борьбы с асфальто-смолистыми парафинными отложениями является закачка в скважину специальных химических реагентов. Однако подача химических реагентов с устья скважины часто является неэффективной, так как реагент должен пройти через большую «подушку» пены и пластовой жидкости и попасть на прием скважинного насоса. Эту проблему решает забойный инжекторный дозатор, путем подачи, циклически, жидких водонерастворимых химических реагентов (ингибиторов) на прием штангового насоса в нефтяных скважинах. Дозатор работает так - скважинная жидкость поступает в штанговый насос через фильтр, отверстия и втулку инжектора. При этом во втулке происходит сужение потока жидкости, что приводит к падению давления в ней и впрыскиванию реагента из сопла, в результате чего нефть смешивается с реагентом. Одновременно в ёмкость по водопроводу поступает взамен реагенту пластовая вода, отстоявшаяся в корпусе над основанием.

Работу дозатора в скважине следует контролировать по изменению дебита скважины, величине нагрузки на головку балансира станка качалки, химическому анализу устьевых проб добываемой жидкости. Длину контейнера из насосно-компрессионных труб для заливки раствора ингибитора целесообразно подбирать с таким расчетом, чтобы повторная заправка дозатора химическим реагентом производилась при очередном текущем ремонте скважины.

Любой проект имеет смысл, если он экономически целесообразен. Расчет экономической эффективности показал, что в результате внедрения данного дозатора существенно уменьшаются затраты на обработку скважины. Качество обработки скважины дозатором не уступает, а по некоторым показателям даже превосходит существующие в настоящее время технологии. Внедрение дозатора позволит сократить количество технологических операций обработки и трудоемкость процесса. При сравнительно низких капитальных затратах, предлагаемая технология уменьшит себестоимость добычи единицы продукции и позволит получить дополнительную прибыль.

Следовательно, внедрение забойного инжекторного дозатора при добыче высоковязкой нефти экономически целесообразно.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ СБОРА И ТРАНСПОРТА ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН

Вяткин О.И.

Научный руководитель доцент Гребнев В.Д.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Россия занимает 2 место после США по протяженности подземных трубопроводов для транспортировки нефти, газа, нефтепродуктов и пластовой (попутной) воды, а первое место по их изношенности, что говорит о все возрастающем росте аварийности на трубопроводах. По отчетам Ростехнадзора ежегодно на промысловых нефтепроводах происходит более 19 тыс. порывов. Зарегистрированных же порывов на месторождениях Прикамья ежегодно фиксируется около 200 случаев. Основная доля таких порывов приходится на различные виды коррозии (пример Уньвинское нефтяное месторождение – здесь показываем табл.1 на проекторе).

Мы хотели бы предложить комплекс работ по технической диагностике наиболее опасных нефтепроводов и на газопроводе Уньва-Ольховка. За последние годы наиболее распространенным методом диагностики как нефтепродуктов, так и газопроводов является запуск различных внутритрубных снарядов-дефектоскопов, (таких как Ultrascan, British Gas и других – показываем схему рис. 2), которые помогают получить информацию о дефектах разных видов и происхождений. Для разумного метода диагностирования необходимо осознавать существенную разницу в экономической эффективности существующих методов контроля подземных трубопроводов.

Рассмотренные нами трубопроводы были построены многие годы назад, когда еще не планировался запуск снарядов-дефектоскопов. Пропуск таких снарядов повлечет за собой увеличение давления в трубопроводах, что может вызвать дополнительные сложности; также «традиционные» методы (визуально-измерительный, магнитопорошковый, ультразвуковой, рентгенографический) позволяют сделать лишь обзорный вывод о состоянии трубопровода (при выборочном контроле трубы в 2х или 3х шурфах на км. или на открытых участках).

В 2006 г. было начато освоение бесконтактной магнитометрической диагностики (БМД). Согласно А.А. Дубову, основными источниками возникновения повреждений в конструкциях являются зоны концентрации напряжений (КН), в которых коррозионные процессы, развитие усталости и ползучести проходят наиболее интенсивно. Метод магнитной памяти металла – метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния. Для проведения бесконтактного магнитного обследования создан прибор СКИФ (рис.4). Отметим высокую экономическую целесообразность применения данной технологии диагностирования. С помощью данного метода был обследован участок промыслового газопровода попутного нефтяного газа «Лупинг Чернушка-Пермь», протяженностью 24 км. В результате выявлено 15 участков с недопустимым состоянием металла (аномалии 1го ранга) общей протяженностью 90 м, 343 участка с аномалиями 2го ранга общей протяженностью 1015 м. Обнаруженные участки с аномалиями 3го ранга соответствуют требованиям действующей НТД.

Таким образом, мы рекомендуем применить магнитометрическую технологию диагностирования при обследовании особо аварийного промыслового газопровода Уньва- Ольховка.

# **РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К ВЫБОРУ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОКАЗАННЫХ ЗАПАСОВ**

Галеева Э.И.

Научный руководитель начальник отдела геолого-экономической оценки запасов углеводородов Поплаухина Т.Б.

*ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь*

Целью данной работы является разработка новых подходов к выбору геолого-технических мероприятий (ГТМ) для максимального увеличения доказанных запасов, величина и стоимость которых определяет стоимость акций компании ОАО «ЛУКОЙЛ» на международных биржах.

Для достижения поставленной цели в работе обозначены следующие направления:

- рассмотрение ГТМ, увеличивающих дебиты в добывающих скважинах, для прироста доказанных запасов;
- рассмотрение ГТМ, проводимых на участках неразрабатываемых частей залежей, для прироста доказанных запасов;
- сравнение ГТМ для выбора наиболее эффективных с точки зрения увеличения доказанных запасов.

# **ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С УЧЕТОМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРЕЩИН**

Гладышев С.В.

Научный руководитель профессор Кашников Ю.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В работе представлены результаты длительных испытаний образцов с трещиной при повышенных эффективных давлениях, отобранных из рифейской залежи Юрубчено-Тохомского месторождения (ЮТМ). На основе результатов испытаний и гидродинамических исследований скважин подобрана геомеханическая модель, описывающая изменение проницаемости в процессе снижения пластового давления. Описана реализация полученной геомеханической модели в гидродинамическом симуляторе Eclipse. Приведены результаты гидродинамических расчетов разработки первоочередного участка ЮТМ с учетом изменения трещинной проницаемости.

## СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КИСЛОТНЫХ СОСТАВОВ НА КАРБОНАТНЫЙ КОЛЛЕКТОР

Глущенко В.Н., Хижняк Г.П.\*

ООО «ФЛЭК», г. Пермь

ООО «ПермНИПИнефть»\*, г. Пермь

По разным подсчетам от одной трети до половины мировых запасов углеводородов приходится на карбонатные коллекторы. В настоящее время кислотная обработка призабойной зоны продуктивных пластов является основным интенсифицирующим способом увеличения объемов добычи нефти. Определяющая функция кислотных составов при обработке призабойной зоны пласта и проведении кислотного гидроразрыва пластов в карбонатных коллекторах заключается в относительно быстром и полном растворении контактирующих с ними твердых тел, что ведет к созданию в пористой матрице высокопроводящих каналов - «червоточин» или «wormholes», или несмыкаемых продолжительное время трещин.

К наиболее вероятным причинам низкой эффективности кислотной обработки призабойной зоны в карбонатных коллекторах относятся: преимущественное проникновение кислоты в наиболее дренированные интервалы с повышенной водонасыщенностью, быстрое истощение обычных составов на входе в призабойную зону пласта, их интенсивное рассеивание из формируемой трещины в матрицу, неверно выбранный режим нагнетания, не позволяющий сформировать в поровом коллекторе протяженные каналы растворения.

На реальных образцах керна порового и порово-трещинного типов турнейских отложений Этышского месторождения проницаемостью  $0.002-0.037 \text{ мкм}^2$  проведено сравнительное тестирование двух кислотных составов, применяемых при гидроразрыве пласта в известняковых формациях - 22 %-ного водного раствора HCl и лигно-сульфонатсодержащего солянокислого раствора, производимого под условной маркой «Кислота соляная модифицированная «ФЛЭК КС-401» по ТУ 2458-017-24084384-2008.

Показана неэффективность применения водного раствора HCl при низких скоростях закачки как для поровых, так и образцов с трещиной. Верно же выбранный режим позволяет сформировать один доминирующий канал растворения. Так при температуре  $25^\circ\text{C}$  увеличение скорости закачки до 1.7 см/мин привело к росту проницаемости поровых образцов до  $5 \text{ мкм}^2$ . При этом использование КС-401 требует меньшего, по сравнению с HCl, количества кислотного состава.

Регулированием скорости закачки 10-14 %-ных водных растворов HCl и кислотного состава КС-401 достигнуто эффективное увеличение проницаемости на карбонатных образцах месторождения Кумколь (Казахстан). В результате закачки кислотных составов со скоростью 0.2 см/мин при температуре  $60^\circ\text{C}$  проницаемость возросла с исходной  $10^{-5}-10^{-4} \text{ ммк}^2$  до  $2 \text{ мкм}^2$ .

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТА ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОВОЗДЕЙСТВИЕМ

Долгов Д.В.

*ООО «Экотехнойл», г. Железнодорожный*

Одной из главных проблем в нефтедобывающей отрасли является кольтматация призабойных зон скважин и, как результат, снижение нефтепроницаемости пласта и падение продуктивности. Это явление может быть вызвано технологическими нарушениями при бурении скважин с использованием различных видов бентонитового раствора или проявлением кольтматации поровых каналов, вызванной выпадением асфальтосмолистых веществ.

Необходимость решения этой проблемы приводит к разработке и внедрению новых технологий, направленных на восстановление нефтепроницаемости призабойной зоны скважины. Одним из перспективных видов воздействия на породу нефтяного пласта является импульсное электровоздействие.

Применение импульсной электрообработки пласта ориентировано на изменение пространственной структуры породы пласта в призабойной зоне скважины, а также пространственной структуры фильтрационных потоков в пласте.

Проведено четыре серии экспериментальных исследований по оценке влияния электрического поля на изменение нефтепроницаемости пласта. В каждом эксперименте исследовались последовательно:

- фильтрация нефти в пласте без электровоздействия;
- последующая фильтрация нефти в пласте при различных частоте и напряженностях электрического поля.

Проведенный комплекс лабораторных исследований по оценке влияния электрического поля на изменение нефтепроницаемости пласта подтвердил эффективность электровоздействия. Установлено, что воздействие электрическим полем на пористую среду способствует восстановлению подвижности нефти. Регулируя частоту и напряженность электрического поля, можно восстанавливать нефтепроницаемость пласта. При частоте электрического поля 15 Гц и прокачке одного порового объема нефти подвижность восстановилась на 50 %, а при частоте 50 Гц – на 30 %. Показано, что снижение перепада давления и рост электрической проводимости пористой среды в процессе фильтрации и, как следствие, увеличение нефтепроницаемости пласта, происходит интенсивнее при частотах 15 - 50 Гц. Результаты исследований показывают, что при воздействии электрическим полем с частой 15 Гц перепад давления уменьшается быстрее почти в два раза по отношению к воздействию электрическим полем частотой 120 Гц. Показано, что с ростом объемной напряженности электрического поля и уменьшением частоты воздействия перепад давления снижается интенсивнее при фильтрации нефти в пласте. При напряженности поля свыше 140 В/м и частоте 15 Гц перепад давления уменьшается на 20 % быстрее.

Результаты испытаний и эффективность электровоздействия на моделях пласта стали предпосылками для усовершенствования существующих электрических технологий направленных на интенсификацию нефтедобычи.

# КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОШАХТНОЙ РАЗРАБОТКИ ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Дуркин С.М.

Научный руководитель ст. преподаватель Петров Н.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

Ярегское месторождение высоковязкой нефти (15 тыс. мПа·с) находится в разработке около 70 лет. Первые 30 лет разработка велась шахтным методом на естественном режиме плотными сетками скважин (200-500 м<sup>2</sup>/скв), различным образом ориентированных в пласте. В дальнейшем применялись различные варианты теплового воздействия на пласт с поверхности и в шахтных условиях. В результате многолетних исследований была разработана уникальная термошахтная технология, реализованная на месторождении в промышленном масштабе и позволившая в 10 раз (с 6 до 60 %) увеличить нефтеотдачу пласта.

Термошахтная система разработки имеет свои особенности проектирования по сравнению с разработкой с поверхности. Теплоноситель закачивается через пологовосходящие скважины, расположенные в горных выработках. В результате данных особенностей моделирование процесса разработки становится весьма сложным. Но, несмотря на это, была впервые разработана гидродинамическая модель, учитывающая особенности Ярегского месторождения.

Одной из проблем, связанных с закачкой пара через пологовосходящие скважины, является разработка схем подачи пара в пласт, обеспечивающих, с одной стороны, наилучшее распределение тепла в пласте, с другой стороны, допустимый температурный режим в горных выработках.

Моделирование паронагнетательных скважин для определения теплофизических параметров теплоносителя является достаточно сложной задачей. Во время закачки пара в нагнетательную скважину происходит одновременное изменение давлений, температур, плотности водяной и паровой фаз потока, а также степени сухости пара. Изменения происходят из-за присутствия теплообмена между теплоносителем и холодной окружающей скважину породой и, как следствие, изменения состояния теплоносителя по длине скважины. Как показали расчеты, ключевую роль в прогреве пласта играет теплопроводность, так как нагнетательные скважины расположены непосредственно в продуктивной толще.

Движение пароводяной смеси описывается сложными математическими моделями, учитывающими двухфазный характер течения смеси в паронагнетательной скважине. Для определения параметров теплоносителя по длине пологовосходящих паронагнетательных скважин было выполнено сравнение известных математических моделей, описывающих двухфазное движение теплоносителя в скважинах.

Все существующие на мировом рынке гидродинамические симуляторы разрабатывались для решения задач разработки месторождений с поверхности и не описывают всех особенностей термошахтной системы разработки, поэтому разработка методик и средств учета особенностей термошахтных технологий разработки при их моделировании является весьма актуальной задачей. Разработанные в работе алгоритмы реализованы в компьютерных программах. Разработанная методика позволяет учесть эффект теплопроводного прогрева пласта в гидродинамическом симуляторе.

# ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КРИВЫХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНАХ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ

Ерофеев А.А.

Научный руководитель профессор Мордвинов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Карбонатные породы характеризуются сложностью строения пустотного пространства и протекающих в нем процессов фильтрации. По структуре пустотного пространства карбонатные коллекторы относят к трещинно-поровым, в которых высокопроницаемые трещины разделяют низкопроницаемую породу на блоки (матрицу). Коэффициент пьезопроводности, характеризующий процесс распределения давления в продуктивном пласте, в коллекторе трещинно-порового типа может изменяться в широких пределах – от высоких значений в трещинах до очень низких в матрице породы. Процесс дополнительно усложняется, если пластовая нефть имеет повышенную или высокую вязкость.

При обработке более 50 кривых восстановления давления, полученных при исследовании скважин на нефтяных месторождениях Ножовской группы (Пермский край) с карбонатным коллектором и высоковязкой (65,8 мПа·с) нефтью, было установлено, что значительная часть КВД (~25%) оказалась недовосстановленной несмотря на то, что последние два измерения давления, выполненные с достаточно большим интервалом времени, показали практически одинаковые результаты. Объяснить такую особенность можно либо интерференцией соседних скважин, либо очень низкими темпами восстановления давления в заключительный период исследования при низких значениях коэффициента пьезопроводности горной породы.

При обработке большей части КВД выявились затруднения с выделением прямолинейных участков на заключительной части кривых. Для определения продолжительности времени, необходимого для выхода КВД на асимптоту, предложены различные методы и формулы, применение которых возможно лишь после обработки КВД. Предварительная оценка необходимого для выхода КВД на асимптоту периода времени должна выполняться на основе параметров (показателей), определение которых возможно до проведения исследования. В качестве такого параметра может быть использован коэффициент продуктивности скважины.

Метод касательной для обработке КВД является одним из наиболее распространенных. Однако недостатками этого метода являются существенное влияние послепритока и зональной неоднородности пласта на форму КВД и, как следствие, трудности в выделении прямолинейного участка для дальнейшей обработки. С учетом значительного количества недовосстановленных КВД, применение метода касательной становится затруднительным.

При анализе результатов обработки кривых восстановления давления в работе предложены аппроксимирующие уравнения, с помощью которых оценивается возможность применения метода касательной для обработки КВД в скважинах карбонатного коллектора.



# КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БАШКИРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ефимов А.А., Кочнева О.Е.

Научный руководитель профессор Галкин С.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

На базе исследований кернового материала выполнены литолого-фациальные исследования и проведен корреляционный анализ коэффициентов открытой пористости ( $K_n$ ) и абсолютной проницаемости по газу ( $k$ ) башкирской карбонатной толщи Сибирского месторождения. Характеристика фаций, приводимая в статье, основывается на работах Щербакова О.А., Крашенинникова Г.Ф. и др. Для каждой фации посчитаны средние значения пористости и проницаемости и определены регрессионные зависимости этих параметров. В башкирский век на исследуемой территории существовали морские мелководные фации, что благоприятствовало карбонатному осадконакоплению. Осадконакопление происходило в неглубоком морском бассейне. Рельеф дна бассейна седиментации существенно влиял при осадконакоплении на распределение карбонатного материала. Структурная разность карбонатных пород является прямым отражением условий осадконакопления. Изучение структурных особенностей и вещественного состава карбонатных пород позволяет выделить среди них следующие основные литогенетические типы: пелитоморфные, микрозернистые, тонкозернистые, сгустковые, комковатые, сгустково-комковатые, детритовые, органогенно-детритовые, биоморфные, органогенно-обломочные, брекчиевые и оолитовые.

По положению относительно береговой линии, гидродинамическим особенностям и глубинам на исследуемой территории выделяются морские фации: морские-мелководные открытого моря ( $M^M$ ) и прибрежно-морские мелководные (ПМ-М).

Фации морские-мелководные открытого моря ( $M^M$ ) включают фации отмелей (ОТ), фации поселений различных организмов (ПО): водорослевые поселения (ВП), фораминиферовые поселения (ФП), фации относительно ровного морского дна (РМД). Анализируя фациальные особенности и корреляцию пористости и проницаемости отложений башкирского века можно сделать следующие выводы: фациальный ряд, отражающий закономерности смены осадков в открытом эпиконтинентальном море, имеет следующую последовательность фаций (в направлении от берега): ПМ-МЗ, РМДС, РМДП, ПО (ФП, ВП), ОТ, и переход от одной фации к другой происходит постепенно; наиболее высокие фильтрационно-емкостные свойства характерны для фаций ПМ-МЗ с минимальным значением коэффициента пористости равным 8,5% и средним значением  $k = 40,9 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ; от фаций ПМ-МЗ наблюдается переход к фациям ПО, для которых отмечено увеличение нижнего значения коэффициента пористости до 9,0% с понижением среднего значения коэффициента проницаемости до  $21,6 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ; фации РМДС и РМДП, выделяемые в фациях относительно ровного морского дна (РМД), характеризуются различной проницаемостью коллекторов в 1,5 раза для средних и в 2 для крайних максимальных значений, что объясняется резким отличием их по структурам; зависимость проницаемости от пористости для фаций ОТ не прослеживается. Выделенные в данной работе структурные особенности башкирских отложений Сибирского месторождения сопоставимы с результатами исследований других авторов и могут быть использованы для уточнения геологической модели и при проектировании разработки месторождения.

# **О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОЙ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ В ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПЛАСТАХ**

Злобин А.А., Юшков И.Р.\*

ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь

*\*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Остаточная нефтенасыщенность (ОН) пласта является одной из важнейших количественных характеристик, определяющих эффективность заводнения и разработки нефтяных месторождений в целом. Оценка и прогноз ОН необходимы для определения запасов, нефтеотдачи пластов, контроля за разработкой, при выборе и планировании методов повышения нефтеотдачи пластов.

Современный этап развития нефтяной отрасли в России характеризуется вступлением большинства крупных месторождений в завершающую стадию разработки. Поэтому в последнее время серьезное внимание стали уделять проблемам остаточного нефтенасыщения пластов, которое может быть использовано в качестве ресурсной базы для пополнения и прироста запасов УВ.

В последнее время достигнуты значительные успехи в изучении проблемы ОН. Однако следует отметить, что решение этой задачи еще далеко от завершения ввиду ее сложности, масштабности и многогранности.

В предлагаемой работе проведено обобщение результатов, полученных авторами в многочисленных публикациях, связанных с формированием остаточных фаз в поровом пространстве пород-коллекторов. В основе экспериментальных работ положены комплексные исследования природного неэкстрагированного керна из промытых зон пласта (структура ОН, вязкость ОН, энергия активации фаз и др.).

Механизм формирования остаточной нефтенасыщенности обусловлен индивидуальной активностью компонентов нефти и исходной смачиваемостью минералов. Регулирующим фактором выступает слой остаточной водонасыщенности и структурные особенности системы пор. При дренировании водо-нефтяной смеси происходит адсорбция активных компонентов за счет деформации и разрушения стабилизирующих сольватных оболочек из смол. Это приводит к ассоциации асфальтенов и их адгезии на поверхность с последующим оттеснением пленки воды и увеличением периметра несмачивающей фазы.

Влияние порового объема проявляется в упрочнении межмолекулярных связей молекул нефти, увеличении анизотропности молекулярных движений, сокращении степеней свободы и объемной дифференциации гомологов углеводородов. Более тяжелые УВ «выдавливаются» к твердой поверхности, а легкие и мобильные занимают центральную часть поры. На поверхности поровых каналов возникает жестко структурированный слой связанной нефти, который обуславливает сдвиг интегральной смачиваемости в сторону предельной гидрофобизации поверхности. Величина ОН в таких пластах остается неизменной и уже не зависит от структуры пород и скорости закачки воды.

# **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛОГО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОГНОЗЕ ОБВОДНЕННОСТИ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Илюшин П.Ю.

Научный руководитель профессор Галкин С.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

За длительный период эксплуатации нефтяных месторождений Пермского края накоплен большой опыт разработки залежей, имеющих различные геолого-физические свойства коллекторов и пластовых нефтей, строение пластов и реализуемые системы разработки. Это создает основу для широкого применения статистических моделей экспресс-оценки динамики изменения остаточных запасов, обводненности продукции и прогнозе других технологических показателей разработки эксплуатационных объектов.

В 1996 году в «ПермНИПИнефть» разработана программа «Аналог», которая решает задачи выбора объектов с близкими геолого-физическими характеристиками, формирования зависимостей различных видов и др. Ключевым звеном методики является построение для моделей-аналогов модифицированных зависимостей обводненности продукции скважин от степени выработки извлекаемых запасов нефти  $w=f(\eta)$ . В данной работе рассмотрены возможности решения указанной проблемы для визейских терригенных залежей (эксплуатационные объекты Тл-Бб-Мл).

В результате анализа условий разработки 230 визейских эксплуатационных объектов количественная классификация залежей по стадиям разработки позволила выделить 63 залежи, находящиеся на завершающих стадиях разработки. Информация по объектам поздних стадий для анализа является наиболее достоверной, поэтому именно они в данной работе являются объектами для построения математических моделей. Установленные на залежах с высокой степенью выработки запасов нефти закономерности можно переносить на прогнозирование динамики геолого-технологических характеристик других менее выработанных объектов.

В результате проведенного анализа определен комплекс критериев, наиболее влияющих на динамику изменения технологических характеристик разработки запасов нефти: стадия разработки эксплуатационного объекта; пластовые свойства нефти; характеристики коллекторских свойств пород и др. Проанализировано влияние различных геолого-технологических характеристик на динамику изменения обводненности продукции скважин от выработки запасов. Установлен комплекс геолого-технологических показателей, контролирующих динамику изменения обводненности от степени выработки. В частности при одинаковых значениях выработки запасов с ростом вязкости пластовой нефти  $\mu$  обводненность продукции растет значительно быстрее.

Установленные статистические зависимости позволяют с учетом геолого-технологических условий разработки оперативно прогнозировать динамику изменения обводненности, а также осуществлять контроль данного показателя, оцененного с помощью гидродинамических методов.

# ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НЕФТЕПРОВОДА ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ

Илюшин П.Ю., Чумаков Г.Н.

Научный руководитель профессор Мордвинов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Одной из актуальных задач развития топливно-энергетического комплекса РФ на сегодняшний день является проблема эффективного использования попутного нефтяного газа (ПНГ) – постоянного «спутника» нефти при её добыче. Утилизация ПНГ требует решения задач промысловой транспортировки газа от добывающих скважин до пунктов его сбора и подготовки.

В настоящей работе рассматриваются методические вопросы решения задачи многофазной транспортировки скважинной продукции по промысловым нефтепроводам, при которой создаются условия для сокращения затрат на промысловое обустройство нефтяных месторождений и повышения степени использования ПНГ.

Для гидравлического расчета нефтепроводов при транспортировке газожидкостных смесей (ГЖС) применяют методики, основанные на полуэмпирических соотношениях, определяющих структуру и другие характеристики потока в трубопроводе.

В данной работе выполнен гидравлический расчет действующего нефтепровода, по которому транспортируется продукция добывающих скважин Осинского нефтяного месторождения (Пермское Прикамье) от ДНС – 0552 до групповой установки №12.

Вопросы совместного движения нефти (жидкости) и нефтяного газа наиболее полно рассмотрены в работах А. И. Гужова, В. Ф. Медведева, Бегса и Брилла, в методике ВНИИгаза. Расчеты по определению потерь давления в нефтепроводах основаны на определении состояния и свойств фаз для каждого сечения трубы с газожидкостным потоком. Основное отличие перечисленных методик заключается в способе определения истинного газосодержания и структуры потока.

Для проведения гидравлического расчета при перекачке ГЖС, наряду с данными при гидравлическом расчете трубопроводов при перекачке жидкости, необходимы дополнительные данные, отражающие свойства газа и системы нефть-газ-вода – газовый фактор (газонасыщенность пластовой нефти), давление насыщения, плотность и вязкость газа при стандартных условиях, поверхностное натяжение на границах фаз.

Последовательность гидравлического расчета трубопроводов, транспортирующих газожидкостные смеси, включает следующие этапы:

- приведение расходных параметров и физических свойств фаз к термодинамическим условиям в трубопроводе;
- определение форм течения ГЖС на нисходящих и восходящих участках трубопровода;
- определение истинного газосодержания на выделенных участках (в зависимости от форм течения ГЖС);
- определение потерь давления в трубопроводе.

В ходе данной работы дана оценка возможности применения рассмотренных методик гидравлического расчета для оптимизации систем сбора на месторождениях Пермского края.

# **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ БАШКИРСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ**

Кочнева Т.С., Головизина А.А.

Научный руководитель ассистент Поплыгин В.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Нефтяные месторождения севера Пермского Прикамья территориально приурочены, в основном, к площади распространения Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС). Одними из основных объектов разработки месторождений являются нефтенасыщенные продуктивные пласты башкирского горизонта.

Плотность пластовой нефти башкирских объектов севера Пермского Прикамья колеблется в пределах 770-810 кг/м<sup>3</sup>, давление насыщения изменяется в интервале 11,65 – 14,98 МПа, динамическая вязкость нефти в пластовых условиях 1,45 – 2,8 мПа·с, газосодержание 49,7 - 90,0 м<sup>3</sup>/т. На всех рассмотренных объектах разработка ведется с поддержанием пластового давления.

При разработке башкирских объектов во время эксплуатации добывающих скважин забойное давление снижалось до 30% от давления насыщения, пластовое до значений давления насыщения нефти газом.

В специальной литературе отмечено, что при снижении пластовых и забойных давлений в продуктивных пластах, особенно в призабойных зонах, в связи с деформациями коллектора и выделением из нефти растворенного газа происходит снижение проницаемости горных пород и продуктивности скважин. Это неизбежно ведет к снижению дебитов и влечет за собой ряд негативных последствий: усложнения процесса разработки, проявление осложнений при эксплуатации скважин и др. Для эффективной разработки существующих месторождений, а также проектирования ввода новых объектов на уже разрабатываемой территории, необходимо знать основные зависимости дебитов и продуктивностей от технологических параметров работы залежей.

В работе рассмотрены зависимости продуктивности и дебитов скважин от значений забойных и пластовых давлений. Продуктивность добывающих скважин залежей нефти в башкирских отложениях Сибирского, Уньвинского, Озерного, Логовского и других месторождений, приуроченных к территории распространения ВКМКС, при уменьшении пластового давления на 10% и забойного на 20%, уменьшается на 75%, дебиты скважин снижаются до 30% от первоначальных. Снижение продуктивности и дебитов скважин замедляет темпы выработки запасов нефти. Для скважин, эксплуатирующихся с забойными давлениями ниже давления насыщения, темп извлечения запасов нефти в разы меньше, чем по скважинам с высокими значениями забойных и пластовых давлений.

Приведенные материалы свидетельствуют о необходимости поддержания пластовых давлений на башкирских объектах севера Пермского Прикамья на первоначальном уровне и вводе систем поддержания пластового давления на вновь разрабатываемых продуктивных пластах на начальных стадиях разработки.

# **ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ПЕРМСКОГО КРАЯ)**

Крутиков М.В.

Научный руководитель начальник отдела мониторинга и проектирования экологической безопасности Костарев С.М.

*ООО «ПермНИПИнефть», г.Пермь*

В связи с ограниченностью водных ресурсов (сульфатные воды рек, низкие дебиты скважин, вскрывающих пресные подземные воды и рассолы) при разработке нефтяных месторождений на юго-востоке Пермского края существуют проблемы технического водоснабжения нефтепромыслов. Для решения существующих задач необходимо выполнить анализ информации по состоянию гидросферы; провести натурные гидрологические и гидрогеологические исследования; дать оценку ресурсов поверхностных и подземных вод и их совместимости с рассолами продуктивных отложений нефтяных месторождений; обосновать возможное местоположения водозабора с учетом технических характеристик оборудования и технологических возможностей нефтепромысла.

Анализ информации показал, что на данной территории для технического водоснабжения нефтяных месторождений (в соответствии с заявленной потребностью) могут быть использованы: поверхностные воды реки Ирень и подземные воды водоносной локально-слабоводоносной нижнепермской карбонатной серии.

Гидрометрические работы проведенные на реке Ирени и последующие расчеты минимального среднемесячного стока показали, что ресурсы поверхностного стока даже при 95 % обеспеченности позволяют использовать воды реки в качестве источника технического водоснабжения (2 варианта размещения водозабора). Анализ гидрогеологической информации показал, что требуемая проектная мощность водозабора может быть достигнута посредством строительства нескольких водозаборных скважин на территории распространения водоносной локально-слабоводоносной нижнепермской карбонатной серии в пределах горных отводов нефтяных месторождений (3 варианта размещения водозабора). Прогноз совместимости поверхностных и подземных вод водоносной (по СТП 07-03.4-15-001-09) показал допустимость использования их для заводнения нефтяных залежей палеозойских отложений.

Полученные результаты научно-исследовательской работы положены в основу технико-экономической оценки проекта строительства водозабора. При сопоставлении вариантов проектных решений (с учетом затрат и технологической целесообразности) к реализации рекомендован проект строительства водозабора на основе использования пресных подземных вод.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТРУКТИРОВАННОГО ГУАРОВОГО ГЕЛЯ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИОБСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Кузьмин М.И., Стрижнев К.В.\*, Алексеев Ю.В.\*, Гумеров Р.Р.\*

Научный руководитель профессор Рогачев М.К.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт им Г.В. Плеханова  
(технический университет), г. Санкт-Петербург*

*\*ООО «Газпромнефть НТЦ», г. Санкт-Петербург*

Неорганические отложения на насосно-компрессорном оборудовании и в системе сбора, подготовки и перекачки скважинной жидкости негативно влияют на их работу. В течение эксплуатации в высоконапорных водоводах КНС-1 замечен рост линейное давление. Для выяснения причин роста линейного давления высоконапорных водоводах КНС-1 он был вскрыт. Оказалось, что сечение водовода уменьшилось из-за отложений. Химический анализ проб отложений показал, что они в основном состоят из карбоната кальция и продуктов коррозии (оксиды железа, карбонат железа). Следствием формирования отложений в напорном трубопроводе был рост падения давления по некоторым участкам напорных трубопроводов. В частности, удельное падение давления на первом участке КНС-1 составляло 4,5 ат/км, на втором участке 5,08 ат/км на остальных участках удельное падение давления 2,1-2,5 ат/км. Причем наблюдается тенденция роста давления. В частности общий перепад давления от КНС-1 составлял 43 ат. Тенденция роста давления сохраняется. Очевидно, что по некоторым кустам происходит невыполнение планов по закачке воды на 5 – 15%. Планируемое строительство перемычки между зоной обслуживания КНС-1 и зоной обслуживания КНС-2 снизит дефицит воды, однако, по сделанным оценкам, полного замещения напорного трубопровода перемычка не выполнит. В этой связи в настоящей статье предпринята попытка на основании исследования состава воды от всех источников, поступающих в систему ППД разработать рекомендации по снижению склонности воды к солеотложению, коррозионным проявлениям.

По предварительным исследованиям, проведенным (Шадымухамедов С.А.) было выяснено влияние полигона утилизации отходов после освоения скважин после ГРП на процессы выпадения солей. Действительно, влияние водо-нефтяной смеси отбираемой с полигона утилизации влияет как на процесс деэмульсации на ЦППН, так и на выпадение кальцита в высоконапорных водоводах КНС-1. Для уточнения причин образования кальцита в высоконапорных водоводах в данной статье представлены результаты химического анализа жидкости поступающей на полигон и откачиваемой в нефтесборный коллектор; анализ воды в РВС, выходящей с УППН и поступающей на КНС-1. Выявлены основные причины, которые приводят к образованию кальцита в высоконапорном водоводе КНС-1. Исследовано влияние жидкости с полигона утилизации отходов на эффективность отделения воды из водо-нефтяной эмульсии. Исследован процесс смешения воды поступающей в РВС УПН и рассмотрена возможность урегулирования конфликта вод в емкостях УПН.

## **К ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН УСТАНОВКАМИ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ**

Латышев В.А.

*ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь*

Рациональное использование энергетических ресурсов, или энергоэффективность, является стратегическим направлением приоритетного технологического развития государства. По некоторым данным, потребление электроэнергии на предприятиях нефтегазового сектора превышает среднее по промышленности значение на 30 %. В этой связи проблема энергосбережения является весьма актуальной для нефтедобывающих предприятий.

В условиях преобладающей доли механизированной добычи нефти важной задачей следует считать энергосбережение скважинных насосов.

На месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-КОМИ», ТПП «ЛУКОЙЛ-УХТАНЕФТЕГАЗ» большое количество скважин эксплуатируется установками скважинных штанговых насосов (УСШН), в качестве привода которых используются станки-качалки, оборудованные асинхронными электродвигателями.

В сентябре 2010 г. на пяти добывающих скважинах произведены замеры фактических значений основных параметров работы электродвигателей: активная мощность, напряжение, сила тока, коэффициент мощности. Инструментальный замер произведен на присоединениях к электродвигателям. При проведении исследований использовалось современное оборудование – анализатор электропотребления и качества энергии серии AR.5M. Данный прибор позволяет измерять значения силы тока по трем фазам, а частоту и активную мощность – по каждой фазе.

С целью анализа энергоэффективности работы рассматриваемых электродвигателей произведен расчет основных параметров их работы по методикам, утвержденным в ОАО «НК ЛУКОЙЛ». При расчете использованы фактические значения показателей технологических режимов работы скважин: глубины спуска насосов, диаметры насосов, удельный вес жидкости, частоты качаний и длины хода полированного штока, а также КПД электродвигателя, механической передачи и подземной части оборудования (НКТ, штанги). Произведенные расчеты показали, что при существующих показателях эксплуатации установленные на скважинах электродвигатели работают с низкими значениями коэффициента загрузки.

Для повышения энергоэффективности работы пяти рассматриваемых скважин целесообразно провести на них замену электродвигателей. При подборе оборудования также использованы значения фактических показателей технологических режимов работы этих скважин и результаты теоретического определения активной мощности. Коэффициенты загрузки подобранных электродвигателей достаточно высоки (в пределах от 0,68 до 0,80).

Замена электродвигателей на пяти скважинах позволит снизить расход электроэнергии на 27 кВт·ч/т. При суммарном дебите нефти этих скважин в количестве 30 т/сут и стоимости электроэнергии 2 рубля/ кВт·ч экономическая эффективность составит примерно 1600 рублей в сутки.

Подобный подход выбора электродвигателей при эксплуатации скважин с УСШН с учетом значений показателей их работы позволит значительно повысить их энергоэффективность.



# **АНАЛИЗ ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ ИЗВЕСТНЫХ СЕПАРАТОРОВ, ВЫБОР НАИБОЛЕЕ РАБОТОСПОСОБНОГО ДЛЯ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Ледков А.О.

Научный руководитель Кондрашов П.М.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Сибирский федеральный университет»,  
г. Красноярск*

Эксплуатация нефтяных и газовых скважин заключается в содержании активной части ствола в рабочем состоянии. Это достигается различными методами: химическими, физическими, физико-химическими и т.д. Большинство крупных месторождений имеют в продуктивных горизонтах песчаный состав, что вызывает определенные трудности при добычи углеводородов. При эксплуатации таких месторождений применяются различные по своему строению скважинные фильтры, рассмотрим некоторые из них которые могут применяться на Ванкорском месторождении.

По данным журнала Роснефть «Научно-технический вестник» в скважинах Ванкорского месторождения используют противопесочные фильтры, что позволяет обеспечить более высокие дебиты нефти примерно в первые 500 суток. Однако затем из-за более позднего прорыва газа и воды по высокопроницаемому прослою скважина дольше работает с более высоким дебитом нефти, более низкими дебитами газа и воды.

В настоящее время разработано множество видов скважинных фильтров, но наибольшее распространение получили каркасно-стержневая, кольчатая и перфорационная конструкции. Каждая из перечисленных конструкций требует свой индивидуальный подход для точного расчета фильтрационного потока к скважине.

Применительно для Ванкорского месторождения, с учетом горизонтального профиля скважин и залегающих пород, можно выделить наиболее лучшие типы скважинных фильтров: перфорационный, проволоочный и сетчатый. При спуске фильтра в горизонтальную скважину необходимо обеспечить его устойчивость на смятие при аномальных давлениях, сохранность формы фильтра, т.к. это влияет на качество фильтрации пласта. Перфорационные фильтры соответствуют этим требованиям и используются с применением различных улучшающих качество фильтрации технологий. Для применения сетчатых и щелевых фильтров в подобных скважинах необходимо использовать специальные конструкции фильтров, которые обеспечивали бы сохранность формы, например с выступающими «ребрами», которые прикреплены к корпусу фильтра. На практике используются фильтры различного конструкторского исполнения, которые состоят их перфорационных труб (отверстия, выполнены в виде щелей, конусных трапециевидных отверстий) на которые намотана проволока (может быть различного сечения), такие фильтры выдерживают высокое давление в скважине, а так же позволяют получать высокий дебит флюида.

В работе рассмотрены наиболее применяемые виды фильтров, их достоинства и недостатки. Применение правильно подобранного скважинного фильтра позволяет эксплуатировать скважину с высоким дебитом в течение длительного времени. При этом уменьшается необходимость проведения частых ремонтных работ ствола скважины.

# **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН УНЬВИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Лекомцев А.В., Турбаков М.С.

Научный руководитель профессор Мордвинов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Уньвинское нефтяное месторождение – наиболее крупное по размерам и запасам нефти на территории ВКМКС, разрабатывается с 1981 г. Месторождение имеет сложное геологическое строение. Основной объект разработки – залежь нефти в отложениях бобриковского горизонта в нижнем карбоне. Пластовая нефть легкая, маловязкая, имеет высокие значения газосодержания и давления насыщения газом. На основном по извлекаемым запасам и объёмам добычи нефти Уньвинском поднятии добывающие скважины эксплуатируются установками электроцентробежных (УЭЦН) и штанговых (УСШН) насосов, причём доля скважин с УЭЦН превышает 78,0% от всего фонда. Около 27% скважин с УЭЦН работают в режиме периодической откачки жидкости.

При работе ЭЦН в скважине с высоким содержанием свободного газа в откачиваемой жидкости его техническая характеристика существенно отличается от стендовой, снятой на воде. Последняя учитывает отклонения в геометрии проточных каналов, качество изготовления рабочих колес и направляющих аппаратов. Считается, что эффективная вязкость газожидкостной смеси в проточной части ЭЦН примерно равна вязкости водонефтяной эмульсии. При вязкости пластовой нефти залежи Бб, не превышающей 1,5 мПа·с, обводнённости не более 50% вязкость эмульсии составит менее 7 мПа·с. По данным, приведенным в работах профессора А.Н. Дроздова, при такой вязкости влияние ее на напорно-расходную характеристику незначительно, поэтому в рассматриваемых условиях основным фактором, влияющим на работу ЭЦН, является наличие свободного газа в откачиваемой жидкости.

В работе рассмотрены 24 скважины (ЭЦН5-18 – 8 скв., ЭЦН5-30 – 10 скв., ЭЦН5-60 – 6 скв.) с различными сочетаниями показателей, характеризующих режим их работы, для которых содержание свободного газа в откачиваемой жидкости не превышало 10% по объему. Проведены расчёты по определению коэффициентов, корректирующих характеристики насосов в скважинах (без газовых сепараторов) с номинальной подачей 18; 30 и 60 м<sup>3</sup>/сут.

# **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ С УЧЕТОМ УРОВНЯ ЗЕРКАЛА ВОДЫ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛАСТА БШ ЮЖНОГО ПОДНЯТИЯ ШЕМЕТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Мильчаков С.В., Наговицына Е.Ю.

Научный руководитель начальник отдела гидродинамического моделирования северной группы месторождений Леонтьев Д.В.

*ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь*

Цель работы: повышение качества и достоверности геолого-гидродинамической модели.

Определение реального уровня водонефтяного контакта имеет большое практическое значение при разведке залежей, подсчете запасов нефти, разработке и т.д. Уровень ВНК в карбонатных отложениях пласта Бш южного поднятия Шеметинского месторождения установлен на абсолютной отметке -994м по результатам опробования скважины 221 по отметке нижнего интервала перфорации с учетом проницаемых пропластков, давших при опробовании безводную нефть.

Для определения уровня зеркала воды использовалась усредненная кривая капиллярного давления. Высота переходной зоны была рассчитана аналитическим методом и составила  $h = 2,2$  м. Следовательно, уровень зеркала воды находится на отметке -996,2 м.

Распределение водонасыщенности в переходной зоне проводилось двумя способами:

1. Аналитический;

2.С помощью инструмента Water Saturation Modelling программного комплекса IRAP RMS компании ROXAR (в основе лежит J- функция Леверетта);

Адаптация модели по истории разработки проводилась в программном продукте TEMPEST MORE компании ROXAR. В модели с учетом переходной зоны расчетные показатели эксплуатации данных скважин практически повторяют исторические показатели либо стремятся к ним. Анализ способов моделирования распределения водонасыщенности в переходной зоне показал, что второй способ распределения является наиболее достоверным.

Для повышения качества и достоверности геолого-гидродинамической модели необходимо учитывать уровень зеркала воды залежи и распределение нефтенасыщенности в переходной зоне залежи.

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ПЕРВИЧНОЙ ПОДГОТОВКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Миляев А.П., Радюков Р.Г.

Научные руководители профессор Пивоварова Н.А., доцент Кириллова Л.Б.,  
ассистент Г.В. Власова

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный технический университет»,  
г. Астрахань*

При добыче нефти и газоконденсата из призабойной зоны вместе с углеводородным сырьем на поверхность выносятся значительное количество воды с растворенными солями и механические примеси (частицы породы, буровых растворов, продуктов коррозии и др.).

В настоящее время ужесточаются требования по содержанию вредных примесей в углеводородном сырье, так как их присутствие приводит к забивке и коррозии оборудования, вызывает необходимость внеплановых остановок, снижает качественные характеристики получаемых нефтепродуктов, уменьшает сроки службы дорогостоящих катализаторов.

На действующих установках интенсификация процесса удаления механических примесей из углеводородного сырья преимущественно достигается за счет оптимизации технологических параметров, использования добавок, модернизации оборудования, что зачастую влечет за собой большие затраты, и в целом снижает экономическую эффективность. Актуален поиск менее дорогостоящих методов, не требующих больших капитальных вложений и энергетических затрат, позволяющих добиться более эффективного удаления нежелательных компонентов из нефти и газоконденсата.

Цель данной работы – экспериментальное исследование влияния волновых воздействий на процесс отделения примесей путём фильтрации и подбор фильтрующего материала.

В качестве объекта исследования был выбран астраханский стабильный газоконденсат и широкая фракция нк-350 °С астраханского газоконденсата.

В качестве фильтрующих материалов использовались фильтры «Белая Лента», «Палл» и волоконный титановый материал, размеры пор которых 20 мкм, 0,8 мкм и 10 мкм соответственно.

Изучены закономерности фильтрации углеводородного сырья на различных фильтрах и воздействия магнитного и ультразвукового полей на эффективность фильтрации.

# ХАРАКТЕРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛ. ТЛ<sub>2</sub> СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ)

Митрофанов В.П., Чечкина Т.В.

ООО «ПермНИПИнефть», г. Пермь

В работе рассмотрены характерные параметры водонасыщенности (ХПВ), соответствующие основным соотношениям относительных фазовых проницаемостей (ОФП) нефти и воды – нулевым и равновероятным. Они определяют механизм вытеснения нефти, эффективность заводнения, динамику обводненности скважин и являются основой объемного геологического моделирования и модифицированных ОФП.

В связи с трудоемкостью подобных экспериментальных исследований задача состояла в установлении обобщенных ХПВ, отражающих весь диапазон коллекторов пласта в пределах какой-либо структурно-тектонической зоны с достаточно однотипными условиями седиментации и последующего преобразования.

Объектом исследования послужили породы пл. Тл<sub>2</sub> Соликамской депрессии Пермского региона. Представлены они преимущественно песчаниками мелкозернистыми, алевритистыми с различным содержанием глинистого и карбонатного цемента, проницаемостью 10-1000 мД. Несмотря на неоднородность пород пл. Тл<sub>2</sub>, соотношения основных параметров контролируются едиными корреляционными полями. Это позволяет обоснованно рекомендовать для залежей пл. Тл<sub>2</sub> использование обобщенных критических водонасыщенностей.

Обоснование ХПВ и ОФП произведено по данным метода капилляриметрии на образцах с широким диапазоном проницаемости. В результате были определены:

- критическая водонасыщенность  $K_{вкр}^1$  на уровне нулевой относительной проницаемости нефти ( $K_{прн}^{отн} = 0$ ), принимаемого за ВНК;
- критическая водонасыщенность  $K_{вкр}^3$  на уровне равных относительных проницаемостей нефти и воды ( $K_{прн}^{отн} = K_{прв}^{отн}$ );
- критическая водонасыщенность  $K_{вкр}^2$  на уровне нулевой относительной проницаемости воды ( $K_{прв}^{отн} = 0$ );
- стабилизационная водонасыщенность ( $K_{в}^{стб}$ ) на уровне переходной зоны (ПЗ) залежи с однофазной фильтрацией нефти ( $K_{прн}^{отн} = 1$ );
- остаточная водонасыщенность ( $K_{ов}$ ) предельно нефтенасыщенной части залежи, выше ПЗ залежи, с однофазной фильтрации нефти ( $K_{прн}^{отн} = 1$ ).

Для всех ХПВ были установлены зависимости отдельно от пористости, проницаемости и структурного параметра, учитывающего влияние одновременно емкостных и фильтрационных свойств. Данные зависимости позволяют выделять переходную зону залежи, оценивать нефтенасыщенность дифференцированно (с учетом переходной и предельно нефтенасыщенной зон), прогнозировать результаты опробования на различных уровнях залежи в любом диапазоне коллекторских свойств. Эти зависимости являются трендовыми и могут использоваться при решении задач трехмерного моделирования.

# **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПАРАФИНА В ГАЗОВОМ КОНДЕНСАТЕ**

Михалев А.Ю., Михалева Е.В.

Научный руководитель Волков А.Н.\*

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта*

*\*ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Ухта*

Для успешного освоения газоконденсатных месторождений необходимо решение ряда вопросов, связанных с отложением парафиновых углеводородов на поверхностях стволов скважин, коммуникаций, оборудования, а также вопросов, связанных с транспортировкой газового конденсата, содержащего парафины. Принятие тех или иных мер зависит от анализа состава газового конденсата, а именно определения содержания парафина. В настоящее время массовое содержание парафинов определяют по ГОСТ 11851-85, который регламентирует два метода определения парафина: метод А и метод Б. Метод А заключается в предварительном удалении асфальто-смолистых веществ из газового конденсата, их экстракции и адсорбции, и последующего выделения парафина смесью ацетона и толуола при температуре минус 20°C. Метод Б заключается в предварительном удалении асфальто-смолистых веществ из газового конденсата вакуумной перегонкой с отбором фракций 250 – 550 °С и выделении парафина парным растворителем – смесью спирта и эфира при температуре минус 20 °С. Определение содержания парафинов этими методами очень трудоемко и занимает много времени, к тому же, в качестве реактивов применяются толуол и ацетон, которые являются сильно токсичными ядами. Отдельного внимания заслуживает тот факт, что данные измерения могут проводиться только в специально оборудованной лаборатории, что делает невозможным контроль состава газового конденсата на значительно отдаленных месторождениях и труднодоступных месторождениях, требуются альтернативные методы определения содержания парафина в газовом конденсате, характеризующиеся мобильностью, безопасностью и точностью.

Нами предлагается использование для определения содержания парафина в газовом конденсате поляриметров, оптических приборов, работа которых строится на свойстве оптически активных веществ преломлять поляризованный свет (парафины являются оптически активными веществами). Был проведен ряд измерений с использованием кругового поляриметра СМ-3, предназначенного для определения объемной концентрации оптически активных веществ в жидкости при помощи измерения угла вращения плоскости поляризации. Исследовалось содержание парафина в пробах газового конденсата Вуктыльского месторождения. Полученные результаты были сопоставлены со значениями, полученными с применением стандартных методов, расхождение оказалось незначительным. Планируется дальнейшая работа в данном направлении, составление базы значений угла отражения для парафинов конденсатов разных месторождений и разработка ряда мероприятий по оптимизации методики проведения измерений, адаптация методики на портативные поляриметры.

# **ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Набокова В.В.

Научный руководитель профессор Тагиров К.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский государственный технический университет»,  
г. Ставрополь*

Транспортировка нефти, газа и нефтепродуктов по трубопроводам является наиболее эффективным и безопасным способом их транспортировки на значительные расстояния. Этим способом доставки нефти и газа от районов их добычи к потребителям пользуются уже более 100 лет. Долговечность и безаварийность работы трубопроводов напрямую зависит от эффективности их противокоррозионной защиты. Для сведения к минимуму риска коррозионных повреждений трубопроводы защищают антикоррозионными покрытиями и дополнительно средствами электрохимзащиты. При этом изоляционные покрытия обеспечивают первичную («пассивную») защиту трубопроводов от коррозии, выполняя функцию «диффузионного барьера», через который затрудняется доступ к металлу коррозионноактивных агентов (воды, кислорода воздуха). При появлении в покрытии дефектов предусматривается система катодной защиты трубопроводов - "активная" защита от коррозии.

К основным типам современных антикоррозионных покрытий трубопроводов заводского и трассового нанесения, использующихся для изоляции, в трассовых условиях в настоящее время наиболее широко применяют три типа защитных покрытий:

- а) битумно-мастичные покрытия;
- б) полимерные ленточные покрытия;
- в) комбинированные мастично-ленточные покрытия.

Для наружной изоляции трубопроводов наиболее часто применяются следующие типы заводских покрытий:

- а) заводское эпоксидное покрытие;
- б) заводское полиэтиленовое покрытие;
- в) заводское полипропиленовое покрытие;
- г) заводское комбинированное ленточно-полиэтиленовое покрытие.

Данные типы покрытий отвечают современным техническим требованиям и обеспечивают долговременную, эффективную защиту трубопроводов от почвенной коррозии.

В работе изучены современные антикоррозионные изоляционные покрытия, выявлены преимущества, недостатки, область применения современных антикоррозионных изоляционных покрытий трубопроводов заводского и трассового нанесения. Проанализированы основы нанесения покрытий в трассовых и заводских условиях. Систематизированы основные положения технологии заводского эпоксидного, полиэтиленового, полипропиленового, комбинированного ленточно-полиэтиленового покрытий.

## **РАЗРАБОТКА ПОТОКООТКЛОНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОФОБНОЭМУЛЬСИОННЫХ СОСТАВОВ**

Наугольников М.В., Мавлиев А.Р., Мардашов Д.В.

Научный руководитель профессор Рогачёв М.К.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В. Плеханова», г. Санкт-Петербург*

Как известно, при эксплуатации скважин неизбежно происходит их обводнение. Это может являться закономерным следствием разработки месторождения на упруго-водонапорном режиме, когда фронт вытеснения нефти водой подходит к забоям добывающих скважин, но также может быть вызвано преждевременным прорывом нагнетаемых вод. Преждевременное обводнение пласта приводит к значительному снижению коэффициента извлечения нефти, и, как следствие, к большим экономическим потерям. Эффективными мероприятиями по предотвращению и устранению преждевременного притока воды к добывающим скважинам являются потокоотклоняющие технологии, целью которых является тампонирующее воздействие на пути движения воды при сохранении проницаемости для углеводородных флюидов.

В настоящее время существует множество различных технологий по ограничению притока воды, к которым можно отнести использование в качестве тампонирующего материала обратной водонефтяной эмульсии. Основным преимуществом данной технологии является её селективность – способность снижать проницаемость только водонасыщенной части пласта при её закачке в пласт по всей толщине. Такая избирательность воздействия возникает в связи с тем, что водная дисперсионная среда в глобулах эмульсии покрыта углеводородной, что позволяет гидрофобизировать поровую поверхность, снизить фазовую проницаемость по воде в промытых зонах и увеличить фазовую проницаемость по нефти в слабо дренируемых пропластках.

В работе в качестве жидкостей для потокоотклоняющих технологий предлагается использовать эмульсионные составы, включающие в себя пластовую воду, хлорид кальция, дизельное топливо и эмульгатор, синтезированный на основе растительных масел и аминов.

Авторами были проведены лабораторные исследования предлагаемых эмульсионных составов по изучению термостабильности, реологических свойств, поверхностных свойств, а также процесса фильтрации эмульсионных составов в модели слоисто-неоднородного пласта.

В соответствии с проведёнными исследованиями свойства гидрофобно-эмульсионного состава, представляющего обратную водонефтяную эмульсию, легко регулируются изменением концентрации водной фазы и хлорида кальция.

В результате проведённых исследований разработан оптимальный состав гидрофобной эмульсии, который обладает лучшими тампонирующими и гидрофобизирующими свойствами породы.



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Окулова А.П.

Научный руководитель ассистент Чумаков Г.Н.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Постановлением Правительства Российской Федерации №7 от 08.01.2009 г. с 2012 г. вступает в силу целевой показатель сжигания нефтяного газа на факельных установках не более 5% объема его добычи. Поэтому необходимо рассматривать вопрос применения различных методов его утилизации.

В настоящее время можно выделить пять основных направлений утилизации нефтяного газа: сжигание с получением тепловой энергии; сжигание с получением электрической энергии; переработка на газоперерабатывающих заводах; закачка в пласт; переработка с получением химических продуктов. Каждое направление имеет свою область применения. Его выбор во многом определяется составом газа, условиями эксплуатации и местоположением конкретного объекта.

При постоянном росте тарифов на тепло и электроэнергию использование нефтяного газа в качестве топлива для электростанций является одним из эффективных и окупаемых способов его утилизации. При этом себестоимость получаемой электроэнергии может быть в 2-3 раза ниже существующих у энергетиков тарифов.

Транспортировка нефтяного газа к месту его утилизации требует определенных энергетических затрат. Если величина этих затрат превысит величину энергии, получаемой при его сжигании в установке с учетом ее коэффициента полезного действия, то можно сделать вывод о нецелесообразности применения такого способа утилизации нефтяного газа, не прибегая к экономическим расчетам.

Целью работы является создание методики, позволяющей оценить целесообразность применения установок для утилизации попутного нефтяного газа с выработкой электрической энергии на основании энергетического баланса, включающего в себя затраты энергии на транспорт газа, его подготовку и сжигание.

$$|\Delta\mathcal{E}_{\text{выр}} - \Delta\mathcal{E}_{\text{потр.эл}} - \Delta\mathcal{E}_{\text{потр.тепла}}| > |\Delta\mathcal{E}_{\text{сж}} + \Delta\mathcal{E}_{\text{тр}} + \Delta\mathcal{E}_{\text{подг}} + \Delta\mathcal{E}_{\text{сжиг}} + \Delta\mathcal{E}_{\text{дост}}|$$

где  $\Delta\mathcal{E}_{\text{выр}}$  – удельная энергия, вырабатываемая при сжигании газа с учетом коэффициента полезного действия установки;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{сж}}$  – удельные потери энергии на сжатие газа;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{тр}}$  – удельные потери энергии на транспорт газа;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{подг}}$  – удельные потери энергии при подготовке газа к сжиганию на электростанции;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{сжиг}}$  – удельные потери энергии на сжигание газа;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{дост}}$  – удельные потери энергии на доставку полученной электроэнергии потребителю;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{потр.тепла}}$  – используемая удельная тепловая энергия;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{потр.эл}}$  – удельная энергия поступившая потребителю в виде электроэнергии.

Полученные в работе зависимости позволяют сделать вывод об эффективности применения электростанций, использующих в качестве топлива попутный нефтяной газ, на месторождениях, содержащих газ различного компонентного состава, и оценить количество получаемой при их эксплуатации электроэнергии.

# К ПРОБЛЕМЕ УПРОЧНЕНИЯ ИЗНАШИВАЕМЫХ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Песин М.В.

Научный руководитель заведующий кафедрой Макаров В.Ф.

ЗАО «Торговый дом ПКНМ»

(«Пермская компания нефтяного машиностроения»), г. Пермь

Одним из эффективных способов защиты изделий нефтегазового назначения является нанесение никель-фосфорных покрытий. Это покрытие наносится методом химического восстановления никеля осаждаемого без применения электрического тока от внешнего источника, что позволяет получить покрытие с меньшей пористостью, чем хромовое.

Получаемое в процессе химического никелирования покрытие не является чистым никелевым, как при гальваническом никелировании. Покрытие состоит из сплава никеля с фосфором и не имеет ничего общего с покрытием чистым никелем. Также покрытия отличаются по физико-механическим и по коррозионным свойствам.

Коэффициент трения никель-фосфорного покрытия на 15% ниже, чем у хромового покрытия, и в 2 раза ниже, чем у стали с азотированным слоем. По этому параметру покрытие не имеет аналогов среди металлических конструкционных материалов.

При проведении сравнительных коррозионных испытаний, руководствуясь общими указаниями, изложенными в ГОСТ 9.308-85, 9.912-89 и 9.908-85 скорость коррозии в 4 раза меньше по сравнению с хромовым покрытием, с 0,02 г/м<sup>2</sup>ч до 0,005 г/м<sup>2</sup>ч. В качестве рабочей среды для испытаний использовалась пластовая вода скв. 787 ( $[H_2S]=150$  мг/л,  $[Cl]=91,2$  г/л) Ярино-Каменноложского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» при температуре  $(60\pm 1)^\circ C$ . В совокупности с пористостью поверхности хромового покрытия эксплуатационные свойства его весьма не велики в сравнении с никель-фосфорным покрытием (рис. 3 и 4).

Сцепление никелевого покрытия с углеродистой, низколегированной и среднелегированной сталью является очень прочным. Сцепление (адгезия) покрытия составляет 30...50 кгс/мм<sup>2</sup>. Адгезия хромового покрытия составляет 5...10 кгс/мм<sup>2</sup>.

Американский стандарт *NACE MR 0176-94* содержит рекомендации по упрочняющим покрытиям скважинных штанговых насосов. На этот стандарт ссылается спецификация общих технических условий на погружные штанговые насосы и запорной арматуры *API Spec 11AX* в части способов защиты от коррозии. Рекомендуемые в этом стандарте материалы используются в шести различных вариантах среды с различными степенями коррозионного воздействия. Эти рекомендации в части выбора материалов основаны на опыте их практического применения.

Степень коррозионного воздействия среды классифицируют как слабую, умеренную и сильную. Для наших сложных условий эксплуатации с большими потерями металла рекомендуется стандартом *NACE MR 0176-94* исполнение цилиндров с никелевым покрытием «*Electroless*» (процесс, в котором металлические ионы в разбавленном растворе осаждаются на деталь посредством химического восстановления без применения электрического тока), обеспечивающим высокую твердость покрытия 460...1100 HV.

Цилиндры скважных штанговых насосов с никелевым покрытием производства ЗАО «Пермская компания нефтяного машиностроения» («ПКНМ») имеют поверхностную твердость слоя 880...1000 HV при толщине слоя 60...80 мкм.

# ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ КРИВЫХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НИЗКОПРОДУКТИВНЫХ СКВАЖИН

Пономарева И.Н.

Научный руководитель профессор Мордвинов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Гидродинамические исследования методом восстановления давления в добывающих скважинах позволяют получать информацию, необходимую для контроля и управления разработкой нефтяных залежей. Существуют различные способы обработки кривых восстановления давления (КВД) с определением характеристик удаленной и призабойной зон пласта, пластового давления и других показателей. Практика показывает, что для значительной части КВД не представляется возможным однозначно оценивать фильтрационные характеристики пласта. По этой причине совершенствование методов обработки данных исследований скважин является одной из актуальных задач. Распространенным методом обработки КВД является метод касательной, или метод полулогарифмической анаморфозы.

В данной работе рассмотрены вопросы определения условий, при которых обработка КВД является корректной с точки зрения требований, предъявляемых при применении метода касательной.

Обработке методом касательной подлежит прямолинейный участок КВД (как правило, заключительный), не подверженный влиянию послепритока и зональной неоднородности коллектора, по своему виду близкий к прямолинейному. При непродолжительных исследованиях низкопродуктивных скважин часто не обеспечивается выход КВД на асимптоту, что не позволяет проведение качественной обработки данных с применением метода касательной. Выделение прямолинейного участка затруднено в связи с влиянием на форму КВД интерференции скважин и других факторов. Рекомендуемая в литературе диагностическая процедура, основанная на построении диагностических билогарифмических графиков часто не может быть применена из-за незначительного количества замеров, проводимых при исследовании скважин. Известные зависимости для оценки времени выхода КВД на асимптоту включают характеристики пласта, которые определяются по результатам обработки КВД. Очевидно, что формулы для оценки периода времени, необходимого для выхода КВД в полулогарифмических координатах на асимптоту, должны включать параметры, определение которых с достаточной точностью возможно до проведения исследования. В качестве такого параметра может быть использован коэффициент продуктивности скважины. Для установления зависимости времени выхода КВД на асимптоту от продуктивности скважин выполнен анализ кривых восстановления давления, которые однозначно обрабатываются методом касательной. Для различных групп объектов разработки построены зависимости времени выхода КВД на асимптоту от коэффициента продуктивности скважин, проведена их аппроксимация с определением уравнений, позволяющих определить время выхода КВД на асимптоту по известным значениям коэффициентов продуктивности скважин перед их исследованием. Использование данных уравнений дает возможность выполнять предварительную оценку минимального времени выхода КВД на асимптоту и проведения исследований скважин.

# ПРОГРАММА PROGNOZRNM ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Поплыгин В.В., Галкин С.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Разработана компьютерная программа PrognozRNM для проектирования разработки нефтяных месторождений. Программный продукт PrognozRNM позволяет на начальных стадиях разработки нефтяных залежей в условиях высокой неопределенности геологической информации производить экспресс-оценку динамики показателей разработки. При отсутствии полной информации об объекте в программу заложены возможности использования осредненных величин геолого-физических характеристик, установленные для выбранного района нефтедобычи.

После ввода информации в соответствующие окна, программа ведет расчет показателей разработки залежи до полной выработки извлекаемых запасов нефти. Значения обводненности продукции вычисляются в зависимости от степени выработки запасов нефти.

Результатами работы программы являются:

- статистическое распределение во времени дебитов скважин по жидкости;
- продуктивность добывающих скважин в зависимости от значений забойного давления;
- годовые показатели разработки нефтяной залежи (пластовое давление, добыча нефти, обводненность продукции, число скважин эксплуатационного фонда).

К настоящему времени программа апробирована для одного из приоритетных районов нефтедобычи Пермского края – Соликамской депрессии. Опыт разработки месторождений района показывает, что нефтяные пласты представляют собой сложные гидродинамические системы, неоднородные по пористости и проницаемости. Нефти эксплуатационных объектов обладают высоким газосодержанием и низкой вязкостью.

Для эксплуатационных нефтяных объектов Соликамской депрессии выполнена статистическая оценка зависимости начальных дебитов жидкости и продуктивности скважин с учетом их геолого-физических и технологических параметров. Установлено, что скважины с высокой динамикой добычи нефти и жидкости в основном приурочены к участкам, где в полной мере реализована система поддержания пластового давления. На базе анализа истории разработки месторождений установлены связи между геолого-физическими и технологическими параметрами и распределением общего числа скважин по начальным дебитам жидкости. Выявлена степень влияния технологических параметров залежей на показатели разработки эксплуатационных объектов. Установленные статистические зависимости использованы в программе PrognozRNM для проведения экспресс-оценок показателей разработки.

Применение программы PrognozRNM рекомендуется на начальных стадиях эксплуатации нефтяных месторождений. В этих условиях объема информации, как правило, не достаточно для получения кондиционных результатов гидродинамического моделирования (Eclipse, Tempest More и др.). Использование программного продукта также возможно на более поздних стадиях с целью выполнения экспресс-контроля гидродинамических расчетов. Программа PrognozRNM позволяет, на взгляд авторов, снизить субъективность решений на стадии проектирования разработки нефтяных залежей, повысить качество проектирования в условиях низкой разбуренности эксплуатационных объектов.

# ОСОБЕННОСТИ ДОБЫЧИ, РАЗРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Попов В.В.

Научный руководитель Лукьянов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина», г. Москва*

Тяжелые высоковязкие нефти (ВВН) занимают свое место в общем ряду органических горючих ископаемых: природный газ→газовые конденсаты (плотность менее  $770 \text{ кг/м}^3$ )→легкие нефти (плотность  $770\text{-}830 \text{ кг/м}^3$ )→нормальные нефти (плотность  $830\text{-}930 \text{ кг/м}^3$ )→тяжелые высоковязкие нефти (плотность  $930\text{-}980 \text{ кг/м}^3$ )→природные нефтебитумы (плотность больше  $980 \text{ кг/м}^3$ )→торфы; горючие сланцы→бурые угли→антрациты. По оценкам II Международной конференции по тяжелым нефтям в г. Каракасе (1982 г.), условно относят: к тяжелым нефтям - жидкости плотностью меньше  $1000 \text{ кг/м}^3$  ( $980\text{-}1000$ ) и вязкостью менее  $100 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; к сверхтяжелым (битумам) - продукты плотностью выше  $1000 \text{ кг/м}^3$  и вязкостью более  $100 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Их особенности - они не могут быть добыты обычными методами и извлекаются из недр специальными методами воздействия на пласт (перегретым водяным паром, внутрипластовым горением, шахтным, карьерным методом). Запасы ВВН составляют порядка 350 млрд.т, извлекаемые запасы – 120-150 млрд.т (Для сравнения извлекаемые запасы обычных нефтей оцениваются примерно в 140 млрд.т). Лидерами в области освоения данного вида полезных ископаемых являются Канада, Венесуэла, США и Россия. В частности в России запасы ВВН сосредоточены в основном в Татарстане, Тимано-Печорском и Лено-Тунгусском районах. Разработка этих месторождений оправдывается лишь значительными запасами тяжёлых нефтей. Но при этом темпы добычи и переработки данного вида сырья остаются весьма скромными. Так, в Канаде и Венесуэле в год перерабатывается по 35 млн т/г ВВН и ПНБ. В России гораздо меньше. И дело здесь не только в технических трудностях, но и в экономике. Ценность нефти определяется, прежде всего, потенциалом для дальнейшей переработки. Обратимся к этому поподробнее.

Переработка ВВН возможна двумя путями: смешение их (до 20 %) с легкими или средними нефтями и далее перегонка по обычной схеме на АВТ; самостоятельная переработка по комбинированной со вторичными процессами схеме.

Первый из этих путей пока в России получил большее применение в связи с малым количеством добываемой ВВН в общей массе нефтей. В частности, так перерабатываются нефти Татарстана и ряд нефтей Сибири. При этом существует одна особенность их переработки - затруднение в обессоливании нефти. Для этого перед подогревом нефти в нее подают легкую бензиновую фракцию для снижения вязкости и с этой фракцией проводят весь процесс (подают деэмульгатор, промывную воду, отделяют в электрическом поле воду и т.д.). После этого нефть отбензинивают, легкую бензиновую фракцию отделяют и возвращают вновь на смешение с вязкой нефтью.

Второй вариант - переработка ВВН по самостоятельной схеме с получением высококачественных битумов (окисленных или остаточных), «синтетической нефти» либо извлечения концентрата металлов. Этот путь более затратный, но прогрессивный и экономически выгодный, т.к. позволяет получать из малоценного сырья продукты с очень высокой добавочной стоимостью. Именно поэтому он широко распространен за рубежом и к нему же всё чаще переходят и в России, что будет показано, в частности, на примере НПЗ Лукойл-Ухтанефтепереработка.

# СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАМЕРЗАНИЯ УСТЬЯ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Пронин В.Е., Александров А.В.

Научный руководитель ассистент Ризванов А.Ф.

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск

Техническая задача решается описываемым способом предотвращения замерзания устья нагнетательной скважины, оборудованной колонной насосно-компрессорных труб (НКТ), включающим сообщение НКТ для нагнетания жидкости с наземной частью водовода через запорную арматуру и слив жидкости из водовода в скважину при остановке закачки.

Новым является то, что закачку жидкости осуществляют через запорную арматуру, выполненную в виде подпружиненного клапана, давлением, превышающим усилие открытия подпружиненного клапана, по наземной части водовода, оборудованной у подпружиненного клапана со стороны скважины трубопроводом, а с другой стороны от клапана в верхней точке – поплавковым клапаном, при этом слив жидкости осуществляют в НКТ из подземной части водовода ниже уровня сезонного промерзания грунта через трубопровод по наземной части водовода после открытия поплавкового клапана при превышении перепадом давления между водоводом и внешней средой, создаваемой уходящей жидкостью в пласт при остановке скважины, давления, которое удерживает поплавковый клапан.

В случае аварийной остановки работы скважины или при циклической закачке жидкости подпружиненный клапан 4 закрывается. При этом столб жидкости, оставшийся в НКТ 2, создает репрессию на пласт  $\Delta P = \rho_{ж}gH - P_{пл}$  (где  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости, закачиваемой в пласт,  $H$  – глубина скважины,  $P_{пл}$  – пластовое давление), которая

приводит к частичному оттоку жидкости из НКТ в пласт и снижению давления в сообщающихся камерах 5 и 6 на величину  $\Delta p$ . При снижении давления  $\Delta p$  на величину, превышающую перепад давлений, удерживаемый поплавковым клапаном 10, происходит его открытие. При этом воздух поступает в камеру 6, а жидкость из нее (за счет перепада давлений  $\Delta p$ ) через трубопровод 8 перетекает в камеру 5. При достижении уровня жидкости в камере 6 входной части 9 трубопровода 8 начнется переток воздуха из камеры 6 в камеру 5, сопровождающийся снижением уровня жидкости в колонне НКТ 2. Процесс продолжается до выравнивания давления столба жидкости в НКТ с пластовым давлением  $P_{пл}$ .

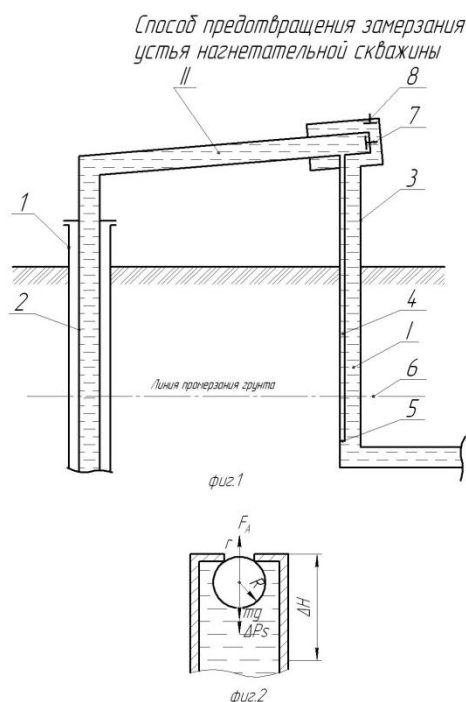


Рис.1 Способ предотвращения замерзания устья нагнетательной скважины

# УТОЧНЕННЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СВЧ НАГРЕВА ПАРАФИНОВОЙ ПРОБКИ В СКВАЖИНЕ

Пшенин В.В.

Научный руководитель профессор Александров В.И.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В. Плеханова», г. Санкт-Петербург*

Важной и актуальной является проблема борьбы с образованием парафиновых и газогидратных отложений в системах добычи, подготовки и транспорта нефти и газа. В силу ряда особенностей, она является одной из первоочередных для регионов Западной Сибири и Крайнего Севера. Газогидратные и парафиновые отложения разнородны по своему составу и физико-химическим свойствам, важной их особенностью является способность к образованию или разрушению при соблюдении определенных физико-химических условий. На реализации этих специальных условий разрушения и основано большинство методов по борьбе с парафиновыми и газогидратными отложениями. Действующими методами по устранению парафиновых и газогидратных пробок и отложений являются: метод механической очистки, методы, в которых используются специальные химические составы, тепловые методы, методы изменения давления. Все эти методы имеют как свои достоинства, так и недостатки. Перспективным представляется разработка и анализ новых методов устранения парафиновых и газогидратных отложений, основанных на современных достижениях науки и техники, а также исследование комбинаций таких методов.

Одним из развивающихся методов, требующий детального изучения для принятия решения о возможном его внедрении, является метод нагрева вещества газогидратных и парафиновых пробок с использованием энергии СВЧ электромагнитных колебаний. СВЧ нагрев имеет ряд преимуществ перед обычными методами нагрева. Во-первых, это тепловыделение во всем объеме нагреваемого вещества, во-вторых, - при использовании СВЧ нагрева появляется возможность гибко управлять процессом для достижения тех или иных результатов за счет нелинейных эффектов. Исследования применения электромагнитных волн в нефтегазовом деле малочисленны и носят фрагментарный характер. Данная работа базируется на идеях развитых в работах Саяхова, Сотникова, Кислицина, Чистякова, Багаутдинова и др.

Задача о плавлении парафиновых и газогидратных пробок была решена в работах Кислицина, Сотникова, Багаутдинова. Несмотря на имеющиеся решения, возможно более детальное моделирование данного процесса, которое и предлагается в данной работе. По сравнению с предыдущими работами предлагается дополнить математическую модель посредством учета следующих факторов, которые заметно влияют на ход процесса: 1) учет зависимости теплофизических параметров вещества пробки от температуры в жидкой и твердой фазе с анализом движения границы фазового перехода (задача Стефана), 2) учет градиента температур между верхним и нижним краем пробки 3) учет различия теплоотдачи жидкой и твердой фазы к стенке скважины, а также некоторые другие. Такой подход к моделированию позволяет точнее оценить и проанализировать процесс устранения парафиновых и газогидратных отложений, а также выявить некоторые характерные его особенности.

# **ОДНОВРЕМЕННО – РАЗДЕЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВУХ ПЛАСТОВ ОДНИМ БАЛАНСИРНЫМ ПРИВОДОМ**

Смирнов Д.В.

Научный руководитель старший преподаватель Болтнева Ю.А.

*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования*

*«Альметьевский государственный нефтяной институт»,*

*г. Альметьевск*

Одним из наиболее перспективных проектов для повышения рентабельности является разработка и внедрение технологий одновременно – раздельной эксплуатации скважин. Особенно это актуально на месторождениях где вскрыли пласты разных отложений, характеризующихся большим разнообразием свойств пласта и его продукции.

Использование технологий одновременно-раздельной эксплуатации позволяет увеличить количество запасов вовлеченных в разработку, увеличить дебиты эксплуатационных скважин, повысить рентабельность эксплуатационного фонда, избежать бурения дополнительной сетки скважин.

Основные задачи, которые необходимо решить при внедрении технологий ОРЭ: надежное разобщение двух и более объектов разработки; возможность независимого сбора информации по дебиту, забойным и пластовым давлениям, обводненности добычаемой продукции по каждому из объектов; простота и надежность оборудования.

Наиболее интересным в области одновременно-раздельной эксплуатации на текущий момент времени является оборудование с монтажом двух станков качалок. Однако, учитывая недостатки наземного оборудования с монтажом двух станков качалок предлагается: применить станок – качалку с дополнительным приводом под соединением второй скважины при помощи гибкого звена (каната), закрепленного одним концом с балансиром индивидуального привода, а другим через направляющие шкивы с колонной штанг. Направляющие шкивы (блок ролики) смонтированы на специальной стойке. Перед проведением подземного ремонта скважин отсоединяется канатная подвеска полированного штока, и конструкция стойки откатывается по направляющим салазкам на специальных роликах.

Такой способ привода позволяет осуществлять раздельную эксплуатацию двух пластов с помощью одного стандартного привода из одной скважины при параллельно спущенных подъемных трубах.



## **О ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ШЕРШНЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Соболева Е.В.

Научный руководитель ассистент Поплыгин В.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Шершневское нефтяное месторождение расположено на территории Верхнего Прикамья в районе распространения Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС), разрабатывается с 2001 года. Более 35% скважин, эксплуатирующих залежи месторождения, работают в периодическом режиме.

Коэффициент притока (продуктивности) во время работы периодических скважин считается величиной постоянной, однако обработка данных по скважинам, оборудованным глубинными манометрами и работающих в периодическом режиме, а также обработка гидродинамических исследований показывают, что это не так.

В работе рассмотрена динамика коэффициентов притока по скважинам, эксплуатирующим бобриковские и турнейско-фаменские объекты разработки Шершнёвского месторождения.

Определены коэффициенты притока добывающих скважин в периоды работы и накопления. Практически у всех рассмотренных скважин отмечено снижение коэффициента притока в период накопления, что возможно связано с отключением пропластков при снижении депрессии на пласт, влиянием капиллярных сил и свободной газовой фазы. В период работы коэффициент притока по рассмотренным скважинам возрастает, затем начинает снижаться. Рост коэффициента притока в начальный период работы скважины можно объяснить вовлечением в дренирование нефтесодержащих пропластков, а его дальнейшее снижение с выделением в свободную фазу растворенного в нефти газа и снижением фазовой проницаемости, смыканием трещин в призабойной зоне пласта (ПЗП).

Приведенный материал свидетельствует об отличии значений коэффициента притока для периода работы и накопления скважины и необходимости учитывать динамику изменения коэффициента притока жидкости в скважину в период накопления при установлении технологического режима работы периодической скважины.

# **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВ НА СКВАЖИНАХ С НИЗКИМ ПЛАСТОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ И ОТСУТСТВИЕМ ЦИРКУЛЯЦИИ**

Соловьёв Р.В., Сарваров А.Н.

Научный руководитель зам. декана нефтяного факультета Борхович С.Ю.  
*ОАО «Белкамнефть», Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет»,  
г. Ижевск*

Тенденция современного развития нефтяной отрасли – вступление все большего числа нефтяных месторождений в позднюю или завершающую стадии разработки, характеризующиеся значительным снижением добычи нефти при резком росте обводненности.

Характерными особенностями методов разработки нефтяных месторождений заводнением является опережающее обводнение высокопроницаемых пропластков, вызванное проницаемостной неоднородностью нефтеводонасыщенного коллектора, образование обширных промытых зон, целиков нефти. Пути преимущественного движения закачиваемой в пласт воды являются зоны с наименьшим фильтрационным сопротивлением - высокопроницаемые пропластки, системы трещин и др. Добывающие скважины нередко обводняются полностью, в то время как еще значительная часть запасов нефти остается невыработанной.

В этих условиях наиболее надежным способом повышения нефтеотдачи пластов является ограничение фильтрации воды в промытых зонах пласта с применением современных химреагентов.

Из большого многообразия композиций, наибольший интерес вызывает реагент Гивпан, который нашел широкое применение в практике.

Волокна, содержащиеся в Гивпане, при проникновении в пласт в последующем набухают, обеспечивая максимальную степень колюматации пор и снижении усадки водоизолирующего экрана в пластовых условиях.

Физико-химическая сущность применения таких реагентов заключается в том, что устойчивый к размыву водой и нефтью гелеобразный осадок создается непосредственно в пласте при взаимодействии макромолекул полимера с агентом – сшивателем, таким образом образуя стабильную по свойствам, прочную и эластичную структуру.

Технологичность и эффективность применения реагента Гивпан не ограничивается лишь работой по отключению обводненного интервала. Также он использовался в качестве гелеобразующего состава для выравнивания профиля приёмистости нагнетательных скважин и снижения приёмистости пласта перед цементной заливкой с образованием обширного экрана по его простиранию.

В работе описаны ремонтно-изоляционные работы которые проводились на месторождениях ОАО «Белкамнефть». Даны характеристики применяемых рабочих агентов и выявлены некоторые особенности их применения.

Определены основные направления, в которых следует развивать научно-практические работы для решения реальных производственных проблем.

## К РАСЧЕТУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ

Устькачкинцев Е.Н., Турбаков М.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

При движении продукции к забою, а затем к устью добывающей скважины происходит изменение ее температуры за счет теплопроводности стенкам труб, обсадным колоннам и горным породам в ламинарном пограничном слое и путем конвекции – в турбулентном ядре. Обмен теплотой между твердой поверхностью и жидкостью, происходящий за счет теплопроводности и конвекции одновременно, называется конвективным теплообменом (теплоотдачей).

Используя теорию теплообмена и теорию подобия, можно с высокой точностью определять температуру в заданном сечении скважины.

Движение жидкости в скважине можно разделить на интервалы, в которых происходит конвективный теплообмен: от забоя скважины до приёма насоса (I-ый интервал); по насосно-компрессорным трубам (НКТ), погруженным под динамический уровень (II-ой интервал); от динамического уровня до устья по НКТ (III-ий интервал).

Уменьшение температуры по длине скважины приводит к увеличению вязкости жидкости, причем, чем больше перепады, тем сильнее меняются вязкость и другие физические параметры (теплопроводность, теплоемкость). Изменение вязкости приводит к перераспределению профиля скорости, что, в свою очередь, отражается на интенсивности теплообмена.

Выделение газа из движущейся жидкости на определенной глубине приводит к её охлаждению, что значительно влияет на распределение температурного потока в скважине.

Определяя плотность тепловых потоков, количество теплоты, отданной жидкостью и температуру самой жидкости, можно получить распределение температуры в соответствующем сечении.

Расчет распределения температуры газожидкостного потока учитывает влияние характера течения жидкости, ее физические и тепловые свойства, а также свойства материала НКТ, эксплуатационной колонны и пород, окружающих скважину.

В результате проведенных теоретических исследований, получена модель для построения распределения температуры в нефтедобывающей скважине.

# ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ИМИДЖИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУРЯЩИХСЯ СКВАЖИН

Уточкин Ю.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный университет», г. Пермь*

В своей работе я проанализировал имиджинговые технологии исследования бурящихся скважин, а также перспективы использования комплекса электрических и акустических имиджеров. Появление новой технологии открывает широкие перспективы для определения характеристик коллекторов. В России имиджинговые технологии менее развиты, чем на Западе и зарубежные компании охотней применяют их для геофизического исследования скважин. Имиджинговые технологии активно начали развиваться за рубежом довольно давно, примерно в середины 80-ых годов прошлого века. Использование имиджинговых технологий при геофизическом исследовании бурящихся скважин позволяет эффективно решать следующие задачи:

- выделять структурные особенности стенки скважины и ближней зоны около-скважинного пространства (до 0,5 м), такие как трещинные нарушения и кавернозные зоны;
- разделять толщу пород на пласты, пропластки и линзовидные прослои, а также определять их угол падения и азимут;
- по нескольким скважинам строить модель месторождения, опираясь на данные нескольких методов ГИС, а также уточнять структуру месторождения, построенную по данным сейсморазведки;
- на основании полученной модели и данным о расположении и строении коллекторов можно подсчитывать запасы нефти.

Я выбрал 3 отечественных прибора, наиболее подходящих для имиджинговых исследований бурящихся скважин – это электрический сканер (АЭСБ-73), акустический сканер (САС-П-60/2) и индукционный наклономер (НИПТ-1). Эти приборы были опробованы на контрольно-поверочной скважине (КПС) для сравнения с эталонными записями и определения достоверности информации получаемой выбранными приборами. После проверки приборов на КПС была произведена запись на одной из скважин Пермского края прибором НИПТ-1 совместно с аналогом САС-Р-60/2. По результатам проведенных исследований были получены следующие выводы:

- прибор НИПТ-1 нуждается в дальнейшем изучении и доработке, а также проведении полного комплекса метрологических исследований,
- пласты выделенные прибором АЭСБ-73, совпадают с данными, полученными при анализе видеогаммы записанной акустическим сканером САС-П-60/2, что на фоне хорошей корреляции данных полученных этими приборами на КПС с эталонными значениями измеряемых параметров, говорит о перспективе совместного использования этих приборов для решения геолого-геофизических задач,
- для получения достоверной информации о разрезе скважины и её структурных особенностях нужно проводить исследования комплексом сканирующей аппаратуры, включающим электрический, акустический сканеры и индукционный наклономер,
- проведение имиджинговых исследований комплексом, состоящим из приборов АЭСБ-73, САС-П-60/2 и НИПТ-1 экономически эффективно и вложенные в покупку и проведение исследований средства с высокой степенью вероятности окупят себя.

# **ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫЕ УСЛОВИЯ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТА КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ**

Ханбиков В.Р.

Научный руководитель доцент Бурханов Р.Н.

*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск*

В работе анализируется применение реагента комплексного воздействия для интенсификации добычи нефти из низкопроницаемых терригенных коллекторов. Технология применения состава заключается в обработке прискважинной зоны пласта с последующим извлечением продуктов реакции из обработанной зоны. Состав реагента включает диаммонийфосфат, соляную кислоту и органический растворитель. Первичное воздействие на пласт оказывает соляная кислота, способствующая разрыхлению глинистого материала. Диаммонийфосфат является источником катионов аммония, которые способствуют разрушению и диспергированию глинистых агломератов. Органические растворители разрушают и диспергируют асфальтосмолопарафиновые отложения. После закачки расчетного объема реагента производится его технологическая выдержка в пласте для прохождения реакции композиции с пластом. Удаление продуктов реакции из прискважинной зоны осуществляется методом свабирования при расчетном снижении давления на пласт.

На примере верхнедевонских терригенных коллекторов Альметьевской площади, которые характеризуются пониженной продуктивностью в добывающих и пониженной приемистостью в нагнетательных скважинах, анализируются геолого-промысловые условия и эффективность применения реагента в 2006-2010 годы. При первичном вскрытии этих объектов на бентонитовом, глинистом растворе на репрессии происходила кольматация прискважинной зоны, а также снижение проницаемости призабойной зоны, что привело к росту скин-фактора первичного вскрытия. Закачка больших объемов холодной воды в течение продолжительного времени в основные эксплуатационные объекты способствовала распространению зоны охлаждения по стволу нагнетательных скважин. Это привело к снижению пластовой температуры в возвратных объектах ниже температуры насыщения нефти парафином, многолетнему накоплению в них асфальтосмолопарафиновых отложений и постепенному увеличению скин-фактора в течение всего срока эксплуатации скважины.

Проведенный анализ емкостно-фильтрационных свойств (пористости, насыщенности, различных видов проницаемости) и объемной глинистости коллекторов указывает, что на анализируемом участке коллекторы характеризуются пониженной проницаемостью, повышенной глинистостью и значительно неоднородностью по свойствам. Участок исследований включает четыре нагнетательные скважины и двенадцать реагирующих, добывающих скважин. На основе анализа динамики добычи, закачки, обводненности добываемой продукции, и детального сопоставления геолого-геофизических данных, а также данных по эксплуатации скважин, построения и анализа скин-карт и пластовых карт авторами доклада сформулированы критерии подбора скважин для эффективного применения реагента.

# **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТИ УСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ПЛАЗМЕННО-ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Хусаинов Р.Р., Максютин А.В.

Научный руководитель профессор Молчанов А.А.

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г.В.Плеханова», г. Санкт-Петербург*

В настоящее время более 60 % запасов нефти приурочено к коллекторам с трудноизвлекаемыми запасами. Такие коллекторы характеризуются низкой проницаемостью, значительными остаточными запасами, большой глубиной залегания, высокой вязкостью нефти, наличием подгазовых зон, начальными пластовыми давлениями, близкими к давлению насыщения нефти газом и другими особенностями. Разработка таких месторождений традиционными методами характеризуется низкими технико-экономическими показателями и низкой нефтеотдачей (менее 20...30 %).

Идея использования вибросейсмического воздействия на нефтяные пласты в целом была высказана в начале 70-х гг. академиком М. А. Садовским в связи с обнаруженной корреляцией между сейсмической активностью и уровнем добычи нефти и воды на расположенных поблизости месторождениях. В последние годы разработаны и широко внедряются на месторождениях целый ряд технологий волнового воздействия на продуктивный пласт (виброволновое, гидроакустическое, сейсмоакустическое, химикоакустическое, электроакустическое и др.). В данной работе рассматривается технология плазменно-импульсного воздействия на продуктивные пласты, разработанная на кафедре геофизики Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета) под руководством профессора А. А. Молчанова совместно с научно-производственным центром «ГеоМИР».

Работа направлена на изучение особенностей проявления аномалий вязкости, влиянию структурообразования нефти, выявлению методов, способствующих ослаблению проявления тиксотропных свойств высоковязких нефтей. В качестве количественной характеристики явления тиксотропии служит площадь петли гистерезиса, которая образуется кривыми течения жидкости при изменении скорости сдвига.

Сущность работы заключается в изучении реологических свойств высоковязких нефтей (эффективная вязкость, предельное напряжение сдвига, энергия тиксотропии и вязкоупругие свойства) до и после плазменно-импульсного воздействия. В результате проведенных исследований установлено снижение эффективной вязкости нефти и проявления ее тиксотропных свойств от применения плазменно-импульсного воздействия.

В докладе приводятся результаты исследований реологических свойств нефти Усинского месторождения.

# **ВНЕДРЕНИЕ МУЛЬТИФАЗНОГО НАСОСА МОДЕЛИ BN 17-12 V ФИРМЫ «SEEREX» ДЛЯ ВНУТРИПРОМЫСЛОВОЙ ПЕРЕКАЧКИ МНОГОФАЗНОЙ ЖИДКОСТИ**

Хуснутдинов А.Х.

Научный руководитель доцент Бикбулатова Г.И.

*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»,*

*г. Альметьевск*

При эксплуатации скважин с большой протяженностью трубопроводов от скважины до ГЗУ и высоковязкой нефтью возникает такая проблема, как высокое давление на устье (до 35 атм.), обусловленное повышенным гидравлическим сопротивлением в трубопроводах. Применение дезмульгаторов желаемого результата не приносит. Внедрение в систему транспортной линии, в точке соединения нефтепроводов ГЗУ, дожимного многофазного насоса позволит разгрузить трубопроводы от устья скважины и снизить устьевое давление.

В качестве дожимного насоса можно использовать различные многофазные винтовые насосные агрегаты, позволяющие перекачивать жидкости, содержащие газовые и жидкие среды. Рассматриваемый насос BN 17-12 V («Seerex» Германия) имеет оптимальные технические характеристики, может использоваться в добыче, транспортировке и перекачке нефти и эксплуатироваться при перекачке пластовой жидкости с содержанием газового фактора 62,1%.

Многофазный винтовой насос относится к объемным насосам и обладает достоинствами, присущими этому типу гидравлических машин. Принципиальной особенностью винтового насоса является непрерывный контакт между поверхностями ротора и статора, обусловленный специальными профилями зубьев рабочих органов. При вращении приводного вала ротор совершает планетарное движение, обкатываясь по зубьям статора. К конструктивным особенностям насоса BN 17-12 V относится возможность регулирования частоты тока, давления и производительности в зависимости от потока жидкости и отсутствие подшипников. Однако, вследствие последней особенности установки страдает торцевое уплотнение, значительно влияющее на межремонтный период насоса. Использование дополнительной камеры радиально-упорных подшипников, устанавливаемое на приводной перед редуктором, позволит снизить радиальное биение и нагрузку на торцевое уплотнение.

Применение вышеописанной установки позволит уменьшить давление на устье скважин до 0,8-1,0 МПа, тем самым значительно снизить вероятность порывов трубопроводов и разгерметизации устьевой арматуры. Так же мы получим экономический эффект в виде дополнительной добычи, которая является следствием снижения рабочего давления в трубопроводах.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Чалов С.В.

Научный руководитель ассистент Поплыгин В.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Более 30% скважин на территории Пермского края работают в периодическом режиме. В работе проанализированы технологические режимы работы периодических добывающих скважин ряда месторождений Пермского края, оценено значение оптимального времени накопления жидкости в скважине.

Оптимальное время накопления жидкости при периодической эксплуатации определено по формулам, приведенным в специальной литературе, при этом коэффициент продуктивности скважин в таких формулах считается величиной постоянной, однако обработка гидродинамических исследований показывают, что это не так. Отмечено, что продуктивность периодических скважин во время работы, как правило, выше, чем в период накопления.

В работе получена формула по определению оптимального времени накопления жидкости при периодической откачке с учетом изменения продуктивности скважин во время накопления. Выполнена сравнительная оценка результатов расчета по имеющимся и вновь полученной формулам значений времени накопления.

Даны рекомендации по оптимизации технологических режимов работы ряда периодических скважин месторождений севера Пермского края. Определены экономический и технологический эффекты от предлагаемых мероприятий.



## К ОБРАБОТКЕ КРИВЫХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ МОМЕНТОВ ДАВЛЕНИЯ

Чернышев Д.В.

Научный руководитель ст. преподаватель Пономарева И.Н.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Оценка состояния призабойных зон продуктивных пластов (ПЗП) может быть выполнена при обработке данных гидродинамических исследований скважин при неустановившихся режимах. Наиболее распространенным способом оценки состояния ПЗП является определение скин-фактора, которое основано на обработке кривых восстановления давления (КВД) методом касательной. Состояние ПЗП принято считать ухудшенным при положительных значениях скин-фактора. Численное выражение скин-фактора не характеризует размеры призабойных зон и его определение в ряде случаев, например, когда давление в скважине при исследовании восстановилось не полностью и на КВД не выделяется прямолинейный участок, невозможно или существенно недостоверно. В таких случаях целесообразно проводить диагностическую процедуру при обработке КВД методом детерминированных моментов давления (ДМД) с определением безразмерного диагностического признака  $d$ . Обработке подлежат результаты измерений забойных давлений с постоянным шагом во времени. Большая часть КВД, полученных при исследовании низкопродуктивных механизированных скважин, не удовлетворяет этому требованию из-за длительного (несколько суток) периода восстановления давления. В таких случаях целесообразно проводить процедуру аппроксимации исходных данных.

Процедура аппроксимации результатов измерения давления заключается в выборе класса аппроксимирующей функции, разбиении интервала исследования на определенное количество отрезков с постоянным шагом по времени и определении значений давления для полученных равноудаленных моментов времени. Ранее проведенный анализ позволил установить целесообразность использования логарифмических зависимостей для аппроксимации участков КВД, характеризующих свойства удаленной зоны пласта.

Данная работа посвящена определению необходимого количества точек, разбивающих весь период исследования на равные временные интервалы. С этой целью выбраны пять добывающих скважин, при исследовании которых выполнено значительное количество замеров. Весь интервал исследования этих скважин последовательно разделен на 40, 35, 30, 25, 20, 15 и 10 отрезков. В соответствии с предварительно подобранными аппроксимирующими уравнениями для полученных точек определены значения давления. Для оценки достоверности проведенной процедуры выполнена обработка аппроксимированных и фактических КВД методами касательной и произведения (данные методы одинаково применимы для обработки и аппроксимированных, и фактических КВД). Аппроксимацию следует считать достоверной, если погрешность определения давления при обработке аппроксимированной и фактической КВД не превышает 2%, а проницаемости – 10 %. В результате проведенных исследований установлено, что минимальные погрешности определения проницаемости и пластового давления получены для кривых восстановления давления, разбитых при аппроксимации на максимальное количество точек, но обработка таких КВД весьма трудоемка. Разбиение интервала на 20 отрезков следует считать оптимальным, так как при этом полученная погрешность не превышает заданных значений, а трудоемкость значительно снижается.

# СРАВНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ПРИЕМЕ НАСОСА

Шайхутдинов Д.К.

Научный руководитель доцент Бурханов Р.Н.

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»,  
г. Альметьевск

Корректное определение давления на приеме насоса влияет на достоверность определения коэффициента продуктивности скважин, на подбор и обоснование параметров насосного оборудования. Это давление определяют как инструментальными методами, так и с применением глубинных манометров различных конструкций. В работе сравниваются результаты расчетов давлений на примере Самотлорского, Белокаменного, Кальчинского, Варьеганского и Родниковского месторождений по стандартной методике, методике построения кривых распределения давлений в затрубном пространстве, а также методике, основанной на применении искусственной нейронной сети. В стандартной методике учитывают давление на устье скважины и давление столба нефти на уровне приема насоса. При этом не учитываются обводненность продукции, давление газа в затрубном пространстве, что приводит к завышению расчетного давления на приеме насоса. Методика построения кривой распределения давления представляет собой алгоритм пошагового определения свойств жидкости и газа в затрубном пространстве на основе уравнения движения газожидкостной смеси.

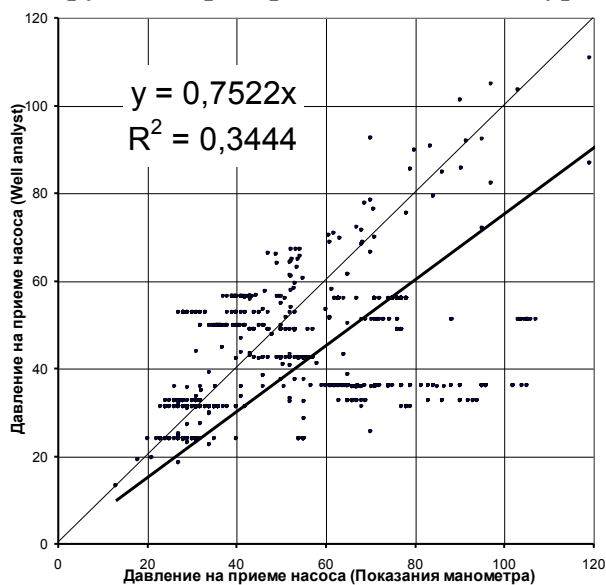


Рис. 1. Определение давления с помощью «Well Analyst»

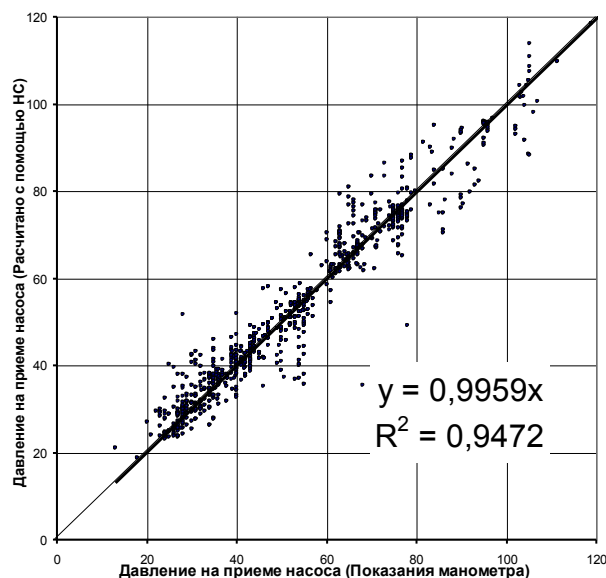


Рис. 2. Определение давления с помощью нейронной сети

Результаты расчётов давлений с помощью программного обеспечения «WELL ANALYST» показали, что давления при этом занижаются (пример кросс-плота приводится на рис.1). Результаты расчетов с применением искусственной нейронной сети (ИНС) представляющей собой многослойный перцептрон (MLP), состоящий из сенсоров, ассоциативных и реагирующих элементов, приводятся на кросс-плоте (рис.2), который иллюстрирует воспроизводимость давлений на приеме насосов по данным манометров и расчетов по методике ИНС.

## **СЕКЦИЯ 4.**

### **Геодезия и геомеханика**

# УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК ЯКУТИИ

Алексеев А.М.

Научный руководитель профессор Иофис М.А.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск*

Установленные в последние годы закономерности развития деформационных процессов в толще горных пород и зависимости параметров этих процессов от основных влияющих факторов позволили создать научные основы управления геомеханическим состоянием геологической среды. Управление осуществляется путем выбора параметров и порядка ведения горных работ, взаимного положения выработок относительно друг друга и охраняемого объекта, скорости подвигания очистных забоев и других технических характеристик систем разработки, при которых развитие геомеханических процессов в геологической среде будет происходить в заданном направлении и в допустимых пространственно-временных пределах (технологические параметры).

Применительно к открытому способу разработки следует отнести следующие технологические методы управления: развитие выработанного пространства карьера, параметры и элементы системы разработки, режим горных работ на глубоких карьерах, способ рыхления горных пород и др.

Применительно к подземному способу освоения недр разработаны новые и усовершенствованы существующие технологические методы управления геомеханическими процессами, основанные на комплексном учете напряженно-деформированного состояния горных пород, строения и тектонических особенностей массива и др.

Основным назначением этих методов является приведение во взаимное соответствие технологических параметров освоения недр и геомеханического состояния толщи горных пород, при котором обеспечивается максимальная эффективность и безопасность подземных работ, минимальное воздействие на окружающую среду, сохранность и нормальная эксплуатация объектов попадающих в зону влияния горных работ.

При комбинированной (открыто-подземной) разработке кимберлитовых месторождений технологическими методами управления геомеханическим состоянием массива являются: разработка подкарьерных запасов с закладкой выработанного пространства и полостей над ним при выбранной оптимальной вынимаемой мощности, при которых обеспечивается уменьшение всех видов деформаций земной поверхности, бортов карьеров и конструктивных элементов разработки, гармоничный метод отработки, при котором, на участке разработки вышележащих слоев по очередности и положению горных работ, не происходит суммирования однозначных деформаций, а осуществляется взаимная компенсация деформаций разного знака, частичная выемка полезного ископаемого по площади, при которой деформации горных пород не достигают или не превышают предельных значений для зданий, сооружений или конструктивных элементов разработки, попадающих в зону влияния горных работ. В заключение необходимо отметить, что технологический фактор является одним из основных в геомеханическом обеспечении безопасного освоения недр.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА В СОЛЯНЫХ ПОРОДАХ ПРИ СДВИГЕ

Бельтюков Н.Л.

Научный руководитель профессор Асанов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

При разработке Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС), в результате формирования очистных и подготовительных камер происходит изменение естественного напряжённого состояния с образованием зон высоких касательных напряжений, действующих в направлении параллельном слоистости. В результате, имеет место разрушение сдвигом по наиболее слабым слоям, к которым в первую очередь необходимо отнести тонкие глинистые прослои (контакты), разделяющие различные литологические разности соляных пород. При геомеханической оценке состояния слоистого соляного массива необходимо экспериментальное изучение влияния различных факторов на прочностные и деформационные свойств соляных пород при сдвиге, наименее изученным из которых является проявление масштабного эффекта.

Изучение масштабного эффекта проводилось на сервогидравлическом испытательном комплексе «MTS-816», позволяющем проводить нагружение образцов в режиме «сдвиг со сжатием». Для проведения исследований из отдельных породных монолитов были изготовлены соляные образцы различных размеров (от 50 до 150 мм) как без структурных нарушений, так и включающие глинистый контакт. Эксперименты проводились при различных уровнях вертикального нормального напряжения, действующего перпендикулярно слоистости (от 0,5 до 10,0 МПа). Скорость горизонтальных смещений составляла 1 мм/мин. Обработка диаграмм нагружения позволила оценить прочностные и деформационные параметры тонкослоистого соляного массива и построить паспорта прочности соляных образцов с глинистыми контактами.

Анализ результатов испытаний выявил, что прочностные показатели глинистых контактов на сдвиг во многом зависят от свойств и толщины материала контакта, а также от величины нормального напряжения сжатия. При увеличении линейных размеров образцов отмечается некоторое повышение предела прочности на сдвиг с последующим снижением данного показателя. Проведенный комплекс исследований показал, что при испытании соляных пород на сдвиг проявляется масштабный эффект. Для более полного исследования масштабного эффекта необходимо проведение испытаний на более представительных образцах.

# **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ НА ЯРЕГСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ ООО «ЛУКОЙЛ-КОМИ»**

Ермашов А.О.

Научный руководитель профессор Кашников Ю.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Цель: исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива с использованием метода конечных элементов в программном продукте ANSYS. В работе моделируется сдвигение горного массива, вызванное добычей нефти блока 1Т-2 Нефтешахты №2 Ярегского месторождения тяжелой нефти, разрабатываемого ООО «Лукойл-Коми». Рассматривается линейно-упругая задача, т.е. поведение горного массива описывается моделью, в которой напряжения и деформации связаны линейной зависимостью. Горный массив является изотропным. В задаче вводится предположение, что при отборе нефти объем пласта уменьшился на величину равную объёму добытой нефти. Решение любой задачи в ANSYS делится на следующие этапы: построение конечно-элементной модели; непосредственно расчет задачи; анализ полученных результатов.

В результате численного моделирования отработки Ярегского месторождения нефти были получены значения оседаний земной поверхности, максимальные величины которых по главным сечениям мульды сдвижения составили 0,8м. Кроме этого, в работе сделаны выводы о влиянии деформаций земной поверхности на промышленные и гражданские объекты, находящиеся в области сдвижения горного массива.

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАПАДНОГО УРАЛА

Кочкин П.О.

Научный руководитель Дягилев Р.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Уральский регион вплоть до последних лет был довольно слабо охвачен сетью сейсмологических наблюдений. На обширной территории региона на начало 1995 г. функционировало лишь 3 сейсмостанции («Екатеринбург», «Арти» и «Амдерма»), которые входили в Единую сеть сейсмологических наблюдений России.

На данный момент Уральская сейсмологическая сеть насчитывает 8 региональных сейсмостанций и 3 федеральных.

Региональные оснащены однотипной современной аппаратурой SDAS, производимой НПП «Геотех+» (г. Обнинск), а так же сейсмоприемниками марки СМЗ-КВ.

Данные сейсмологических станций передаются в региональный центр сбора и полной обработки данных, развернутый в г. Перми на базе ГИ УрО РАН. Все станции региона с 2007 г. оснащены специальным оборудованием, обеспечивающим доступ в Интернет по каналам спутниковой и мобильной связи CDMA и GPRS, что позволяет удаленно управлять ими и получать данные почти в реальном времени.

Непрерывные сейсмологические наблюдения в регионе позволили зарегистрировать за последние 10 лет множество природных и техногенных сейсмических явлений. Одно из наиболее значимых природных событий следует считать Качканарское землетрясение которое произошло 29 марта 2010 года в 21:02:18 по Гринвичу в 25 км к северо-западу от г. Качканар и имело магнитуду  $M_l$  4,4. Оно ощущалось на большой территории в нескольких населенных пунктах Свердловской области и Пермского края. Качканарское землетрясение является очень важным событием для понимания ситуации с сейсмической опасностью в регионе. Это первое сильное событие, для которого определены все параметры очага и собраны исчерпывающие макросейсмические данные.

# **МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОБЪЕМНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЕ ОТРАБОТКИ**

Мартынова Е.А.

Научный руководитель ст. преподаватель Колесатова О.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Магнитогорский государственный технический  
университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск*

При комбинированной схеме отработки устойчивость массива приобретает особенно важное значение, когда запасы, подлежащие подземной выемке, расположены в борту карьера. Выемка таких запасов неминуемо повлияет на устойчивость вышележащей толщи. В этом случае принятие окончательного решения будет зависеть от оценки устойчивого состояния массива и выбора подходящей технологии подземной добычи, включая использование открытых камер и последующего их заполнения с уступа карьера.

Существующие инженерные геомеханические методы расчетов для оценки устойчивости откосов бортов и уступов карьеров не учитывают характер распределения напряжений в объемном состоянии. Это ведет к упрощению расчетов, результаты которых не отражают реальных условий устойчивости откосов.

Объемный коэффициент запаса устойчивости откоса может быть определен методом алгебраического сложения сил, действующих по всей поверхности скольжения, метод многоугольника сил, в котором используются сосредоточенные силы, действующие по площадкам между смежными блоками горного массива.

Кроме графо-аналитических методов расчета коэффициента запаса устойчивости, есть численные методы, к которым относят метод конечных элементов. Метод конечных элементов заключается в аппроксимации полубесконечного откоса в виде дискретной модели, построенной на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей ограниченных размеров. Метод конечных элементов позволяет учесть сложную геометрию склонов и откосов, неоднородность, анизотропность массива, исследовать напряженное и деформированное состояние массива на различных этапах разработки рудничного поля. Это обстоятельство является особенно важным аргументом при анализе комбинированной схемы разработки.



# АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЕ ОТРАБОТКИ

Чумарина Т.М.

Научный руководитель ст. преподаватель Колесатова О.С.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Магнитогорский государственный  
технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск

С учетом горно-геологических и горнотехнических условий месторождений разработано множество аналитических методов оценки устойчивости подрабатываемых бортов карьеров и определение положения наиболее вероятной поверхности скольжения

Для построения наиболее вероятной поверхности скольжения необходимы следующие данные: угол откоса  $\alpha$ , высота откоса  $H$ , сцепление пород  $c$ , угол внутреннего трения пород  $\varphi$ , предельная (по условию устойчивости) высота уступов  $H_{90}$ , ширина призмы возможного обрушения  $B$ . Последние ( $H_{90}$ ,  $B$ ) являются важными показателями, характеризующие степень устойчивости в откосах массивов горных пород.

Предельную (по условию устойчивости) высоту уступов  $H_{90}$  рассчитывается по различным формулам. В таблице 1 приведено сравнение фактических данных с расчетными.

Таблица 1

Сравнение фактических  $H_{90}$  с расчетными

Физико-механические свойства				Предельная высота уступов, $H_{90}$			
$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$C$ , МПа	$\varphi$ , град	$\nu$	Фактическая	По формуле ВНИМИ	По формуле Кузнецовой Т.С.	По формуле Галустьяна Э.Л.
2,20	0,044	11	0,67	3,0-4,5	4,9	4,2	4,9
2,00	0,010	19	0,67	0,6-0,8	1,4	0,8	0,7
2,05	0,016	15	0,82	1,5	2,1	1,8	2,0
2,60	0,327	32	0,33	25-30	45,4	26,5	46,2

Сопоставление полученных величин  $H_{90}$  для различных физико-механических свойств горных пород позволяет сделать вывод, что расчет по формуле Кузнецовой Т.С. дает значения близкие к фактическим. Но при значении сцепления до 0,016 расчет лучше проводить по формуле Галустьяна Э.Л.

Ширина призмы возможного обрушения  $B$  определяется по формуле ВНИМИ, а также по методикам И.И. Попова и А. Жабко. Для расчета использовались следующие параметры карьера:  $H = 250$  м,  $\alpha = 32$  град., расчеты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчет ширины призмы возможного обрушения

По формуле ВНИМИ	По формуле Кузнецовой Т.С.	По формуле Галустьяна Э.Л.	по методике И.И.Попова	по методике А.В.Жабко
108,9	109,8	108,9	11,6	50,0
61,5	62,2	62,3	41,0	27,5
-15,2	-10,8	-15,2	-	-
37,4	21,8	38,0	-	-

Анализ полученных данных  $B$  показывает, что близкие к фактическим значения получаются по формуле ВНИМИ. Применение методик Попова И.И. и Жабко Е.А. дает слишком заниженные значения.

# ОБОБЩЕНИЕ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ СКВАЖИН

Шафиева С.В.

Научный руководитель профессор Алиев М.М.

*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск*

В работе теоретически исследуется устойчивость вертикальной скважины. Горная порода принимается как идеально упругий материал, который вплоть до некоторого напряженного состояния ведёт себя упруго, а затем происходит скольжение одной части породы относительно другой. Рассматривается критерий Кулона – Мора и критерий, предложенный авторами. Второй критерий разрушения учитывает влияние высокого уровня всестороннего давления, в котором находится горная порода в недрах вокруг глубоких скважин.

Область устойчивого состояния стенки скважины представляет собой многоугольник, называемый многоугольником устойчивости. Многоугольник строится в координатной системе  $d - K_0$ , где  $d = \rho_{б.р.} / \rho_{г.}$ ,  $\rho_{б.р.}$  и  $\rho_{г.}$  - соответственно, плотность бурового раствора и средняя плотность горной породы,  $K_0$  - коэффициент бокового распора, определяемый как отношение общего горизонтального давления на общее вертикальное. В отличие от коэффициента бокового распора  $\nu / (1 - \nu)$  ( $\nu$  - коэффициент Пуассона),  $K_0$  имеет более общий смысл.

Многоугольник устойчивости, построенный по линейному критерию Кулона-Мора, включающему в себя сцепление породы  $c$  и угол внутреннего трения  $\rho$ , сравнивается с многоугольником, построенным по параболическому критерию, предложенному авторами. Этот критерий выводится из экспоненциального критерия, в дальнейшем раскладывается в ряд Тейлора и имеет такую форму

$$m\tau^3 + nk\sqrt{C}\tau^2 + C(\tau + \sigma) = D,$$

где  $\sigma = 0,5(\sigma_1 + \sigma_3)$ ;  $\tau = 0,5(\sigma_1 - \sigma_3)$ ;  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  - главные напряжения;  $C = 6A^2$ ;  $D = 6A^2B$ ;  $A$ ,  $B$  - постоянные, зависящие от характеристик прочности материала;  $k = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ ;  $m$ ,  $n$  - любые целые числа.

Рассматриваются возможные схемы разрушения вокруг скважины по А. Гено (тип А, В и С) для случая вертикальной скважины.

Для конкретного примера используется горная порода Эльгинского месторождения. Это сделано, исходя из того, что различными авторами приводятся механические характеристики горных пород этого месторождения для двух видов испытания: на определение сцепления и угла внутреннего трения, а также пределов прочности при растяжении и сжатии для одной и той же горной породы. Таким образом, становится возможным сравнить результаты по двум критериям, используемым в работе.

Построенный многоугольник включает в себя многоугольник на основе критерия Кулона – Мора и, как следовало ожидать, позволяет снизить плотность бурового раствора, так как учитывает влияние высокого всестороннего давления.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ГОРОДСКОЙ ПОЛИГОНОМЕТРИИ

Шекунова А.А.

Научные руководители ст. преподаватели Хонякин В.Н., Колесатова О.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск*

Особенностью работы геолого-маркшейдерской службы является необходимость оперирования большими объемами разнородной информации. Совместный анализ всех данных является очень трудоемким процессом, где компьютерные информационные технологии и могут принести наибольший эффект, взяв на себя стандартные операции и вычисления, снизив вероятность субъективных ошибок и обеспечив надежное хранение и быстрый доступ к большим массивам данных.

Поскольку данные геолого-маркшейдерской службы являются источником первичной информации о геометрии горных выработок, темпах и характеристиках проходческих и очистных работ, количестве и качественных показателях добытого полезного ископаемого, от качества этой информации во многом зависит эффективность работы предприятия в целом.

В современных условиях рыночной экономики научно-технический прогресс в горнодобывающей промышленности во многом связан с автоматизацией геолого-маркшейдерского информационного обеспечения горных работ на всех стадиях промышленного освоения месторождений полезных ископаемых. После обследования рынка информационных систем, предназначенных для автоматизации геолого-маркшейдерских работ, выбрали систему САМАРА, разработанную специалистами ООО "Лаборатория комплексных технологий".

Основное назначение системы САМАРА – это автоматизация повседневных операций камеральной обработки информации маркшейдерским или геолого-маркшейдерским отделом горнодобывающего предприятия.

Основой программного обеспечения системы является инженерный графический комплекс AutoCAD. На базе этого комплекса предлагаем способ вычисления координат и высот точек теодолитного хода в условиях недостаточной видимости всех базисов.

Для этого необходимо было провести полевые работы, в которые входит:

- рекогносцировка местности;
- выбор местоположения точек тахеометрического хода и закрепление их на местности;
- непосредственные измерения горизонтальных проложений, горизонтальных углов и превышений между точками хода с занесением данных в журнал измерений;
- проверка всех полученных данных, после обработки журналов измерений.
- После этого производилась камеральная обработка данных, которая проходила в следующем порядке:
  - построение теодолитного хода в условных координатах с сохранением длин сторон и углов тахеометрического хода;
  - нанесение по координатам базисов в местной системе координат (городская).

Предложенный метод можно применять при ориентировании подземных горных выработок через два вертикальных ствола, осуществлять координатную привязку к пунктам расположенным на поверхности, а также создавать маркшейдерские сети при подземном строительстве.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА  
ЗАО «ВАНКОРНЕФТЬ»**

Шустов Д.В.

Научный руководитель профессор Кашников Ю.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В работе представлены результаты компрессионных испытаний, а также результаты испытаний упругих и прочностных свойств образцов, отобранных из яковлевской и нижнехетской продуктивных свит Ванкорского месторождения. Представлена и реализована «шатровая» модель деформирования коллектора при отработке месторождения углеводородного сырья. Выполнены численные расчеты напряженно-деформированного состояния горного массива и земной поверхности. Даны рекомендации по созданию маркшейдерско-геодезического полигона для контроля за развитием процесса сдвижения земной поверхности при отработке Ванкорского месторождения нефти и газа.

## **СЕКЦИЯ 5.**

### **Разработка месторождений полезных ископаемых**

## РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГВУ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Алыменко Н.И., Николаев А.В.\*

*Горный институт. Уральское отделение РАН*

*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Температура пород в руднике в течение года практически постоянна – для Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) колеблется в пределах 7–9 °С. В виду большой протяженности подземных горных выработок температура воздуха, проходящего по руднику, становится равной температуре пород, т.е. на выходе из рудника (в вентиляционном стволе) температура воздуха также в течение года имеет практически постоянное значение. Температура воздуха, подаваемого в рудник (в воздухоподающем стволе) зависит от климатических условий, а, следовательно, значение ее изменяется довольно в широких пределах. Так в летнее время года, когда температура наружного воздуха значительно выше температуры пород рудника, в воздухоподающий ствол будет поступать теплый воздух (более легкий). На выходе же из рудника будет выдаваться более холодный (по сравнению с атмосферным), а, следовательно, более тяжелый воздух. При этом в руднике возникает перепад гидростатических давлений, в результате чего воздух стремится двигаться в направлении, противоположном требуемому. Это явление носит название естественная тяга (тепловая депрессия).

По природе возникновения естественной тяги можно говорить о том, что ее величина и направленность будет напрямую зависеть от температуры наружного воздуха. С ростом температуры наружного воздуха будет увеличиваться противодействие работе вентилятора («отрицательная естественная тяга»), и, наоборот, при снижении температуры наружного воздуха – будет уменьшаться. В какой-то момент, когда температура наружного воздуха станет ниже температуры пород, в руднике может возникнуть обратная по направлению естественная тяга («положительная естественная тяга»), способствующая работе главной вентиляторной установки (ГВУ).

Иногда на рудниках применяется система кондиционирования, предназначенная для охлаждения и осушения подаваемого воздуха. В результате воздухоподготовки температура может быть снижена до значений, при которых между стволами будет действовать «положительная», либо значительно снижена «отрицательная» естественная тяга. В зависимости от величины и направленности естественной тяги можно регулировать режимы работы ГВУ, изменяя ее подачу и напор. Это, в свою очередь, будет способствовать снижению потребляемой ГВУ электроэнергии.

# **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫНОСА ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРОВЕТРИВАНИИ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ**

Газизуллин Р.Р., Исаевич А.Г.

Научный руководитель доцент Л.Ю. Левин\*

*Горный институт. Уральское отделение РАН*

*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Проветривание тупиковых забоев заключается в подаче в забой свежего воздуха по выработке на расстояние в несколько десятков, а иногда и сотен метров, причем одна и та же выработка служит и для подачи, и для отвода воздуха. Свежий воздух должен обеспечивать удаление вредных и опасных примесей из призабойного пространства и из внутреннего объема выработки в целом. В противном случае возможно образование очагов скопления вредных и горючих газов.

Качественно аэрогазодинамические процессы при проветривании тупиковых выработок можно представить следующим образом. Основой вклад в процесс выноса вредных компонентов рудничной атмосферы из тупикового забоя играет турбулентная диффузия, создающая интенсивное перемешивание по всей поверхности соприкосновения свободной воздушной струи с окружающим ее загазированным воздухом. Отдельные вихревые объемы воздуха свободной турбулентной струи при своем поперечном перемещении выносятся за пределы струи, смешиваются с массами окружающего воздуха, и, увлекая за собой, частично затормаживаются. При этом свежая струя воздуха непрерывно размывается, а вокруг нее образуется постепенно растущая оболочка из медленно движущейся смеси завихренных воздушных потоков. Так как из забоя удаляются только такой объем воздуха, который равен объему поступающего воздуха, то газы из забоя выносятся только ядром постоянной массы. Чем больше турбулентность свободных воздушных струй, т.е. чем активнее происходит процесс образования вихревых масс, тем быстрее ядро постоянной массы загазируется и тем интенсивнее осуществляется процесс проветривания.

На сегодняшний день количественный анализ аэрогазодинамических и диффузионных процессов, сопровождающихся выносом вредных компонентов рудничной атмосферы из забоя, проводился и проводится либо аналитическим, либо эмпирическим путем. К недостаткам первого можно отнести сложность анализа и введение существенных ограничений, сужающих область применения его результатов. Недостатками эмпирического анализа являются трудоемкость и сложность проведения, невозможность охватить явление в целом – исследовать картину зависимости полученных результатов от того или иного параметра задачи.

С учетом современных достижений вычислительной математики и техники, широкое распространение получает анализ физических процессов при помощи численного моделирования. В частности, в области рудничной аэрогазодинамики все большее распространение получают так называемые CFD-методы.

В работе представлены результаты численного моделирования аэрогазодинамических процессов при различных способах проветривания тупиковых забоев, с учетом представления многофазности и многокомпонентности аэродинамической среды. Проведено сравнение полученных результатов.

# ГАЗОНОСНОСТЬ СОЛЯНЫХ ПОРОД ПО СВЯЗАННЫМ ГАЗАМ И ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛЯ УСЛОВИЙ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ОАО «СИЛЬВИНИТ»

Гайсина Э.Р.

Научный руководитель ассистент Нестеров Е.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Природные опасности в калийных рудниках, такие как газовыделения горючих и ядовитых газов, а также газодинамические явления определяются газовым фактором массива соляных пород. Одной из основных количественных характеристик газового фактора является газоносность соляных пород, и точное определение газоносности является одним из важнейших элементов при разработке способов борьбы с природными опасностями в калийных рудниках.

Газоносность породы определяется объемом газа (при атмосферном давлении и температуре  $+15^{\circ}\text{C}$ ), приходящегося на единицу массы или объема породы (кг, т,  $\text{м}^3$ ), и его составом.

По характеру связи с породой газы подразделяются на свободные и связанные. Свободные газы находятся в открытых макропорах и трещинах породы под давлением, теоретически достигающим величины напряжений массива. Связанные (микровключенные) газы заключены в виде микроскопических пузырьков внутри кристаллов соляных пород (внутрикристаллические) и в закрытых микропорах между кристаллами (межкристаллические), а также находятся в сорбированном состоянии на поверхности кристаллов, пор и трещин.

Лабораторные исследования по определению газоносности калийных пород по связанным газам проводились на образцах, отобранных из подземных геологических скважин, пробуренных на шахтных полях рудников ОАО «Сильвинит».

Для выполнения экспериментальных исследований по оценке газоносности соляных пород по связанным газам использовался газовый объеммер ОГ-1М для измерения усадки соляной породы и газовыделения из нее при растворении.

В результате выполнения работы определена газоносность соляных пород по связанным газам для условий шахтных полей рудников ОАО «Сильвинит».



# **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СОЛЯНЫХ ПОРОД ПРИ РАСТЯЖЕНИИ**

Гараева Ю.И.

Научный руководитель доцент Паньков И.Л.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный университет», г. Пермь*

Прочность при растяжении является одним из важнейших показателей оценки свойств горных пород. Горные породы характеризуются малыми пределами прочности на растяжение по сравнению с прочностью на одноосное сжатие. Вследствие этого разрушение породного массива часто вызывается именно растяжением, а не сжатием. Для изучения условий разрушения соляных пород была разработана методика, включающая эксперименты на прямое растяжение с параллельным контролем прочностных параметров косвенным методом.

Эксперимент на прямое растяжение проводился на прямоугольных образцах соляных пород (каменная соль, сильвинит) длиной 130 мм и поперечным размером 30×30 мм, которые выпиливались из породных монолитов в направлении, параллельном естественному залеганию слоев. Образцы испытывались на электромеханическом прессе Zwick/Z250 в специальном реверсивном приспособлении, позволяющем преобразовывать усилия сжатия в растяжение. Для надежного фиксирования соляного образца в приспособлении использовался раствор магниезиального цемента, затворенного на насыщенном карналлитовом рассоле.

В процессе испытаний поддерживалась постоянная скорость перемещения траверс прессы, составляющая 0,1 мм/мин. Для построения диаграммы деформирования проводилось измерение продольных (осевых) деформаций на поверхности образца которое осуществлялось с помощью специальных выносных датчиков консольного типа (точность измерений 0,002 мм), располагаемых с противоположных сторон. Контакт «датчик-образец» осуществлялся с помощью пластин, закрепленных на поверхности образца.

Эксперимент на прямое растяжение продолжался до полного разрушения образца, с разделением его на две части. Части разрушенного образца использовались для проведения испытаний по косвенному определению предела прочности на растяжение методом раскалывания.

Предварительный анализ результатов проведенных исследований показал низкую сходимость между данными прямого и косвенного определения, что говорит о необходимости проведения дальнейших исследований с целью корректировки методики косвенного определения прочности на растяжение соляных пород.

# **КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В РУДНИЧНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЯХ**

Гришин Е.Л., Зайцев А.В.

Научный руководитель профессор Казаков Б.П.\*

*Горный институт. Уральское отделение РАН*

*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Понятие надежности в современной науке подразумевает свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Таким образом, надежность – характеристика безотказной работы объекта. В рудничной вентиляции понятием надежность функционирования вентиляционных сетей или надежность воздухораспределения оценивается степень отклонения реального распределения воздуха от требуемого, необходимого по нормам безопасности, или же в случае одной горной выработки – соответствие реального расхода воздуха и направления его движения необходимому, в зависимости от функционального назначения той или иной горной выработки.

На надежность воздухораспределения могут оказывать влияние следующие факторы: неточность определения геометрических и аэродинамических параметров горных выработок, невозможность внесения в расчетные вентиляционные сети всех аэродинамических взаимосвязей, существующих в реальной вентиляционной сети, изменение термодинамических параметров рудничного воздуха. Одним из вариантов изменения термодинамических параметров рудничного воздуха, часто встречающимся в шахтных вентиляционных сетях, является наличие источников тяги, представляющих собой тепловые депрессии в наклонных горных выработках. Оценка влияния различных тепловых источников на надежность воздухораспределения является важным этапом проектирования и создания эффективных и управляемых вентиляционных сетей.

Для определения влияния тепловых источников на надежность воздухораспределения в вентиляционных сетях произведена классификация источников тепловыделения. Источники тепловыделения по непосредственной мощности тепловыделения подразделяются на штатные и аварийные. Данный признак источников тепловыделения характеризует количество тепла отдаваемого источником в единицу времени. Признак является определяющим для всех источников тепловыделения. Чем выше мощность источника тепловыделения, тем ниже надежность воздухораспределения на данном участке вентиляционной сети. Поскольку классификации тепловых источников только по данному признаку является недостаточно, введен ряд дополнительных критериев:

По размеру источники тепловыделения делятся на локальные и рассредоточенные. Данный признак источника тепловыделения характеризует размер поверхности теплообмена между рудничным воздухом и источником.

По характеру влияния на температуру рудничного воздуха источники тепловыделения подразделяются на абсолютные и относительные.

По изменчивости во времени источники тепловыделения разделяются на стационарные и нестационарные. Соответственно, к первой группе относятся неизменные в интересующий период времени источники тепловыделений, ко второй – источники, характер тепловыделения которых меняется со временем.

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В РУДНИЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ**

Дударь Е.С., Дударь О.И.

Научный руководитель профессор Качурин Н.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Обеспечение нормальных климатических условий в горных выработках становится сложнейшей проблемой в связи с высокими темпами увеличения глубины разработки месторождений, применением мощного горнодобывающего оборудования и новых технологий отработки полезных ископаемых. Разработка глубоких горизонтов сопровождается формированием нагревающего микроклимата в выработках, что неблагоприятно сказывается на состоянии здоровья и работоспособности горнорабочих. Для неглубоких калийных рудников характерно выпадение влаги в теплый период года, которая скапливается на почве выработок, образуя агрессивные рассолы. Принятие тех или иных технических решений по обработке воздуха требует тщательного теоретического обоснования.

Программный комплекс «MineClimate», созданный для расчета параметров микроклимата в рудничной вентиляционной сети, позволяет определять температуру, влажность, объем выпадающей влаги, давление и скорость движения воздуха в любой точке сети в расчетный момент времени. Алгоритм основан на совместном решении трех взаимосвязанных задач: нестационарной теплопроводности горного массива, тепло- и массообмена в вентиляционной струе и распределения воздуха в сети произвольной сложности. Разработанная методика расчета позволяет оценить эффективность применения различных технологических схем по обработке воздуха, учесть влияние температурного поля на распределение воздуха в сети, прогнозировать возможность конденсации влаги в выработках.

Программный комплекс «MineClimate» был использован для исследования влияния различных параметров на процесс конденсации влаги в калийных рудниках в теплый период года. С помощью комплекса «MineClimate» выполнен прогнозный расчет температурных полей в вентиляционной сети проектируемого рудника Гремячинского месторождения калийных солей, рассмотрены варианты охлаждения воздуха в передвижных кондиционерах.

# **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОЛЯНОГО ПОРОДНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК РАЗНОЙ ФОРМЫ**

Еловикова А.С.

Научный руководитель профессор Андрейко С.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Перераспределение напряжений вокруг горных выработок происходит из-за нарушения состояния напряженного равновесия. Рассмотрены различные сечения выработок, пройденные разными проходческо-добычными комбайнами. Решена задача с протяженной горной выработкой, проходящая по 11 Вост панели БКПРУ №2. Задача заключается в получении и сравнении действующих напряжений в выработках, пройденных разными проходческо-добычными комбайнами: Урал-20КС, ПК8-МА, Урал-61 и Континиус Майнер 25М2Р. Математическое моделирование проводилось методом конечных элементов с использованием программного комплекса ANSYS. Учитывая то, что процессы в горных выработках протекают относительно медленно был использован статический анализ. На основе геомеханического моделирования установлено, что наиболее устойчивой к обрушению является кровля выработки комбайнов ПК-8 и Урал-61.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

Емельяненко М.М.

Научный руководитель доцент Емельяненко Е.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск*

На территории Оренбургского Урала насчитывается более 150 месторождений и рудопроявлений золота. Запасы золота связаны с кварцевыми жилами в черных углистых сланцах, с россыпями в отложениях логов и рек, с «железными шляпами» - продуктами выветривания пород медно-колчеданных месторождений.

Каменское месторождение золота расположено в Кваркенском районе Оренбургской области, в междуречье реки Урал и его левого притока Суундук.

Добыча руды осуществляется карьером, переработка руды – способом цианидного кучного выщелачивания, признанного наиболее эффективным для данного типа руд.

Руды месторождения Каменское представлены окисленными золотосодержащими углеродистыми рудами (доля окисленных руд составляет около 70%, содержание органического углерода варьирует от 1 до 7%), что является существенным фактором сдерживающим рост объема производства золота.

Для обеспечения приемлемых показателей извлечения золота необходимо применение специальных технологических приемов, целью которых является снижение до минимума отрицательного влияния в гидрометаллургическом цикле глинистой и угольной составляющих руды.

На Кваркенской промплощадке были проведены дополнительные лабораторные исследования технологических свойств золотосодержащей руды для принятия решений по совершенствованию технологии кучного выщелачивания. были поставлены следующие эксперименты. Используя метод «золотого гвоздя», разработанный в ОАО «ИРГИРЕДМЕТ» определено, что руда Каменского месторождения обладает умеренной сорбционной активностью. Для снижения сорбционной активности углистой составляющей руды в цианидный раствор добавлялись присадки углеводородного сырья, модифицированные ПАВ. Установлено, что при агитационном выщелачивании без применения присадок извлечение золота в раствор через 2 часа достигает 10%, а затем в течение 24 часов снижается до 5%. При добавлении углеводородсодержащих присадок в выщелачивающий раствор в количестве 0,6...5% извлечение золота в раствор через 2 часа агитации составляет 39,1...50,4%, а через 24 часа - 40...65,2% соответственно. Оптимальный расход реагента - 5% от объема выщелачиваемой руды применялся при эксперименте по перколяционному выщелачиванию. Через 15 часов выщелачивания коэффициент извлечения золота в раствор составил 56,7%. Дальнейшие работы по улучшению технологических показателей выщелачивания углистой золотосодержащей руды Каменского месторождения направлены на предварительную подготовку рудного сырья к кучному выщелачиванию.

# СТРУКТУРНО-КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДЛЯ УСЛОВИЙ РАЗЛИЧНЫХ РУДНИКОВ

Зайцев А.В., Гришин Е.Л.

Научный руководитель профессор Казаков Б.П.

*Горный институт. Уральское отделение РАН*

*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

За всю историю развития и становления аэрологии и горной теплофизики, разработано множество методов расчета процессов, протекающих в атмосфере рудников. В зависимости от физики рассматриваемого процесса, все методы расчета можно разделить на следующие группы:

- методы расчета аэродинамических процессов (стационарных и нестационарных);
- методы расчета процессов переноса аэрозолей и газообразных примесей рудничной атмосферы;
- методы расчета процессов теплораспределения в горном массиве и рудничной атмосфере.

Перечисленные процессы неразрывно связаны друг с другом, одни влияют на другие и наоборот. Поэтому при расчетах корректно решение задач осуществлять в сопряженной постановке – иными словами, при решении учитывать взаимодействие различных процессов друг на друга.

Остается актуальной разработка методов расчета физических процессов, происходящих в рудничной атмосфере, достаточно простых в использовании и обеспечивающих возможность решения сетевых задач в целом, для всей сети. Единственный путь, позволяющий осуществить это – строить упрощенные расчетные модели, пренебрегающие не существенными для физической стороны явления факторами.

Такого рода упрощенные модели и методы разработаны в процессе развития рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики. Однако каждый метод разрабатывался для определенных условий, характерных для вентиляционных сетей определенного типа рудников. Перенос же расчетных методов на вентиляционные сети других рудников является далеко не всегда корректным. Как пример можно привести расчет стационарного воздухораспределения в рудниках с выработками большого сечения – традиционные методы расчета, учитывающие только линейные сопротивления выработок, оказываются в этом случае непригодными.

На сегодняшний день, не проводился анализ применения и соответствия существующих методов расчета аэрологических процессов к рудникам различного типа, характеризующихся различными схемами вскрытия, способами подготовки и системами разработки. В тоже время, ввиду вышесказанного, этот вопрос определяет точность проводимых расчетов, поэтому его рассмотрение является весьма актуальным.

Для структуризации и систематизации методов расчета аэрологических процессов принимается следующий путь – поставка задачи в наиболее общей постановке, рассматриваются допущения и упрощения, которые можно ввести в условиях тех или иных рудников. Тем самым будут наглядно соотнесены физические упрощения с математическими моделями процессов, с конечным выходом на методы расчета, применяемые в тех или иных горнотехнических условиях.

# **ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ СИЛЬВИНИТОВЫХ ПЛАСТОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ШАХТНОГО ПОЛЯ РУДНИКА СКПРУ-3 ОАО «СИЛЬВИНИТ»**

Зебзеев Д.Е.

Научный руководитель доцент Иванов О.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Рудник СКПРУ-3 ОАО «Сильвинит» разрабатывает Ново-Соликамский участок Верхнекамского месторождения калийных солей. В пределах шахтного поля ведется отработка сильвинитовых пластов АБ и Красный II, а также пласта В сильвинитового состава. На севере 9 и 10 панелей геологоразведочными скважинами и разведочными выработками вскрыты участки, на которых мощность сильвинитового пласта АБ составляет менее 2,3 м. Малая мощность пласта приводит к увеличению разубоживания, снижению качества добываемой руды и к отнесению запасов сильвинитовой руды на данных участках к забалансовым. Снижение качества и потери руды снижают эффективность добычи, переработки и предприятия в целом.

В настоящее время на руднике применяется камерная система разработки. Добыча руды производится проходческо-добычными комбайнами «Урал-10» и «Урал-20», доставка отбитой руды от комбайна до конвейера или рудоспуска осуществляется самоходными вагонами 5ВС-15. Принятая на руднике механизация очистных работ существует уже много лет и за это время хорошо себя зарекомендовала. Однако, минимальная высота комбайна «Урал-10» не позволяет вынимать пласты мощностью менее 2,3 м. В таких условиях необходимо использовать комбайны другого типоразмера. Отечественная машиностроительная промышленность не выпускает комбайны, позволяющие вынимать пласты малой мощности без существенного снижения производительности добычи калийной руды.

Современный проходческо-добычной комбайн Континиус Майнер фирмы Бьюсайрус соответствует горно-геологическим условиям, позволяет отрабатывать пласты мощностью до 1,3 м с заданной производительностью. Выполненные технико-экономические расчеты показали, что применение данного комбайна позволит улучшить качество добываемой руды и повысить эффективность добычного оборудования в условиях малой мощности сильвинитовых пластов.

# **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ПОВЫШЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В ВЫРАБОТКАХ СОЛИГОРСКИХ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ**

Карабань Д.Т., Лутович Е.А., Северинчик С.А.

Научный руководитель зам. директора по науке Губанов В.А.

*ЧУП «Институт горного дела», г. Солигорск, Белоруссия*

В июле – августе 2010 г. в условиях Второго калийного горизонта рудника 4 РУ ОАО «Беларуськалий» проводились испытания анкеров повышенной несущей способности производства предприятий Кузбасса ООО «АМК» и ООО «РАНК2». В лабораторных и шахтных условиях испытывались канатные анкера АК01 длиной 3 м, анкера из периодического арматурного профиля АК и комбинированные (сварные из отрезков периодического и круглого арматурного профиля) анкера длиной 1,5 м. Анкера имели ампульное закрепление со стенками шпура, использовались ампулы АМК, состоящие из цементно-минеральной композиции. Лабораторные испытания анкеров показали соответствие фактического усилия разрыва их расчетной характеристике.

Шахтные испытания проводились в выработке горизонта -440 м рудника 4 РУ ОАО «Беларуськалий», имеющей арочную форму и размеры (ширину и высоту) 3 м. Кровля выработки привязана ниже Второго калийного пласта, под защитной пачкой 0,1 м каменной соли. Геологическое строение пород кровли выработки на высоту до 4,2 м получено бурением скважины с отбором керна.

На основе результатов проведенных испытаний сделаны следующие выводы:

1. Технология крепления выработок анкерами – проста, требует малых затрат времени на бурение шпуров и их установку. Бурение шпуров диаметром 30 мм и глубиной до 3 м проблем не составляет и занимает не более 5 – 15 минут.

2. Прочность сцепления анкеров АК01 с породным массивом существенно зависит от количества ампул АМК и от времени, прошедшего с момента их установки. Спустя 1 сутки после установки при использовании 2-х ампул АМК вытягивание анкера из шпуров произошло с усилием 70 кН, при использовании 2-х ампул АМК – с усилием 130 кН. На 9-е сутки усилие вытягивания анкера из шпура возросло до 162 кН, на 44 сутки – до 210 кН.

3. Прочность сцепления анкеров АКМ20.01 с породным массивом через 1 сутки после их установки достигает расчетной несущей способности – 110 кН, а при усилии 120 кН происходит вытягивание их из шпура. Эти же анкера на 9-е сутки после установки выдерживают усилие 130 кН, при достижении которого происходит разрыв стержня.

4. Прочность сцепления анкеров АКМ20.01-05 с породным массивом на 9-е сутки после установки эти анкера выдерживают усилие 180 - 185 кН, при достижении которого происходит разрыв стержня.

5. Податливость анкеров до момента разрыва составляет 55 – 135 мм.

6. Анкерная крепь может быть использована при креплении капитальных выработок Солигорских калийных рудников, в простых горно-геологических условиях - с содержанием глинистых прослоек в породах кровли не более 10%.

7. Для применения анкерной крепи производства ООО «АМК» и ООО «РАНК2» в сложных горно-геологических условиях Солигорских калийных рудников требуется проведение работ в направлении: поиска составов минеральной композиции ампул АМК, позволяющих ускорить ее схватывание; разработки демпферных устройств (шайб, прокладок), позволяющих при достигнутом отпоре (200 кН) обеспечить общую податливость анкеров в пределах 150 - 200 мм.



# УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ В РУДНИЧНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЯХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Киряков А.С., Левин Л.Ю.

Научный руководитель профессор Казаков Б.П.

*Горный институт. Уральское отделение РАН*

*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Возрастание сложности вентиляционных сетей, увеличение интенсивности ведения горных работ и расширение их фронта приводит к увеличению протяженности вентиляционного пути, соответственно депрессия удаленных участков и количество поступающего в них воздуха уменьшается. Ситуация усугубляется наличием большого количества внутренних утечек воздуха и большого объема отработанного пространства при ведении работ от стволов к границам шахтного поля. Главная вентиляторная установка зачастую не способна обеспечить удаленные забои необходимым количеством воздуха с малыми депрессиями.

Одним из путей решения проблемы обеспечения рабочих зон требуемым количеством воздуха, хорошо зарекомендовавшим себя на рудниках ВКМКС, является применение подземных вспомогательных вентиляторных установок (ПВВУ) как положительный способ регулирования воздухораспределением. Работа ПВВУ не приводит к увеличению подаваемого воздуха в рудник, а лишь позволяет перераспределить его между потребителями. Эффективность применения ПВВУ заключается в создании перепада давления на труднопроветриваемом участке вентиляционной сети, за счет чего увеличивается проходящее по нему количество воздуха. Побочный эффект применения ПВВУ заключается в возникновении неконтролируемых рециркуляционных контуров.

При установке контрольной аппаратуры и появления возможности контролировать рециркуляцию, она из разряда отрицательного явления переходит в эффективное средство управления воздухораспределением, одновременно позволяющее значительно снизить затраты на проветривание.

Масштаб рециркуляционного проветривания может быть различен, - от отдельной панели или блока до горизонта или даже рудника в целом.

Основным критерием организации рециркуляционного проветривания служит поддержание нормального санитарно гигиенического и безопасного состава рудничной атмосферы в пределах рабочей зоны.

Подача свежего воздуха в рабочую зону может быть уменьшена за счёт частичного повторного использования отработанного воздуха, компенсирующего это уменьшение без угрозы превышения ПДК вредных газов. В связи с несоизмеримостью масштабов отдельной рабочей зоны и рудника в целом снижение потребления электроэнергии ГВУ в результате уменьшения подачи воздуха в рудник будет больше, чем потребление электроэнергии вентилятором местного проветривания, обеспечивающим рециркуляцию, что и является обоснованием экономичности рециркуляционного проветривания.

Применение рециркуляционных установок позволяет:

1. Обеспечивать участки требуемым количеством воздуха;
2. Разжижать ядовитые и горючие газы, самого опасного фактора рудничной атмосферы до требуемых норм (ПДК);
3. Снижать энергопотребление главной вентиляторной установки.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РУДНИЧНЫХ ПОЖАРОВ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ «ЭЛЕКТРОННЫЙ ПЛАН ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ»**

Кормщиков Д.С.

Научный руководитель доцент Исаевич А.Г.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений» на каждой шахте должен составляться план ликвидации аварии - документ, определяющий меры и действия, необходимые для спасения людей и ликвидации аварий в шахтах и рудниках в начальной стадии их возникновения.

План ликвидации аварии состоит из двух частей: оперативной и графической. Оперативная часть является печатным документом, в котором описаны действия для каждой позиции и сценария. А графическая часть обычно строится в САД-системах по определенным требованиям, после чего распечатывается как чертеж.

В лаборатории «Аэрологии и теплофизики» Горного института разработан программный продукт «Электронный план ликвидации аварии», использование которого позволяет:

- повысить оперативность действий диспетчера при задействовании плана ликвидации аварии;
- более удобно и просто создавать редактировать схему и оперативную часть плана ликвидации аварии;
- централизованно хранить схему и оперативную часть;
- связываться с вентиляционным журналом для просмотра замеров воздушной и газовой съемки.

Программа «Электронный план ликвидации аварии» постоянно совершенствуется. В настоящее время разработана математическая модель распространения газовых примесей по сети горных выработок при возникновении пожара. На основе этой модели создан дополнительный расчетный модуль, который интегрируется с «Электронным планом ликвидации аварии» и позволяет:

- прогнозировать распространение пожара и вредных газов, выделяющихся при горении, с учетом тепловых депрессий;
- оперативно выбирать наиболее безопасные пути выхода людей из аварийных и угрожаемых участков;
- повысить эффективность работы горноспасательных подразделений.

Данный расчетный модуль делает «Электронный план ликвидации аварии» более эффективным и востребованным на горных предприятиях.

# **РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ**

Круглов Ю.В., Казаков Б.П.\*, Стукалов В.А.\*\*

*Горный институт. Уральское отделение РАН*

*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет»*

*\*\*ОАО «Уралкалий», г. Пермь*

В настоящее время горные предприятия вступили в фазу активного оснащения своего производства средствами промышленной автоматизации. Процессы автоматизации затрагивают также и вентиляционное хозяйство подземных рудников и шахт.

Задачи современной рудничной вентиляции условно можно разбить на два класса: 1) повышение безопасности горных работ за счет повышения эффективности проветривания участков шахтных полей рудников, 2) снижение энергетических затрат на проветривание шахт за счет применения систем оптимального автоматического проветривания и новых технологий перераспределения воздуха в вентиляционных сетях.

Задача № 1 состоит в том, чтобы обеспечить равенство (или незначительное превышение) фактических расходов воздуха и требуемых (т. н. расчетных) значений данных расходов в контрольных точках. Задача № 2 состоит в том, чтобы при одновременном выполнении условия № 1 суммарное энергопотребление вентиляционных устройств стремилось к минимуму за счет повышения общего к. п. д. системы вентиляции, т. е. снижения суммарной активной мощности вентиляторных установок рудника.

Комплексное решение задачи, включающей подзадачи №№ 1 и 2, практически невозможно без построения системы автоматического управления проветриванием рудника или шахты, работающей под управлением программного обеспечения, в основе которого лежит алгоритм оптимального управления, обеспечивающий решение данных подзадач.

Ключевыми элементами системы оптимального автоматического управления проветриванием рудника являются следующие элементы:

1. системы автоматического частичного повторного использования воздуха с частотным регулированием;
2. автоматические вентиляционные двери, выполняющие роль средств отрицательного регулирования расходов воздуха;
3. система мониторинга воздушных потоков и их качественного состава;
4. подсистема управления главными вентиляторными установками (частотное регулирование или др.);
5. блоки частотного регулирования;
6. программное обеспечение, обеспечивающее оптимальное управление исполнительными механизмами системы (двери, рециркуляционные агрегаты, вентиляторные установки).

В настоящее время сотрудниками лаборатории аэрологии и теплофизики ГИ УрО РАН совместно с рядом промышленных предприятий разработаны основные элементы системы автоматического управления, часть из которых уже применяется в рудниках (имеется разрешение Ростехнадзора), а часть — проходит промышленные испытания. Помимо этого, в лаборатории разработан программный комплекс «Аэро-Сеть», позволяющий производить имитационное моделирование подобных систем с учетом всех процессов воздухораспределения в шахтной вентиляционной сети, в т. ч. динамических (переходных).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД ОТРАБОТАННОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО ПОЛЯ РУДНИКА БКПРУ-2

Кузьминых В.С.

Научный руководитель профессор Асанов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Верхнекамское месторождение калийных солей отрабатывается с помощью камерной системы разработки, с оставлением поддерживающих междукамерных целиков, что обеспечивает поддержание водозащитной толщи пород, а также сохранность наземных объектов и сооружений. Недостатком данной системы разработки являются значительные потери полезного ископаемого в целиках (доходят до 50 % от общей массы запасов). Поэтому актуальной является задача повышения извлечения полезного ископаемого из недр. Одним из вариантов решения данной задачи может быть повторная разработка запасов шахтного поля. Экспериментальные работы по проведению горных выработок в отработанной части шахтного поля показали, что спустя 25-30 лет после отработки в выработанном пространстве формируется новый техногенный массив, пригодный для повторной отработки. Для решения вопросов возможности повторной выемки необходимо знание механических свойств пород этого техногенного массива.

Для проведения испытаний по определению механических свойств пород были отобраны блоки из целиков и забутованных камер на отработанной части шахтного поля. Затем из блоков выпиливались образцы, которые испытывались на сервогидравлическом прессе. По результатам испытаний определялись прочностные и деформационные показатели.

На основе проведённых испытаний установлено, что прочность соляных пород слагающих целики на пласте АБ в отработанном пространстве фактически равна нормативным значениям ( $\sigma_{норм}^{АБ} = 19 \text{ МПа}$ ). На пласте КрII предел прочности соляных пород целиков на 35 % меньше регламентируемых значений ( $\sigma_{норм}^{КрII} = 23 \text{ МПа}$ ). Прочность соляных пород забутовки камер на пласте КрII составляет около 5 МПа, на пласте АБ – порядка 3 МПа. Агрегатная прочность пород забутовки камер ещё ниже – порядка 1,5-3 МПа.

Модуль деформации соляных пород целиков на пласте АБ варьируется в интервале от 0,9 до 1,5 ГПа, на пласте КрII – от 1,5 до 1,8 ГПа, что в 3-5 раз больше модуля деформации пород забутовки камер.

Таким образом, в результате проведённых исследований установлено, что прочность соляных пород междукамерных целиков на обоих продуктивных пластах в пределах экспериментальных участков сопоставима с их нормативным значением. Соляные породы забутовки камер имеют на порядок меньшие значения агрегатной прочности по сравнению с целиками и обладают гораздо большей деформативностью.

# **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ИЗ ПОЧВЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТКИ СИЛЬВИНИТОВОГО ПЛАСТА**

Литвиновская Н.А.

Научный руководитель профессор Андрейко С.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Проблеме газодинамических явлений в калийных рудниках посвящено большое количество научных работ, но в тоже время собственно решению проблемы газодинамических явлений из почвы подготовительных горных выработок посвящено относительно небольшое число научных работ. Между тем эта проблема актуальна как для рудников Старобинского месторождения, так и для рудников Верхнекамского месторождения. Данный вид газодинамических явлений в большей степени характерен для подготовительных выработок, проходимых в породах I калийного горизонта. Уникальность горнотехнической ситуации на этом горизонте в условиях рудника I РУ РУП «ПО «Беларуськалий» состоит в том, что он на всей площади распространения подработан очистными горными работами на нижерасположенных II и III калийных горизонтах.

Исследование пород почвы I калийного горизонта показало, что в условиях подработки нижележащими калийными горизонтами на уровне I калийного горизонта формируются участки с принципиально различными значениями газоносности и газодинамических характеристик. Это связано с тем, что всякая остановка границы выработанного пространства оказывается источником возникновения по обе стороны от нее краевой части мульды сдвижения. В краевых частях мульды сдвижения породы I калийного горизонта будут подвергаться максимальной геомеханической деструкции, следовательно, фильтрационные и коллекторские свойства пород I калийного горизонта в этих зонах будут играть весьма важную роль с точки зрения возможности развития газодинамических явлений. На этих участках I калийного горизонта возможно появление газодинамических аномалий, т.е. участков, отличающихся степенью нарушения пород, их газоносностью и газодинамическими характеристиками.

Это позволяет сделать прогноз зон, опасных по газодинамическим явлениям из пород почвы горных выработок и построить прогнозную карту. Наличие данной карты позволяет дифференцировать мероприятия по предотвращению газодинамических явлений из пород почвы подготовительных горных выработок.

Для разработки способа предотвращения следует учитывать существующую технологию проходки выработок. При комбайновой проходке наиболее технологичным и наименее затратным будет бурение дегазационных шпуров. В разных условиях необходимо проводить мелкошпуровое, глубокое профилактическое бурение либо заблаговременную дегазацию пород почвы. Бурение дегазационных шпуров позволит снизить давление приконтактных свободных газов в породах почвы горных выработок и тем самым предотвратит их разрушение.

# **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ИЗ ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКЕ КАРНАЛЛИТОВОГО ПЛАСТА В НАШАХТНОМ ПОЛЕ РУДНИКА СКРУ-1 ОАО «СИЛЬВИНИТ»**

Лялина Т.А.

Научный руководитель профессор Андрейко С.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

При очистной выемке карналлитового пласта В на шахтном поле рудника СКРУ-1 ОАО "Сильвинит" было зафиксировано несколько случаев газодинамических явлений (ГДЯ) из почвы. В настоящее время метод прогноза подобных ГДЯ отсутствует. Поэтому повышение эффективности и безопасности ведения горных работ при механизированной выемке карналлитового пласта В, опасного по внезапным выбросам из почвы горных выработок, для рудника СКРУ-1 ОАО "Сильвинит" является актуальной проблемой.

Анализ существующих методов прогноза ГДЯ показал, что на сегодняшний день нет метода прогноза внезапных выбросов из почвы горных выработок. Целью настоящих исследований являлась разработка математического метода и получение решающих правил прогноза, дающих при максимально возможной вероятности оценку опасности по ГДЯ из почвы конкретного участка шахтного поля.

В настоящей работе линейные дискриминантные функции решающих правил определялись с использованием классических процедур и робастных (по весовым оценкам Хьюбера). Критерием отбора из полученных разными процедурами решающего правила служил максимальный процент правильной классификации.

Исходными данными для проведения статистического анализа являются результаты геологоразведочных работ, проведенных на восточной части шахтного поля рудника СКРУ-1. База исходных данных включает в себя около 70 наблюдений по следующим геологическим параметрам: абсолютная отметка кровли пласта, его мощность, содержание в породах пласта хлористого калия, хлористого натрия, хлористого магния, брома, сульфата кальция и нерастворимого остатка. По каждому параметру получены оцифрованные значения в точках ГДЯ, которые вошли в обучающую выборку для проведения линейного дискриминантного анализа с использованием различных статистических процедур.

Используя робастную математическую модель линейного дискриминантного анализа данных получено решающее правило для отнесения точки наблюдения к зоне, опасной по ГДЯ из почвы горных выработок, при комбайновой отработке карналлитового пласта В. Построена прогнозная карта зон, опасных по газодинамическим явлениям, для условий шахтного поля рудника СКРУ-1 ОАО "Сильвинит".

Прогнозная карта зон, опасных по ГДЯ из почвы, наглядно демонстрируют адекватность решающего правила практике ведения горных работ. Это свидетельствует о работоспособности метода прогноза зон, опасных по ГДЯ из почвы горных выработок. Все зафиксированные на руднике СКРУ-1 ГДЯ из почвы горных выработок при комбайновой отработке карналлитового пласта В попадают в прогнозируемые зоны, опасные по ГДЯ

Разработанный метод прогнозирования внезапных разрушений пород почвы очистных камер вошел в нормативный документ, регламентирующий безопасное ведение горных работ при механизированной выемке карналлитового пласта В.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОВША АКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

Муравский А.К.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Одной из самых распространенных машин для разработки массивов пород и грунтов является одноковшовый экскаватор. Среди путей повышения его эффективности и расширения технологических возможностей является использование в качестве навесного оборудования ковша активного действия.

В Пермском государственном техническом университете ведутся исследования в области создания экскаваторных ковшей с активными режущими зубьями, использующими в качестве привода гидроцилиндры. Гидроцилиндры способны создать на режущих кромках зубьев высокие удельные давления, что ведет к существенным локальным напряжениям в массиве с дальнейшим его разрушением. Появляется возможность разработки грунта более высокой категории.

Математический расчет позволяет решить широкий перечень задач, возникающих при проектировании конструкции ковша активного действия.

Ковш активного действия является динамической системой и для его описания требуется наличие соответствующего математического аппарата, в частности математической модели. Однако, некоторые расчетные случаи позволяют использовать уравнения статики, что значительно упрощает математические выкладки.

Таким образом, в зависимости от требуемых задач и целей расчет ковша активного действия может быть произведен как с точки зрения уравнений динамики, так и статики.

# **ВАРИАНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ РАБОТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРОЯВЛЕНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ШАХТНЫХ ПОЛЯХ РУДНИКОВ ОАО «СИЛЬВИНИТ»**

Нестеров Е.А.

Научный руководитель профессор. Андрейко С.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Газодинамические явления представляют собой внезапные по месту и времени быстропротекающие разрушения части приконтурного массива с выносом разрушенной породы в выработку, сопровождающиеся газовыделением и обрушением в массиве полостей. В калийных рудниках ОАО «Сильвинит» за все время при отработке сильвинитовых пластов было зафиксировано 24 газодинамических явления.

По месту проявления случаи можно разделить на произошедшие из кровли, почвы, забоя и стенок выработок. Следует обратить внимание на то, что для предотвращения газодинамических явлений из забоя и стенок горных выработок, а они составляют 42 % от всех случаев, защитные мероприятия вообще ни применяются. В тоже время, газодинамические явления из забоя и стенок горных выработок являются ничем иным как отжимами призабойной части пород, которые сопровождаются звуковыми эффектами, разрушением с выносом породы в горную выработку, имеют интенсивность, не превышающую несколько тонн, и представляют собой реальную угрозу жизни шахтеров.

Анализ отжимов призабойной части пород показал, что все они приурочены к геологическим трещинам. Главная система трещин, являющаяся субмеридианальной, вскрыта непосредственно горными выработками. К ней приурочена согласная система более мелких трещин. Одновременно выделяются и оперяющие, ортогональные трещины субширотной ориентации.

Для предотвращения газодинамических явлений из забоя горных выработок предложены схемы дегазационных работ с помощью скважин при проходке выработок субмеридианального и субширотного направления. Схемы заключаются в пересечении забоем горизонтальной или наклонной скважины плоскости трещины, заполненной газом под давлением, обеспечивающем фильтрацию газа из очага в выработку по стволу скважины. Этот способ предотвращения газодинамических явлений из забоя следует рассматривать как защитное мероприятие, действующее в призабойной зоне горной выработки.

Применение данных схем дегазационных работ позволит исключить такие газодинамические явления как внезапные отжимы призабойной части пород, сопровождающиеся выносом разрушенной породы в призабойное пространство, газовыделением и ударной воздушной волной, что позволит повысить безопасность ведения горных работ на участках шахтных полей калийных рудников с развитыми системами геологических трещин.



## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ

Николаев А.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Кондиционирование (охлаждение и осушение) воздуха является одной из важных задач, рассматриваемых в вопросах вентиляции калийных рудников. Это вызвано тем, что параметры подаваемого в рудник воздуха (температура, относительная влажность, влагосодержание) в значительной мере влияют на условия безопасности при эксплуатации и эффективность проветривания рудника.

Теплый воздух, влажность которого может достигать 92 – 95%, контактируя с холодными поверхностями выработок, охлаждается и его влагосодержание падает, а избыток влаги выпадает в виде конденсата. В результате образующиеся растворы солей – электролиты – выводят из строя электрооборудование, т.к. увеличивается его износ, затрудняют работу техники, разрушают покрытие дорог, уменьшает несущую способность целиков.

Для снижения (исключения) выпадения влаги в руднике применяются системы кондиционирования воздуха (СКВ), наиболее эффективными из которых являются холодильные установки парокомпрессорного типа, состоящие из компрессора, испарителя (теплообменник, охлаждающий воздух – воздухоохладитель), конденсатора (охлаждающего и конденсирующего хладагент) и запорной арматуры.

Принцип работы подобных установок следующий. В компрессоре рабочее вещество, находящееся в газообразном состоянии, сжимается. Сжатие сопровождается соответствующим повышением температуры. В конденсаторе поступающие из компрессора нагретые пары хладагента охлаждаются до температуры насыщения и, конденсируясь, переходят в жидкое состояние. Тепло нагрева и конденсации отводится охлаждающей средой (например, воздухом из охлаждающих вентиляторов холодильной установки). Жидкий хладагент под давлением через регулирующий вентиль поступает в испаритель (воздухоохладитель), где за счёт резкого уменьшения давления происходит испарение хладагента и превращение его в пар. При этом температура хладагента снижается, в результате чего воздух, поступающий в воздухоохладитель, охлаждается.

Процесс охлаждения хладагента в конденсаторе, ввиду большого объема охлаждаемого им воздуха, сопровождается колоссальным потреблением электроэнергии. При этом работа СКВ не всегда обеспечивает требуемые параметры для полного осушения воздуха.

В связи с этим возникает необходимость расчета требуемых параметров воздуха на выходе из СКВ и выбора ее составных элементов. После расчета потребления электроэнергии всеми устройствами СКВ можно говорить о целесообразности применения подобной системы на калийных рудниках для охлаждения и осушения воздуха.

# ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ НА КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ

Новоселицкая Л.Л.

Научный руководитель доцент Исаевич А.Г.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Возможность использования рециркуляционного проветривания в калийных рудниках как средства энергосберегающего проветривания. (способность горного массива сорбировать часть вредных примесей рудничного воздуха, неполное использование свежего воздуха в рабочих зонах).

На сегодняшний день на рудниках часто встречаются случаи возникновения неконтролируемых рециркуляционных контуров, которые являются потенциальными источниками образования неуправляемых зон загазования. Применение же управляемой рециркуляции встречается крайне редко.

Причиной тому является отсутствие методики по установке рециркуляционных установок. В связи с этим разработка такой методики является крайне необходимой на данный момент.

Методика должна основываться на следующих факторах:

1. Топология существующей вентиляционной сети рудника с учётом зон влияния установленных источников тяги.

2. Характеристика источников газовыделения в вентиляционной сети рудника.

3. Средства контроля рециркуляции, требуемые нормативными документами.

С точки зрения безопасности ведения горных работ, работа рециркуляционных установок должна исключать возможность образования зон, концентрация газа в которых будет превышать установленные нормы. Поэтому, в первую очередь, при разработке методики, необходимо исследовать определяющие характеристики газовой обстановки в рециркуляционном контуре в зависимости от всевозможных параметров, в качестве которых можно выделить:

Характер распространения вредных веществ по выработкам рудничной вентиляционной сети;

Коэффициент рециркуляции (количество повторно используемого воздуха);

Параметры источника газовыделения (распределение в пространстве и времени, мощность).

В зависимости от перечисленных выше факторов необходимо исследовать следующие параметры газовой обстановки: асимптотическое значение концентрации газа в основных точках контура, время выхода на этот уровень, характер зависимости выхода.

Частично поставленные задачи решены Красноштейном А.Е. и Файнбургом Г.З.. Исследования Ушакова К.З. посвящены исследованию газовой обстановки при возникновении неуправляемых рециркуляционных контуров при использовании вентиляторов местного проветривания и вспомогательных вентиляторных установок.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА STICK-SLIP ЭФФЕКТА ПРИ КОНТАКТЕ ПОРОДЫ И МЕТАЛЛА

Новоселова И.Г.

Научный руководитель доцент Паньков И.Л.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Stick-slip эффект (прерывистое скольжение) достаточно распространенное явление, встречающееся в различных областях наук о Земле (трение блоков земной коры; сухое трение частиц сыпучего материала; проскальзывание замков анкерной крепи, работающих в условиях неустойчивой кровли; запредельное деформирование некоторых горных пород (например карналлит), которое сопровождается многочисленными сбросами осевой нагрузки и т.д.). Несомненное сходство этих внешне различных явлений показывает, что в их основе должны существовать единые универсальные механизмы, изучение которых представляется достаточно актуальной задачей.

Для проведения эксперимента по изучению stick-slip эффекта было разработано имитационное устройство, представляющее собой жесткую металлическую матрицу с пуансоном, в которую производилась запрессовка мелкораздробленной каменной соли. Спрессованный образец выдавливался из матрицы с одновременной регистрацией усилий выдавливания и осевых перемещений. Получаемая диаграмма прерывистого скольжения имела пилообразный вид, состоящий из повторяющихся циклов, каждый из которых включал стадию возрастания нагрузки и стадию ее динамического срыва.

Обработка диаграмм деформирования включала определение работы динамического срыва для каждого цикла, а также затраченной упругой энергии, представляющей соответствующую разность в момент достижения прессом циклического максимума и минимума. Оценка упругой энергии, аккумулированной в податливых элементах пресса, производилась на основе его деформационного паспорта (зависимость собственных деформаций пресса от действующей нагрузки).

Построенные для диаграмм, полученных при выдавливании образцов с различным усилием запрессовки, регрессионные зависимости между работой динамического срыва и затраченной упругой энергии имеют линейный характер с коэффициентом пропорциональности близким к единице. Практически полный переход упругой энергии в работу динамического срыва при stick-slip эффекте свидетельствует о «низкоинтенсивном» характере данного явления, в отличие от «высокоинтенсивных» динамических явлений к которым относятся, например, горные удары.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЖИЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Павлов А.А.

Научный руководитель доцент Петров А.Н.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск*

Основные причины образования потерь и разубоживания по системам разработки. Система с магазинированием. Потери в конусах оставшейся руды в блоке между выпускными орт-заездами при отработке междукамерных целиков и потолочин. Наибольших значений потери достигают при отработке рудных жил в зоне переходных температур и подмерзлотных горизонтах, где резко снижается устойчивость вмещающих. Резкое увеличение объясняется тем, что при генеральном выпуске руды из блока в условиях неустойчивых пород всячего бока происходит, его преждевременное обрушение и, как следствие этого, невозможность выемки запасов потолочины блока. Анализ показал, что устойчивой корреляционной зависимости между потерями руды, углом падения и мощностью рудного тела нет. Разубоживание существенно зависит от мощности отрабатываемой жилы.

Угол падения и разубоживание также не коррелируют между собой. На подмерзлотных горизонтах увеличивается разубоживание, так как в этом случае добавляется так называемое вторичное разубоживание от вмещающих пород, отслоение которых происходит в процессе генерального выпуска руды из блока.

Система подэтажных штреков. Потери при этом изменяются в незначительных пределах и образуются в основном в пространстве между выпускными выработками днища блока. Наименьшие показатели отмечены при отработке рудной зоны №1 Неждановского месторождения, наибольшие – рудного тела №1 Сарылахского месторождения в неустойчивых вмещающих породах, что говорит о нецелесообразности применения указанной системы на подмерзлотных горизонтах. Слабая устойчивость вмещающих пород не допускает больших пролетов обнажения пород всячего и лежащего боков рудного тела, что является необходимым условием при применении системы подэтажных штреков.

Камерно-столбовая система разработки. Применяется на руднике Бадран АО «Индибирзолото» при отработке зоны «Надвиговая». Потери руды при указанной системе формируются в междукамерных целиках. После окончания отработки соответствующего горизонта производится частичная их отработка, однако потери остаются на уровне 30.31%, что нерационально в условиях разработки месторождений ценных руд на Северо-Востоке России. Разубоживание находится на уровне 30.35% и зависит от мощности рудного тела и устойчивости пород вмещающего массива.

Анализ показателей извлечения при добыче на ведущих горнодобывающих предприятиях Республики Саха (Якутия) при существующих и нетрадиционных (с гибким синтетическим перекрытием, с льдопородной закладкой, с селективной выемкой, блоками увеличенной длины т.д.) системах разработки в различных горно-геологических условиях за 15-летний период показал, что показатели потерь и разубоживания изменяются в следующих пределах:

1. Система с магазинированием руды:  $P = 5-16,2\%$ ;  $R = 9,6-44,7\%$ .
2. Система подэтажных штреков:  $P = 4-8\%$ ;  $R = 16-44,1\%$ .
3. Сплошная система:  $P = 4-10,5\%$ ;  $R = 30,5 - 59\%$ .
4. Камерно-столбовая система:  $P = 28-31\%$ ;  $R = 32,5-35\%$ .

# **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКТИВНОЙ ВЫЕМКИ ПЛАСТА КРАСНЫЙ-III<sub>а-б</sub> В УСЛОВИЯХ ШАХТНОГО ПОЛЯ ТАЛИЦКОГО ГОКА**

Перминов К.М.

Научный руководитель профессор Соловьёв В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Верхнекамская калийная компания приобрела Талицкий участок для построения горно-обогатительного комбината мощностью 7,2 млн. т выдаваемой руды в год. В данной работе будет рассматриваться эффективность применения комбайна «МС-350» на сильвинитовом пласте Красный-III<sub>а-б</sub>.

Пласт Красный-III<sub>а-б</sub> на Верхнекамском калийном месторождении до настоящего времени не отрабатывали. Поставленные на баланс проектируемого предприятия слои пласта Красный-III<sub>а-б</sub> содержат в своём составе слой каменной соли мощностью около 1,0 м. При валовой выемке пласта Красный-III<sub>а-б</sub> запасы западной части шахтного поля отвечают требованиям кондиций по содержанию полезного компонента в руде (более 22 %). В этой связи за основу рекомендуется принять технологию очистных работ с использованием комбайнов типа «Урал-20Р», которые эффективно применяются при выемке пластов на рудниках Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей.

Учитывая возможности современных технических средств очистной выемки, в настоящее время имеется возможность селективной отработки пласта Красный-III<sub>а-б</sub> на Талицком участке, при которой сильвинитовые слои извлекают отдельно от слоя каменной соли и отгружаются на обогащение, а каменная соль складывается в отработанные камеры. Тем самым уменьшаются затраты на транспорт, подъём и переработку на обогатительной фабрике и складирование солеотходов.

В качестве технических средств очистной выемки, согласно технической характеристике оборудования, может быть применён австрийский проходческо-очистной комбайн с барабанным исполнительным органом «МС-350». Применение технологии с использованием данного комбайна позволит складировать около 33% каменной соли в отработанных камерах и не производить её отправку на обогатительную фабрику совместно с кондиционной рудой.

Для оценки эффективности селективной выемки пласта Красный-III<sub>а-б</sub> комбайном «МС-350» были выполнены следующие действия: определена область применения комбайна «МС-350»; выполнена сравнительная оценка поперечных сечений комбайновых ходов при валовой и селективной выемке пласта Красный-III<sub>а-б</sub>; проработаны возможные варианты селективной комбайновой выемки пласта Красный-III<sub>а-б</sub> с размещением каменной соли в отработанных камерах при различной мощности пласта; рассчитана устойчивость междупластья при нисходящем порядке отработке сближенных сильвинитовых пластов Красный-II и Красный-III<sub>а-б</sub>.

Таким образом, исходя из исследований, проводимых в данной работе, была доказана эффективность применения селективной выемки пласта Красный-III<sub>а-б</sub> на Талицком участке, которая может быть осуществлена современным проходческо-очистным комбайном «МС-350». Единственным недостатком селективной выемки на сегодняшний день является низкая производительность комбайновых комплексов (в 1,5 – 2,0 раза меньше технологии валовой выемки).

# **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ**

Петрова Л.В.

Научный руководитель доцент Петров А.Н.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск*

Главной задачей горнодобывающих компаний является добыча полезного ископаемого с наименьшими материальными затратами с учетом различных мероприятий по охране и рациональному использованию недр, с наименьшим износом применяемых оборудования и соблюдение условий для наибольшей безопасности жизнедеятельности горнорабочих.

С учетом выше перечисленных задач создаются новые технологии по проведению горноразведочных выработок. Главными операциями проведения горноразведочных выработок являются буровзрывные работы, проветривание выработок, их крепление, уборка и транспортировка породы. Введение новых идей во все операции проходческого цикла должно в результате создать как можно эффективно-быструю, безопасную добычу, в целом, прогресс в горной промышленности.

Так, например, эффективность технологии буровзрывных работ можно повысить путем введения новизны, изменений в схемы расположения шпуров, в способы взрывания, в различные параметры буровзрывных работ. Проветривание шахты также можно усовершенствовать внедрением более эффективных схем вентиляции шахт и участков, снижением выделения в действующие горные выработки вредных газов с помощью дегазации шахт, снижением температуры в действующих горных выработках (посредством кондиционирования воздуха и теплоизоляции окружающих горных пород). Снижение затрат на крепление выработки осуществляется через более полное использование несущей способности вмещающих пород, расширение области и увеличение объемов применения анкерной, набрызгбетонной, сборных железобетонных и других прогрессивных крепей, создание и широкое применение эффективных средств механизации работ по креплению и ремонту, увеличение объемов извлечения металлических крепей их погашаемых выработок и повторного их использования. В процессе погрузки породы важно применение эффективного комплекса оборудования, что сократит время работы.

В будущем необходимо усовершенствование используемой техники и технологии горноразведочных работ на базе современных достижений науки и техники. Большое значение имеют также правильная организация производства и управление геологоразведочными предприятиями с использованием методов математического программирования, сетевого планирования, автоматики и телемеханики. Повышение степени использования имеющейся и вновь поступающей техники, совершенствование технологических процессов, упрощение технологии и применение технических средств, обеспечивающих комплексную механизацию основных и вспомогательных процессов, - резерв повышения производительности труда при проведении горноразведочных выработок.

# **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СОЛЯНЫХ ПОРОД НА ОБРАЗЦАХ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА**

Портяная Е.А.

Научный руководитель доцент Паньков И.Л.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

При определении параметров камерной системы разработки, применяемой на рудниках Верхнекамском месторождении калийных солей, согласно нормативным документам, необходим учет масштабного фактора. Изучение данного фактора проводилось на кубических образцах соляных пород различных размеров, изготовленных из породных монолитов, отобранных на шахтных полях рудников Верхнекамского месторождения. Всего для испытаний было подготовлено около 100 образцов с размерами боковых граней - 50, 100, 150, 200 и 300 мм. С целью учета начальной деформации производилось определение скоростей прохождения продольных и поперечных волн вдоль и поперек слоистости с помощью ультразвукового низкочастотного дефектоскопа УД2Н-ПМ.

Испытания образцов на одноосное сжатие проводились на оборудовании, обеспечивающем жесткий режим нагружения и автоматическую запись диаграмм деформирования (электромеханический пресс Zwick/Z250, гидравлический пресс Toni/Norm). Измерение продольных деформаций проводилось между плитами пресса. В процессе эксперимента поддерживалась постоянная скорость деформирования, составлявшая  $0,01 \text{ мин}^{-1}$ .

В результате обработки диаграмм деформирования получены корреляционные зависимости влияния размеров образцов на прочностные, деформационные, жесткостные и энергоемкостные показатели.

## **ПРОЦЕСС СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОВЕТРИВАНИЯ РУДНИКА С БОЛЬШИМ ОБЪЕМОМ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Постникова М.Ю.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Большие объемы пустот в выработанных пространствах значительно влияют на режимы работы главных вентиляторных установок и на воздухораспределение в руднике, в особенности в начальный момент после их запуска (после длительной остановки) или реверсии общерудничной воздушной струи в аварийных ситуациях. Для определения степени влияния выработанных пространств на процесс стабилизации вентиляции рудника был проведен эксперимент в руднике ОАО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» (Тульская область), когда вентиляторные установки главного проветривания включались после длительной остановки (около 16 часов). В настоящее время, суммарный объем пустот выработанных пространств составляет более 36 миллионов м<sup>3</sup>. Проводился эксперимент по установлению времени заполнения выработанных пространств воздухом при одновременном включении вентиляторной установки главного проветривания на клетевом стволе и на вентиляционном шурфе. Как показали исследования и расчеты стабилизация потоков воздуха в руднике происходит спустя 90-120 мин после запуска в работу вентиляторов главного проветривания.

При аварийной реверсии общешахтной вентиляционной струи: в выработанных пространствах после переключения вентиляторов на реверсию (режим всасывания) сохраняется избыточное давление, за счет чего в вентиляционных (воздуховыдающих при нормальном проветривании) стволах сохраняется прежнее движение воздуха, в то время как в воздухоподающих, на которых расположены вентиляторная установка главного проветривания, струя получит обратное движение. Этот процесс, при котором во всех стволах рудника будет сохраняться движение воздуха из шахт на поверхность, будет длиться до тех пор, пока в выработанных пространствах не установится депрессия. За этот период в руднике может возникнуть непредвиденная ситуация, связанная с эвакуацией рабочих. Эта ситуация может возникнуть в связи с тем, что до настоящего времени все планы ликвидации аварий включают мероприятия по эвакуации людей при ожидаемой почти мгновенной реверсии струй воздуха во всех выработках рудников и шахт при переключении главной вентиляторной установки. На самом деле в рудниках с большими объемами пустот в выработанных пространствах момент реверсии струй может наступить гораздо позже и вентиляционная обстановка окажется иной, чем предусмотрена в плане ликвидации аварий.



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ СОЛЯНЫХ ПОРОД В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВАЖИННОГО ГИДРОДОМКРАТА

Салахов А.С.

Научный руководитель доцент Токсаров В.Н.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В отработанной части шахтного поля рудника БКРПУ-2 ОАО «Уралкалий» на участке 1-й западной панели проведены экспериментальные исследования модуля деформации соляных пород сближенных сильвинитовых пластов АБ и КрII. Эксперименты проводились в специальных выработках, пройденных вкрест простирания камер в 1989-91 гг. с целью изучения состояния отработанного массива соляных пород после завершения активной стадии деформирования вмещающих пород и оценки возможности повторной разработки

Очистные работы на вышележащем пласте АБ в пределах данного участка проводились в 1971 г. диагональными камерами с параметрами: ширина камеры  $a=3,2$  м, ширина междукamerного целика  $b=5,8$  м. На пласте КрII запасы отработаны податливыми целиками с параметрами:  $a=6,3$  м,  $b=3,7$  м. В кровле пласта КрII оставлена защитная сильвинитовая пачка мощностью 0,7-0,85 м.

Визуальное обследование состояния отработанного пространства показало, что за время, прошедшее с момента проходки, произошло фактически полное погашение очистных камер на пласте КрII, а на пласте АБ процесс погашения очистных выработок продолжается.

Определение модуля деформации соляных пород проводилось с использованием скважинного гидродомкрат Гудмана фирмы Durham Geo Slope Indicator (США). Гидродомкрат представляет собой каротажный зонд, предназначенный для измерения деформации стенок скважины под действием приложенной нагрузки.

Замерные скважины бурились как в междукamerных целиках, так и в породах забутовки камер. По данным натурных измерений установлено, что модуль деформации пород целиков на пласте АБ варьируется в интервале от 1,2 ГПа до 2,7 ГПа, составляя в среднем около 1,9 ГПа. На пласте КрII модуль деформации соляных пород междукamerных целиков, в целом, соответствует значениям этого же параметра на пласте АБ, составляя в среднем 2,1 ГПа. В целом деформационные характеристики соляных пород междукamerных целиков близки к фоновым значениям.

Модуль деформации соляных пород забутовки камеры удалось измерить только в одной скважине на пласте АБ, что обусловлено дезинтеграцией и значительной глинизацией пород. Установлено, что модуль деформации обрушенных пород изменяется в диапазоне порядка 0,2-0,6 ГПа, что фактически в 3-4 меньше аналогичных значений, полученных в междукamerных целиках.

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМУЛ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВЕЛИЧИНУ И НАПРАВЛЕННОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЯГИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ МЕЖДУ СТОЛАМИ, К НЕФТЕШАХТАМ ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Седнев Д.Ю., Николаев А.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Единственным месторождением в России, на котором добыча нефти осуществляется подземным способом, является Ярегское месторождение (г. Ухта, Республика Коми). На месторождении имеются три нефтешахты № 1, 2 и 3, способ проветривания которых всасывающий.

Одним из важных факторов, влияющих на проветривание шахты, является возникновение естественной тяги (тепловой депрессии), действующей между ее стволами.

По своему направлению естественная тяга может быть «положительной», способствующей проветриванию, и «отрицательной» – препятствующей работе главной вентиляционной установки (ГВУ). Последняя играет значительную роль в процессе проветривания и, в некоторых случаях, может привести к тому, что ГВУ не сможет обеспечить требуемую подачу воздуха. В связи с этим изучение процессов возникновения и методов расчета естественной тяги является одной из основных задач при проветривании.

В калийной промышленности, где применяется всасывающий способ проветривания, для расчетов существует целый ряд формул, определяющих величину и направленность естественной тяги, действующей между стволами рудников. Ввиду того, что по способу проветривания нефтешахты и калийные рудники не отличаются, можно говорить о том, что данные расчетные формулы могут быть использованы при расчетах естественной тяги на данном месторождении.

Отличительной особенностью нефтешахт является то, что схема их отработки является одnogоризонтной, т.е. околоствольные дворы воздухоподающих и вентиляционного стволов находятся практически на одном уровне. Также для подачи свежего воздуха к отработываемым горизонтам на нефтешахтах применяются вентиляционные скважины, по которым подаются значительные объемы воздуха. Остальные параметры, принимаемые в расчетах, включая теплопроводность пород, окружающих стволы, их аэродинамические сопротивления и параметры воздуха, подаваемого в шахту, определяются аналогично существующим методам и зависят от климатических и геотермических условий самого месторождения.

В связи с этим можно говорить о том, что при расчете естественной тяги, возникающей при проветривании между стволами нефтешахт Ярегского месторождения, применив некоторые преобразования, возможно использовать формулы, применяемые в расчетах для калийных рудников.

**СЕЛЕКТИВНАЯ ВЫЕМКА ПЛАСТА АБ СМЕШАННОГО СОСТАВА В ПРЕДЕЛАХ  
12 ЗАПАДНОЙ ПАНЕЛИ НА ШАХТНОМ ПОЛЕ БКПРУ-2 С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ПРОХОДЧЕСКО-ДОБЫЧНОГО КОМБАЙНА КОНТИНИУС МАЙНЕР ФИРМЫ  
БЬЮСАЙРУС**

Селин А.В.

Научный руководитель профессор Андрейко С.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

На площади северо-западного участка шахтного поля БКПРУ-2 имеют довольно обширное распространение аномалии с замещением пласта Б карналитового состава смешанным составом. На этих площадях предлагается применить селективную выемку пласта АБ с использованием современного оборудования фирмы Бьюсайрус. Применяя оборудование фирмы Бьюсайрус, в частности, проходческо-добычной комбайн Континиус Майнер, для данных условий, планируется обеспечить повышение качества добываемой руды без ущерба для производительности. Руду сильвинитового состава, добытую с пласта А, планируется выдавать на поверхность, а породу с пласта Б складировать в отработанных камерах. Разработана отличная от существующей система разработки пласта АБ, произведен расчет технико-экономических показателей данной системы и дана оценка целесообразности применения данной системы разработки.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА К ВСКРЫТИЮ, ПОДГОТОВКЕ И РАЗРАБОТКЕ ТАЛИЦКОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕКАМСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Соловьев В.А., Константинова С.А.\*, Алыменко Д.Н.\*

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

*\*Уральский научно-исследовательский и проектный институт ОАО «Галургия», г. Пермь*

Талицкий участок расположен в южной части Верхнекамского месторождения калийных солей. Для этого участка характерно уменьшение мощности промышленных пластов, увеличение содержания нерастворимого остатка (НО) в руде и снижение устойчивости пород в кровле выработок. Необходимо решение целого ряда сложных задач.

Первая задача заключалась в определении места заложения шахтных стволов и размещения промплощадки для поверхностного комплекса. Результатом комплекса исследований по четырем критериям: гидрогеологическому, геодинамическому, технологическому и соответствию правовым нормам по отводу земли под строительство поверхностного комплекса стало принятие центрально-отнесенной схемы вскрытия шахтного поля двумя вертикальными стволами в районе скважины №95С.

Принципы раскройки шахтного поля на панели и блоки приняты с учетом складчатости и гипсометрии сильвинитовых пластов: оси панелей и выемочных штреков ориентированы, соответственно, субмеридионально и субшироотно.

Учитывая пониженную устойчивость пород кровли на промышленных пластах, главные выработки располагаются в подстилающей каменной соли соосно гидроизолирующим целикам. Размеры гидроизолирующих целиков приняты с учетом того, что после отработки блоков они отрабатываются как полноценные панели при наличии обустроенных транспортных коммуникаций.

Деление шахтного поля на выемочные блоки выполнено таким образом, чтобы в процессе синхронного ведения очистных работ от центра к периферии будет обеспечено усреднение добываемой руды по содержанию как полезного, так и нерастворимого остатка (НО).

На Талицком участке к промышленным запасам отнесены пласты Красный-II и частично Красный-III<sub>аб</sub> средней мощностью 3,0 м. Отличительной особенностью пласта Красный-III<sub>аб</sub> является наличие в средней его части слоя каменной соли мощностью около 1,0 м. В связи с этой особенностью предлагается к опытно-промышленной проверке селективная технология выемки пласта с размещением отбитой каменной соли в ранее отработанных камерах. В качестве технических средств ведения очистных работ рекомендуется применение комбайнов с барабанным исполнительным органом MC350 производства Австрийской фирмы «SANDVIK» в комплексе с самоходными вагонами 5BC-15.

Выполнена сравнительная геомеханическая оценка параметров очистной выемки при применении традиционной и новой технологий ведения очистных работ. На основе математического моделирования методом конечных элементов были выполнены расчеты устойчивости междукammerных целиков при применении традиционной (валовой) и новой (селективной) технологий.

Установлено, что применение селективной технологии при выемке пласта Красный-III<sub>аб</sub> технологически эффективно. Экономическая оценка показала высокую эффективность применения селективной выемки. Рентабельность по себестоимости выше на 6,0%, а чистый доход за расчетный период превышает 15 млрд. руб.

## ОСОБЕННОСТИ ВСКРЫТИЯ ГОРИЗОНТОВ НА УФАЛЕЙСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Стрелка И.А., Долговых Ю.В.

Научный руководитель доцент Караулов Н.Г.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск*

Вскрытие рабочих горизонтов при освоении месторождений облицовочного камня открытым способом чаще производится капитальными траншеями и вскрывающими камерами, которые могут создаваться следующими комплексами оборудования:

1. Баровые камнерезные машины (БКМ).
2. Траншейная установка типа MOD-200 на основе алмазно-канатной машины (АКМ) в комплексе с буровой установкой.
3. Алмазно-канатная машина (АКМ) в комплексе с буровой установкой.
4. Баровые камнерезные машинами (БКМ) в комплексе с алмазно-канатной машиной (АКМ) и буровой установкой.

Следует отметить, что вышеперечисленные комплексы оборудования для подготовки блоков к выемке можно применять с различным выемочно-погрузочным оборудованием, например: деррик–краном, передвижным краном и погрузчиком [3]. При этом в процессе вскрытия рабочего горизонта в комплексе с большегрузным погрузчиком необходимо предусматривать строительство наклонного съезда, протяженность которого с учетом нормативного уклона будет определять высота добычного уступа.

В данной работе рассматривается способ вскрытия горизонтов на Уфалейском месторождении мрамора, который является уникальным в российской практике. Уфалейское месторождение расположено на территории, подчиненной г. Верхнему Уфалею Челябинской области, в 5 км к юго-востоку от г. Верхнего Уфалея. Для вскрытия горизонта используются (БКМ) в комплексе с (АКМ) и буровой установкой, в качестве выемочно-погрузочного оборудования используется передвижной кран.

На первом шаге формируется наклонная выработка (БКМ) шириной 10м, глубиной 1 м, под углом 30-35 градусов к поверхности вскрываемого горизонта. На втором шаге наклонная выработка углубляется до 8 м комплексом (БКМ) и (АКМ), при этом баровой машиной проходят наклонные пропилы, а (АКМ) вертикальные, по очереди отделяя блоки от монолита. Отпиленные от массива блоки опрокидывают, разделяют на товарные блоки и транспортируют.

Использование данной схемы позволяет значительно сократить время на вскрытие горизонта до 2 месяцев, что дает возможность снизить срок строительства карьера и объем капитальных вложений.

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТЫРКАНДА» ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Тимофеев К.И.

Научный руководитель доцент Петров А.Н.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск*

Участок месторождения с запасами для подземной раздельной добычи. Промышленный контур россыпи заключен между разведочными линиями 744 и 788. Общая длина его составляет 4000 м, ширина по разведочным линиям варьирует от 10 до 120 м, средняя 82 м. Общие запасы песков для подземной открытой добычи составляют 407,0 тыс.м<sup>3</sup>, при среднем содержании 6.43.

На проектируемом участке запасы блоков 45-С<sub>1</sub>, 46-С<sub>1</sub> и 47-С<sub>1</sub> находятся в многолетнемерзлом состоянии, блок 48-С<sub>1</sub> в талых породах.

Проектируемый участок разбивается на два шахтных поля. По простиранию россыпи длина шахтного поля №1 равна 270 м, в крест простирания шахтное поле достигает 100 метров. Длина шахтного поля №2 равна 240 м, в крест простирания шахтное поле достигает 140 метров. Шахтное поле №1 включает в себя запасы геологических блоков 48-С<sub>1</sub>, 47-С<sub>1</sub>, и часть запасов блока 46-С<sub>1</sub>(46-С<sub>1</sub>-1). Шахтное поле №2 включает в себя запасы геологических блока 45-С<sub>1</sub> и часть запасов блока 46-С<sub>1</sub> (46-С<sub>1</sub>-2).

Вскрытие. Шахтное поле №1 вскрывается двумя грузовыми наклонными стволами проводимыми под углом 25° и одним вспомогательным наклонным стволом под углом 8° . Посадка стволов на плотик производится на контур промышленных запасов.

Стволы оборудуются скреперными подъемами под лебедки 100ЛС-2СМА с оборудованием разгрузочных эстакад на устьях. В околоствольных дворах оформляются бункер-ямы.

Вспомогательный ствол проходится на границе обоих шахтных полей и служит для перемещения самоходного оборудования, доставки материалов и вентиляции. По окончании отработки шахтного №1 вспомогательный ствол консервируется и используется вновь, после расконсервации, при отработке шахтного поля №2, которое также вскрывается двумя грузовыми стволами.

Системы разработки. Для отработки части месторождения, расположенного в многолетнемерзлых породах, проектом принимается камерно-целиковая система разработки с применением самоходного оборудования с оставлением столбчатых межкамерных и межпанельных целиков.

Для отработки запасов блока 48-С<sub>1</sub>, расположенного в талых породах принимаем камерно-целиковую систему разработки с выемкой камер тупиковыми заходками. Предусматривается обратный порядок (от флангов к центру шахтного поля) проведения очистных работ. Бурение при очистных работах ведется буровой кареткой "Rocket Boomer-104" или ручными перфораторами ПП-63СВП.

Управление кровлей, крепление очистного пространства. Предусматривается способ управления кровлей, поддержание ее в выработанном пространстве на податливых столбчатых межкамерных целиках и бортовых массивах. При данном способе управления кровлей и учитывая класс устойчивости пород кровли (III класс), а также отсутствие ложной кровли проектом предусматривается очистная выемка без крепления очистного пространства.

Доставка и транспорт горной массы. Зачистка (вывозка) песков из камеры производится при помощи самоходных погрузочно-доставочных машин ST-2D.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ В БАШЕННОМ КОПРЕ СКИПОВОГО СТВОЛА ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ГЛАВНОЙ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ**

Трушкова Н.А., Исаевич А.Г.

Научный руководитель доцент Левин Л.Ю.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В настоящее время на большинстве рудников главные вентиляторные установки расположены на поверхности, но данный способ характеризуется значительными внешними утечками воздуха, которые сложно устранить из-за невозможности полной герметизации надшахтного здания. Для борьбы с внешними утечками воздуха переходят от поверхностного расположения главной вентиляторной установки к подземному, как, например на 4 рудоуправления ОАО «Беларуськалий».

При оборудовании вентиляционных стволов скиповыми подъемами в копре появляется интенсивный источник пылевыведения – разгрузка скипа. При разгрузке скипа также из бункера поступает пылевое облако, которое образуется в результате появления избыточного давления в бункере создаваемого разгружающейся рудой.

Для борьбы с внешними утечками, улучшения качества вентиляции и уменьшения влияния пыли, выделившейся при разгрузке на образование наростов пыли на расстрелах и крепи ствола на 4 рудоуправлении вентилятор главного проветривания будет расположен в подземных условиях, в результате чего в копре будет создаваться избыточное давление и часть исходящего воздуха проходя через надшахтное здание, сбросится в атмосферу. Воздушный поток в копре оказывает существенное влияние на распространение пыли. Целью данной работы является рассмотрение распространения пыли разных фракций в башенном копре при расположении главной вентиляторной установки под землей, а также оценка интенсивности процесса оседания пыли и выноса пыли воздухом в атмосферу через неплотности копра. Процесс распространения воздуха в стволе и копре был смоделирован в программном приложении SolidWorks. В результате моделирования получаем скорости воздуха в различных частях потока, в том числе и скорости воздуха в станке копра.

В ходе проведения исследования получены следующие результаты: проведен сравнительный анализ двух вентиляционных режимов, оценены изменения скорости воздуха в станке копра при переходе на подземную вентиляторную установку, проведены замеры микроклиматических параметров и выявлен фракционный состав образующейся пыли, представлен график оседания пыли разной крупности по длине помещения с учетом микроклиматических параметров, замеренных в ходе проведения исследования.

## **РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «ЭЛЕКТРОННЫЙ ПЛАН ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ»**

Филатова Т.Ю.

Научный руководитель доцент Левин Л.Ю.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

План ликвидации аварий состоит из двух частей – графической и оперативной. Графическая часть представляет собой аксонометрическую схему шахтного поля рудника с нанесенными условными обозначениями. Оперативная часть содержит описание позиций плана ликвидации аварий. Графическая и оперативная части соотносятся между собой посредством номеров позиций.

В настоящее время на множестве рудников план ликвидации аварий разрабатывается традиционным способом, который сопряжен со множеством трудоемких операций. Так, графическая часть плана ликвидации аварий разрабатывается в различных графических редакторах, таких как AutoCAD и Компас. Оперативная часть плана разрабатывается отдельно в текстовых редакторах. Отсутствие единой программной среды для разработки взаимосвязанных частей плана ликвидации аварий является актуальной проблемой. Кроме того, задействование плана ликвидации аварий в традиционном печатном виде является не эффективным, отличающимся не высокой оперативностью и зачастую неправильностью принимаемых решений.

В связи с этим в лаборатории Аэрологии и теплофизики Горного института УрО РАН был создан программный модуль «Электронный план ликвидации аварий». Этот программный продукт предназначен для разработки в единой программной среде графической и оперативной частей плана ликвидации аварий. Инструменты разработки реализованы в программе с учетом действующей инструкции по составлению планов ликвидации аварий.

«Электронный план ликвидации аварий» предусматривает работу в двух режимах – редактирования и просмотра. Первый предназначен для составления план ликвидации аварий, второй – для эффективного использования, особенно при его задействовании. Так, в режиме просмотра задействование позиции план ликвидации аварий осуществляет выделение всех горных выработок, относящихся к ней, а также наглядную визуализацию путей выхода рабочих и подхода горноспасателей.

Таким образом, «Электронный план ликвидации аварии» позволяет:

- в единой программной среде разрабатывать графическую и оперативную части плана ликвидации аварии в соответствии с действующей инструкцией;
- централизованно хранить данные планов ликвидации аварий;
- повысить оперативность и эффективность действий диспетчера при задействовании плана ликвидации аварии;
- связываться с вентиляционным журналом для просмотра замеров воздушной и газовой съемки.

Реализация централизованной схемы хранения информации позволяет исключить возможность рассогласования планов ликвидации аварий его пользователями.



# ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ПРЕДЕЛАХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ

Шарин В.А.

Научный руководитель профессор Казаков Б.П.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Проветривание рудника осуществляется путем подачи необходимо количества воздуха в рабочие зоны, расположенные под землей.

Количество потребляемой энергии, а следовательно и затраты, пропорциональны третьей степени расхода, создаваемого вентиляторной установкой.

Количество воздуха, подаваемое в рудник, фактически зависит от двух факторов:

- требуемого количества воздуха (в зависимости от наличия и степени воздействия вредных и опасных факторов горного производства) – определяется непосредственно количество воздуха, подача которого обеспечит безопасные и комфортные условия труда;

- состояния вентиляционной системы рудника (способ подготовки, система разработки и схема проветривания, качество поверхностных и подземных вентиляционных сооружений и т.д.) – определяет процесс доведения свежего воздуха до рабочих зон (потребителей).

Расчет количества воздуха осуществляется суммированием потребностей отдельных рабочих зон с введением необходимых коэффициентов запаса.

Для условий рудников ОАО «Уралкалий» коэффициенты запаса учитывают, по существу, два фактора:

- утечки воздуха через вентиляционные сооружения;
- неравномерность воздухораспределения между отдельными участками шахтного поля – крыльями и направлениями.

В тоже время системы вентиляции рудников постоянно меняются – изменяется фронт ведения горных работ, параметры систем разработки, горные машины и т.д. Кроме всего этого, совершенствуются и сами средства вентиляции – способы регулирования воздухораспределения, контроль за качеством вентиляции на руднике, вентиляционные сооружения и механизмы.

Поэтому исследование неравномерности воздухораспределения, анализ и сравнение ожидаемой (учитываемой коэффициентом) и действительной ситуации воздухораспределения с дальнейшей возможностью сделать расчет количества воздуха точнее и учесть современные тенденции в области регулирования распределения воздуха в рудничной вентиляционной сети является весьма актуальным.

В данной работе представлены критерии, характеризующие неравномерность воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях. Предложены возможности их вычисления (на примере рудников ОАО «Уралкалий»). Кроме того, проведен качественный анализ влияния средств положительного и отрицательного регулирования воздушными потоками на неравномерность воздухораспределения в вентиляционной сети.

## **СЕКЦИЯ 6.**

### **Горные и нефтегазопромисловые машины**

# ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕФТЯНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Абахри С.Д., Пещеренко Е.С.

Научный руководитель начальник инженерно-технического центра Пещеренко С.Н.

ЗАО «Новомет-пермь», г. Пермь

В настоящее время получение характеристик нефтяных ступеней при работе на высоковязкой жидкости производится по эмпирическим методикам, основанным на экспериментах, проведенных более 50 лет назад и предназначенных для оборудования того времени. С тех пор нефтедобывающее оборудование сильно изменилось, появились новые типы ступеней, такие как центробежно-вихривые, центробежно-осевые, новые типы объемных насосов, для которых подобные методики пересчета не подходят в силу своей эмпиричности. Поэтому необходима проверка существующих методик натурными экспериментами и при необходимости создание новой методики, позволяющей получать характеристики насосов на высоковязкой жидкости. Высоковязкой жидкостью будем называть жидкость с вязкостью выше 10 сСт.

Для получения характеристик насосных ступеней на высоковязкой жидкости было выбрано два способа: натурные испытания и CFD-расчет. Создан стенд для испытания насосных секций на высоковязкой жидкости с варьируемой вязкостью жидкости от 20 до 160 сСт.

Установлено что стандартная модель, широко используемая в газо- и гидродинамике, с помощью которой определяют характеристики центробежных ступеней на воде, не подходит для получения характеристик центробежных ступеней при работе на высоковязкой жидкости. Установлено что осевые ступени лучше справляются с перекачкой высоковязкой жидкости чем центробежные. Полученные характеристики для центробежной ступени ЭЦН 5-79 приведены на рисунках 1-2. Проведено сравнение с широко используемой методикой П.Д. Ляпкина, позволяющей получать характеристики ступеней электроцентробежного типа по их характеристике на воде. Разница испытаний и методики составляет порядка 10% в рабочей области.

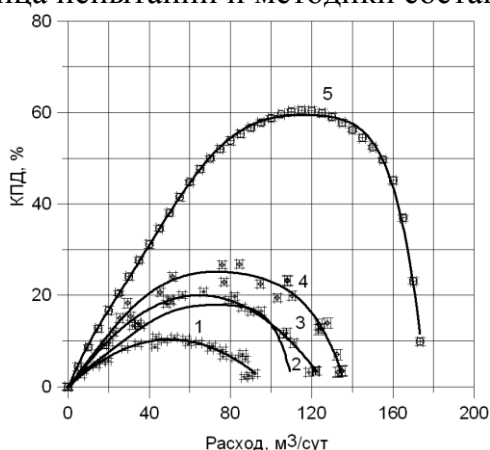


Рис. 1. ЭЦН 5-79, напор: 1 – 80 сСт.; 2 – 40 сСт.; 3 – пересчет по методике Ляпкина, 40 сСт.; 4 – 20 сСт.; 5 – 1 сСт.

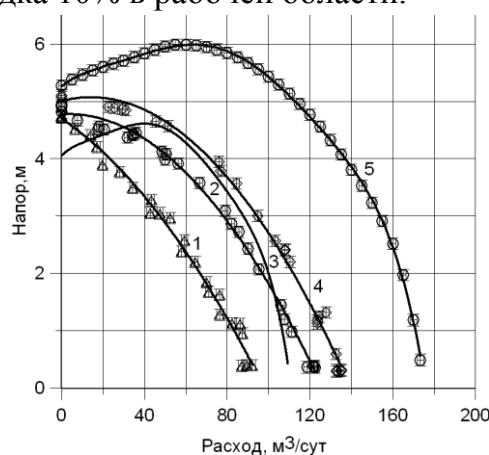


Рис. 2. ЭЦН 5-79, КПД при: 1 – 80 сСт.; 2 – 40 сСт.; 3 – пересчет по методике Ляпкина, 40 сСт.; 4 – 20 сСт.; 5 – 1 сСт.

На основе экспериментов создана методика для подбора центробежного насоса к скважине позволяющая экономить более 10% электроэнергии по сравнению с применяемой.

# ОБ УЛУЧШЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Антипина Н.А.

Научный руководитель начальник инженерно-технического центра Пещеренко С.Н.

ЗАО «Новомет – Пермь», г. Пермь

Наличие механических примесей - один из основных факторов, осложняющих добычу нефти, приводящий к износу рабочих органов установки, засорению проточных каналов, перерезанию корпусов устройств. Для защиты погружных установок от засорения и износа механическими примесями применяют фильтры объемного или поверхностного действия. Однако такие фильтры быстро засоряются, особенно при наличии солевых отложений.

Для решения задачи о разработке незасоряющегося устройства для очистки от механических примесей был разработан гравитационный сепаратор, схема которого представлена на рисунке 1. Принцип его действия заключается в повороте потока на  $180^\circ$  с одновременным уменьшением скорости потока, в результате чего частицы оседают вниз под действием силы тяжести. Такие устройства не засоряются, имеют простую конструкцию, надежны за счет отсутствия движущихся частей. Однако при увеличении дебита добываемой жидкости тонкость очистки заметно ухудшается. Решают эту задачу гравитационные сепараторы, содержащие дополнительно лопасть в форме спирали.

Авторами разработаны две конструкции сепараторов механических примесей: гравитационного и циклонного типа. Конструкция гравитационного типа применима в диапазоне подач до  $50 \text{ м}^3/\text{сут}$ , циклонного типа - от  $50$  до  $400 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Выбор оптимальной конструкции проводился математическим моделированием турбулентного течения жидкости с абразивными частицами в поле силы тяжести. С помощью оптимизационных расчетов были выбраны геометрические размеры конструкции (длина лопасти, число лопастей, угла наклона лопасти и др.), обладающей наилучшим коэффициентом сепарации частиц.

В заключении были проведены испытания конструкции на стенде, подтвердившие характеристики устройства. Эффективность очистки устройства составила  $80 \%$  (для частиц размером  $100 \text{ мкм}$ .) при подачах жидкости до  $400 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

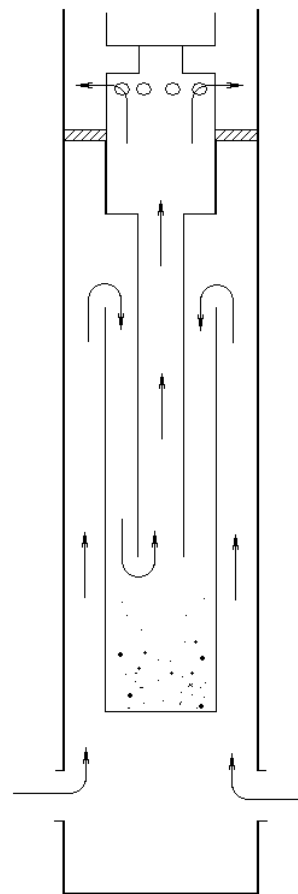


Рис.1. Принципиальная схема гравитационного сепаратора

# **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ОТРЕЗКА КАНАТА ДЛЯ НАСТРОЙКИ ДЕФЕКТОСКОПА**

Винокуров В.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Подъёмные прядевые стальные канаты, эксплуатирующиеся в вертикальных стволах и на наклонных выработках, на людских и грузоподъёмных, подлежат обязательному инструментальному контролю в целях определения по всей их длине потери сечения металла и наличия обрыва проволок средствами контроля. Для каждого типа канатов, подвергаемых периодическому инструментальному контролю на подъёмной установке в течение всего срока службы, должен храниться контрольный отрезок каната.

Длина контрольного отрезка каната выбирается таким образом, чтобы разместить на нем требуемое число искусственных дефектов. При этом краевой магнитный эффект должен быть минимальным. Краевой эффект проявляется в следующем: при однородном промагничивании отрезка каната измеряемое магнитное поле вдоль оси каната будет неоднородным. Величина индукции магнитного поля рассеяния меняется у краев каната. Поэтому индукция магнитного поля контрольного отрезка и контролируемого длинного каната отличаются друг от друга, в связи с чем и возникает необходимость снизить влияние концов каната при калибровке дефектоскопа.

Для точного измерения индукции магнитного поля, связанного с потерей сечения каната и наличием дефектов за счет обрыва проволок необходимо знать истинные магнитные свойства вещества, в котором при намагничивании возникают внутренние магнитные поля, существенно отличающиеся от внешнего намагничивающего поля.

Аналитический расчет магнитного поля каната проводился методом фиктивных зарядов. Намагниченный образец при этом представлялся в виде цилиндра, на торцах которого сосредоточены заряды с поверхностной плотностью.

Расчет полей проводился также численными методами с использованием программ для математического моделирования физических объектов. При использовании пакета FemLAB 3.1 моделировался контрольный отрезок каната в плоской постановке с искусственно созданными дефектами. При моделировании были рассмотрены различные варианты конструкции стенда и по результатам выработаны предложения по конструкции магнитопровода для стенда по калибровке дефектоскопа стальных канатов. В частности стенд для натягивания контрольного образца каната должен представлять собой замкнутый симметричный магнитопровод. Причем основную роль играет симметричность магнитопровода, а магнитное сопротивление, напрямую связанное с толщиной металлической конструкции, играет второстепенную роль. За счет изменения контракции стенда в дальнейшем можно рассмотреть вопрос об уменьшении длины контрольного отрезка. Искусственные дефекты на контрольном отрезке должны по-прежнему располагаться в центре, а бездефектные участки можно сделать более короткими.

# **ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ РАМЫ СКИПА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ПОДЪЕМНОГО СОСУДА В СТВОЛЕ РУДНИКА ОБОРУДОВАННОМ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКОЙ**

Воробель С.В.

Научный руководитель доцент Трифанов Г.Д.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Шахтные стволы представляют собой один из ключевых элементов горного предприятия. По ним осуществляется подъем полезного ископаемого и породы, подъем и спуск горнорабочих, доставка в шахту оборудования и материалов. При современной тенденции увеличения производительности рудников и шахт возрастают требования к обеспечению безопасности эксплуатации подъемного комплекса в целом, и оборудования шахтных стволов в частности.

Взаимодействие подъемного сосуда с проводниками носит динамический характер, при движении подъемных сосудов в стволе, оборудованном жесткой армировкой, возникают вибрации и удары. Причинами динамического воздействия сосуда на проводники являются отклонения проводников от вертикали, криволинейность проводников, уширения и сужения колеи, а также дефекты стыков проводников.

Одной из проблем возникающей при увеличении производительности подъемного комплекса является резкое снижение срока службы элементов армировки и подъемных сосудов из-за усталостного износа конструкций вследствие переменных нагрузок с высокой амплитудой. При этом также снижается безопасность эксплуатации шахтного ствола, так как выход из строя элементов конструкции в шахтном стволе является серьезной аварией.

Исследование деформации рамы подъемного сосуда выполнено с помощью динамометрической аппаратуры устанавливаемой на подъемном сосуда. Аппаратура включает в себя комплекс датчиков ускорения и датчиков деформации, а также автономный записывающий модуль. Ускорения подъемного сосуда фиксируются в двух направлениях – боковом и лобовом в двух горизонтальных плоскостях у роликовых направляющих сосуда, а также в вертикальной плоскости сосуда. Датчики деформации представляют собой тензорезисторы, которые наклеиваются на раму скипа в нескольких сечениях. Запись данных происходит во время работы подъемной установки, как в автоматическом режиме, так и с изменениями диаграммы подъема, скорости движения, ускорения и замедления, что позволяет оценить влияние параметров движения на динамику сосуда в стволе и на характер деформаций рамы сосуда.

Выполненные исследования позволяют выработать мероприятия направленные на снижение динамических воздействий и нагрузок в системе «подъемный сосуд – жесткая армировка» что способствует решению проблемы усталостного износа подъемных сосудов и жесткой армировки стволов, что является актуальным при росте производительности подъемов шахт и рудников.

# ИМИТАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СКВАЖИННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Денисова А.С.

Научный руководитель начальник инженерно-технического центра Пещеренко С.Н.

*ЗАО «Новомет-Пермь», г. Пермь*

В настоящее время причиной отказов УЭЦН в трети случаев является тепловое разрушение изоляции обмотки статора погружного электродвигателя (ПЭД). Перегрев обмотки возникает при не достаточной скорости охлаждающей жидкости (омывающей ПЭД) из-за ошибки в подборе УЭЦН или на стадии запуска УЭЦН, когда нет притока жидкости из скважины. А также из-за низкой эффективной теплопроводности охлаждающей жидкости при наличии в ней свободного газа.

Для правильного подбора оборудования или для того чтобы учесть факторы осложняющие теплоотвод от ПЭД необходимо провести большое количество испытаний. Это трудоемко, а иногда и вовсе невозможно, когда длина или мощность ПЭД превышают предельно допустимые для стенда. Поэтому возникает необходимость в применении расчетов.

Обмотка статора наиболее уязвимое место ПЭД, т.к. когда обмотка работает в условиях высокой температуры снижается ресурс всего двигателя, а при достижении определенной температуры происходит пробой изоляции и ПЭД выходит из строя. В работе описано решение задачи о нахождении разницы температур между обмоткой и жидкостью охлаждающей ПЭД при постоянном притоке жидкости из пласта и в отсутствии притока. При расчете температуры применялись две модели ПЭД, одна - реальная геометрия статора ПЭД, другая упрощенная модель двухслойной стенки, обе модели включают в себя область породы вокруг скважины. В расчетах не используются эмпирических зависимостей (таких как коэффициент теплоотдачи от твердого тела к жидкости), решение находится методами вычислительной гидродинамики.

Предложенная методика позволяет получать зависимость разницы температур между обмоткой и жидкостью от скорости жидкости, получать локальное повышение температуры провода в пазу и зависимости перегрева обмотки от времени при нулевой скорости жидкости. Модель не зависит от эффективных свойств жидкости. поэтому и позволяет учесть влияние наличия свободного газа в жидкости.

# ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Кузнецов В.С.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В основе методики оценки остаточного ресурса, по факту усталостной прочности максимально нагруженного элемента, положено предположение о разрушении элемента при нагрузке близкой к нулю за  $10^{14}$  циклов. Напряжению меньше предела усталости соответствует свое разрушающее число циклов. Ресурс элемента, число циклов до разрушения, определяется по усталостной кривой, как величина  $N_p = 10^{n_p}$ . Допустимое число циклов  $N_o = N_p K_s^{-1} = 10^{n_p} K_s^{-1}$  зависит от принятого коэффициента запаса  $K_s = 1,4 \div 1,6$  и найденного числа циклов до разрушения. Показатель степени  $n_p$  определяется по кривой усталости. Остаточный ресурс есть разница допустимого числа циклов нагружения и фактического числа циклов за период эксплуатации. При известном числе циклов нагружения элемента за период эксплуатации, остаточный ресурс определяется величиной допустимого числа циклов нагружения.

Допустимое число циклов нагружения, при линейном уравнении кривой усталости, зависит от максимального эквивалентного напряжения  $\sigma_{\max}$ ,

$$N_o = 10^{\frac{14-7\sigma_{\max}}{\sigma_{-1}}} = 10^{14-7n_s},$$

где  $\sigma_{-1}$  — предел выносливости материала элемента;  $n_s$  — коэффициент нагруженности.

Величина предела выносливости определяется материалом рассматриваемого элемента и принимается по справочной литературе. Величина максимальных эквивалентных напряжений зависит от многих параметров: конструкционных параметров элемента и характера внешних нагрузок.

Принимаем, что в результате расчетов получена величина напряжений  $\sigma_{\max 1}$ , и соответствующая величине относительной погрешности  $\delta\sigma$ , возмущенная величина напряжений  $\sigma_{\max 2} = \sigma_{\max 1} (1 + \delta\sigma)$ . Относительная погрешность допустимого числа циклов нагружения, как функция относительной погрешности эквивалентных напряжений, определяется выражением  $\delta N = 1 - 10^{-7n_s \delta\sigma}$ .

Полученное выражение устанавливает связь между относительной погрешностью эквивалентных напряжений и относительной погрешностью допустимого числа циклов нагружения. Полученный результат демонстрирует плохую обусловленность задачи определения допустимого числа циклов нагружения. Малой относительной погрешности определения эквивалентных напряжений соответствует большая относительная погрешность допустимого числа циклов нагружения. При относительной погрешности расчета максимальных напряжений цикла нагружений 5 % и коэффициенте нагруженности 0,5

$$\delta N = 1 - 10^{-7n_s \delta\sigma} = 1 - 10^{-7 \cdot 0,5 \cdot 0,05} = 0,33$$

погрешности результата расчета, допустимого числа циклов нагружения, составляет 33 %.

Величина погрешности зависит от коэффициента запаса усталостной прочности. Большим значениям коэффициента запаса усталостной прочности соответствуют и большие погрешности, особенно при малых величинах относительной погрешности вычисления напряжений растяжения.



## НАДЁЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОЦЕНКА РИСКА

Лазуков В.Л.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Хозяйственная независимость отдельного субъекта права в условиях рыночной экономики требует изменений не только в управлении организацией в целом и её производственной деятельности, но и такого важного аспекта этой деятельности как обеспечение безопасности производства и охраны труда.

Применение надёжных технических систем, таких как трубопроводов, насосных, компрессорных и др. установок является важным условием эффективного функционирования и развития предприятий нефтяной и газовой промышленности.

На территории Российской Федерации находится в эксплуатации около 350 тысяч км внутрипромысловых трубопроводов нефтеперерабатывающих предприятий, на которых ежегодно отмечается свыше 50 тысяч инцидентов, приводящих к опасным последствиям. По оценкам специалистов действующая в стране система магистральных газо- и нефтепроводов не отвечает современным требованиям безопасности.

Мировой и отечественный опыт показывает, что независимо от состояния и сроков службы объектов трубопроводного транспорта, постоянно существует риск возникновения аварий. Работа торцовых уплотнений центробежных насосов является составляющим элементом функционирования насосных установок и при этом относится к опасному элементу в обеспечении эксплуатации объекта. Выход из строя торцовых уплотнений, вызванное повышением избыточного давления, качеством транспортируемого продукта может привести к аварийной ситуации.

Нами предложен вероятностный метод расчёта оценки надёжности торцовых уплотнений и способ её обеспечения. Были исследованы центробежные насосы, применяемые в нефтяной промышленности. По результатам исследований получены зависимости утечек в паре трения торцовых уплотнений от различных физических факторов, в том числе, связанных с эксплуатационными характеристиками трубопровода и качеством транспортируемого продукта. Зависимость представляет собой модель множественной регрессии, которая получена на основе экспериментальных данных.

Внедрение предложенной методики определения надёжности торцовых уплотнений, обеспечивает более высокий уровень безопасности производства, охраны труда и защиты окружающей среды.

## **АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКИПОВЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК**

Мальцев А.С.

Научный руководитель доцент Трифанов Г.Д.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В соответствии с требованиями Правил безопасности шахтные подъемные установки рудников оснащены устройствами для регистрации основных параметров режимов работы подъемной регистраторами параметров, регистрации основных параметров режимов работы подъемной машины. В настоящее время накоплен определенный опыт по расшифровке записей регистраторов параметров при проведении технической экспертизы после производственных инцидентов или аварий. При нормальной работе подъемной установки специалисты горнодобывающего предприятия в первую очередь обращают внимание на параметры, определяющие производительность установок, действия обслуживающего персонала в периоды технического обслуживания и при сдаче – приёмке смены.

На кафедре «Горные и нефтепромысловые машины» накоплен банк записей регистраторов параметров различных подъемных установок, эксплуатируемых на рудниках Российской Федерации. Анализ режимов работы подъемных установок по этим записям позволяет глубже понять физические процессы и определить основные факторы оказывающие влияние на производительность и безопасность эксплуатации рудничного подъема.

В докладе приведены результаты обработки записей регистраторов параметров ряда скиповых подъемных установок рудников, проведенного анализа режимов их работы, даны предложения по возможному увеличению их производительности.

## **УЛУЧШЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕФТЯНЫХ СТУПЕНЕЙ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ ТУРБУЛЕНТНЫМ СЛОЕМ**

Пещеренко Е.С., Лобанова О.В.

Научный руководитель начальник инженерно-технического центра Пещеренко С.Н.

*ЗАО «Новомет», г. Пермь*

Нефтедобывающая отрасль промышленности занимает одно из первых мест по затратах электроэнергии. Расходы на электроэнергию составляют от 30 до 50 % от общей суммы затрат на добычу нефти. Поэтому, остро стоит проблема повышения энергоэффективности нефтяных насосов

Один из способов решения данной проблемы - повышение КПД нефтяных ступеней. (ресурс изменения конструкции, по-видимому, исчерпан). Кроме изменения конструкции существует еще один способ повышения КПД – уменьшение трения жидкости со стенками проточных каналов за счет управления пограничным слоем с помощью риблет (искусственных неровностей на поверхности).

Исследовалось влияние риблет треугольной и полусферической форм на гидравлические потери в проточных каналах ступеней погружных насосов. Была проведена серия расчетов на модельных каналах. Полученные результаты сравнивались с гладким каналом тех же размеров. Скорость набегающего потока в расчетах составляла: 1 м/с, 4 м/с и 10 м/с.

Целью проведения расчетов был подбор оптимальных геометрических параметров риблет и их дальнейшее применение в проточных каналах нефтяных насосов для снижения гидравлических потерь. С учетом результатов, полученных на модельных каналах, ведутся аналогичные расчеты для проточных каналов нефтяных насосов.

Показано, что характер течения в ступенях с низким НС имеет сложный характер. Наличие вихревых течений осложняет применение треугольных риблет, т.к. направление риблет должно совпадать с локальным вектором скорости потока для лучшего уменьшения гидравлических потерь. Поле скоростей в ступенях с низким НС всегда содержит вихри, поэтому осевые линии риблет будут образовывать сложные «узоры» и целесообразней в таких ступенях применять полусферические риблеты. В ступенях с высоким НС линии тока направлены вдоль скелетной линии лопатки, поэтому возможно располагать риблеты вдоль локального вектора скорости потока.

Так же было предложено использовать концентрические риблеты на внешних дисках рабочего колеса и направляющего аппарата для уменьшения потерь на трение между дисками и жидкостью, находящейся между ними. Расчеты показали, что применение риблет в проточных каналах нефтяных насосов дает увеличение КПД на 1-3%.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ КАЛИЙНЫХ КОМБАЙНОВ С ПЕРЕКРЕСТНЫМИ РЕЗАМИ**

Чекмасов Н.В., Шишлянников Д.И., Спирин Е.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

При разработке калийных месторождений в России в основном используются проходческо-очистные комбайны отечественного производства с планетарно-дисковыми исполнительными органами.

Для повышения эффективности комбайновой выемки предложены «способ разрушения массива перекрестными резами» и устройство для его реализации.

На основании экспериментальных исследований установлено, что при разрушении калийной руды перекрестными резами удельные энергозатраты могут снижаться в 2-3 раза, а выход мелких фракций в руде в 6-7 раз.

В предложенном способе разрушения пересечение траекторий движения резцов обусловлено тем, что забой одновременно обрабатывается планетарно-дисковыми и роторными исполнительными органами. Резы планетарно-дискового органа – последовательные, радиально-расходящиеся, а резы роторного органа – тангенциального направления в виде концентрических окружностей. Основным недостаток этого способа разрушения обусловлен тем, что резы планетарного органа расходятся с многократным увеличением шага резания и с неоднозначным изменением глубины и шага. Из-за указанного недостатка невозможно обеспечить разрушение всей площади забоя эффективными перекрестными резами. На основании расчётов установлено, что удельные энергозатраты при таком исполнительном органе снижаются на 25-30%.

С целью устранения основного недостатка комбинированного органа разрушения предложены новый «способ разрушения горного массива перекрестными резами» и устройство для его реализации. В предложенном устройстве резцы планетарно-дискового органа последовательные циклоидально-радиального направления с однозначным изменением глубины и шага резания. Так в первой половине резов глубина и шаг увеличивается, а во второй половине – уменьшается. Глубина и шаг резов роторного органа устанавливается в зависимости от этих параметров дискового органа. Для реализации этого способа разрушения диски планетарного органа должны быть установлены с наклоном по направлению переносного движения либо в одну, либо в противоположные стороны.

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ УТЕЧЕК РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ЗАЗОРЕ МЕЖДУ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ И НАПРАВЛЯЮЩИМ АППАРАТОМ НЕФТЯНОГО НАСОСА**

Островский В.Г., Пещеренко М.П.

Научный руководитель начальник инженерно-технического центра Пещеренко С.Н.

*ЗАО «Новомет – Пермь», г. Пермь*

Существующие технологии проектирования и расчета лопастных насосов оптимизированы для насосов большого диаметра. В таких насосах отношение сечения проточных каналов и величин зазоров достаточно велико, так как технологически не сложно изготовить детали большого насоса с относительно небольшими зазорами. При уменьшении габаритных размеров насосов остро встает проблемы изготовления ступеней с заданными геометрическими параметрами. Особенно актуальна эта проблема для погружных нефтяных насосов, габариты которых ограничены диаметром скважины. Отношение зазоров к сечению проточных каналов увеличивается, а, следовательно, увеличиваются потери, связанные с утечками перекачиваемой жидкости через зазоры и уплотнения. При этом падает напор, развиваемый рабочим колесом, и, соответственно, снижается КПД. Разработана специальная методика испытаний ступеней нефтяных насосов в абразивной среде. По результатам испытаний утечки приводят к интенсивному гидроабразивному износу ступеней.

Вследствие утечек затрудняется точное математическое моделирование гидродинамических процессов, происходящих в проточных каналах ступеней насоса. Если не учитывать утечки в ступени насоса, разница между рассчитанным напором ступени и полученным экспериментально может достигать 25%.

Для предотвращения утечек используют текстолитовые шайбы, которые в процессе работы перекрывают каналы с утечками. Расположение этих текстолитовых шайб выбрано из расчета того, что рабочее колесо в процессе перекачки жидкости имеет осевую силу, направленную вниз. Современные рабочие колеса нефтяных насосов часто имеют на верхнем диске ряд специальных выступов, для придания потоку дополнительного напора за счет вихревого эффекта. Кроме придания напора вихревой венец изменяет величину и направление осевой силы, действующей на рабочее колесо. Следовательно, в рабочем диапазоне подач, колесо может иметь осевую силу, направленную вверх.

Таким образом, при проектировании ступеней насосов необходимо в рабочую модель включать поправку на зазор и осевую силу ступени. Данная поправка вводится с учетом существующих технологических норм на изготовление деталей. При введении таких поправок точность расчета значительно повышается и позволяет прогнозировать изменение характеристик насоса при износе пар трения, и, соответственно, увеличении зазоров, и при всплытии рабочего колеса.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ УПРОЧНЕНИЕМ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Песин М.В.

Научный руководитель профессор Макаров В.Ф.\*

*ЗАО «Торговый дом ПКНМ»,*

*(«Пермская компания нефтяного машиностроения»), г. Пермь*

*\*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Неоспорима актуальность в изучении различных процессов упрочнения рабочих поверхностей деталей машин. На сегодня широко известны такие основные методы упрочнения как газопламенное напыление с оплавлением, плазменное напыление, сверхзвуковое напыление, оплавление ТВЧ напылённого слоя, хромирование, кадмий-хромирование, химическое никель-фосфорное покрытие, фосфатирование и ионно-вакуумное азотирование. Данные методы успешно применяются в ЗАО «Пермская компания нефтяного машиностроения» («ПКНМ»). Далее более подробно остановимся на методе ионно-вакуумного импульсного азотирования.

Повышение качества поверхности является важнейшей составляющей качества всей детали. Процесс ионно-вакуумного азотирования в импульсной плазме в совокупности со специальной технологией подготовки поверхности как раз позволяет модифицировать поверхностный слой для получения заданных высоких параметров.

Широкий спектр материалов, которые можно эффективно обрабатывать с помощью этого метода, невысокая себестоимость, экологичность процесса позволяют говорить о его несомненной актуальности.

Одной из наиболее частых причин непланового прекращения добычи нефти и подъёма скважинных штанговых насосов (СШН) является выход из строя пары трения цилиндр-плунжер по причине повышенного износа или задиров. С учётом масштабов нефтедобычи, а только «ПКНМ» производит и поставляет 7...8 тысяч насосов в год, и стоимости спуска-подъёма примерно в 300 тысяч рублей, увеличение наработки на отказ в 1,5...2 раза, которой нам удалось достичь на наших насосах, даёт значительный экономический эффект.

Таких результатов удалось достигнуть с помощью ионно-вакуумного импульсного азотирования цилиндров и напыления плунжеров, в результате повышения твёрдости азотированного слоя до 1100 HV, увеличения коррозионной стойкости по сравнению с традиционной технологией обработки в 3 раза, увеличения нитридного слоя до 10...15 мкм при общей толщине азотированного слоя 0,3...0,5 мм. Указанная технология дает возможность применять ее для деталей машиностроения.

Повышение качества утяжеленных бурильных труб (УБТ) в их замковой части также обеспечивает большой экономический эффект. Обрыв трубы, а в большинстве случаев это связано с поломкой в замковой части трубы, приводит к возможной потере колонны бурильных труб и телеметрической аппаратуры – это убытки в размере 30...40 млн. рублей. Износ резьбовых концов из-за многократных процессов свинчивания и развинчивания тоже является критичным показателем «жизнеспособности» бурильной трубы. Работы по ионно-вакуумному импульсному азотированию переводников бурильных труб переводников труб НКТ позволили значительно повысить качество резьбовых концов и увеличить число циклов завинчивания-развинчивания в 3 раза. Внедрение технологии азотирования роторов винтовых забойных двигателей и насосов может привести к увеличению износостойкости в 2 раза по сравнению с традиционным хромированием, кроме того, азотирование – экологичный и безопасный процесс.

## О ПРОЦЕССЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Петраковский А.С.

Научный руководитель доцент Попов Ю.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург*

Множество действующих машин на отечественных горных предприятиях с подземным способом добычи полезных ископаемых были произведены в 70х-80х годах прошлого века, в большинстве случаев шахтные подъемные машины выработали свой нормативный срок службы и до сих пор продолжают работать. Возникает острая проблема перевооружения подъемных установок России. Дальнейшая эксплуатация подобных технических устройств без продления срока безопасной эксплуатации не допускается. Нормативные документы Ростехнадзора позволяют продлить срок их дальнейшей безопасной и безаварийной эксплуатации, но только при проведении в необходимых объемах и методах обследований шахтных подъемных установок.

С развитием техники и появлением методических указаний по определению остаточного ресурса шахтных подъемных машин, стало возможным наиболее точное определение остаточного ресурса узлов подъемной машины. На основании произведенных расчетов принимается одно из решений по продлению срока безопасной эксплуатации подъемной установки. В современной экономической ситуации, предпочтение отдается продолжению эксплуатации (с ограничением либо без ограничения параметров), ремонту и реконструкции. В случае принятия решения о продолжении эксплуатации с ограничением параметров, то ограничиваются такие параметры как скорость движения подъемных сосудов, количество часов работы подъемной установки в сутки и уменьшение количества поднимаемого груза.

Наибольшее количество реконструкций происходит с заменой колодочных тормозных органов на дисковые. Одним из критериев создания первых дисковых тормозных систем являлась максимальная компактность, при больших тормозных усилиях. Кроме того, благодаря особенностям конструкции, они имеют более высокий КПД, значительно проще в наладке и управлении. Установка дискового тормозного органа требует установки тормозного диска, вызывающего изменение массы подъемной машины.

Работы, связанные с заменой только коренного вала, происходят реже, но объем производимых работ значительный. Осложнения вызываются тем, что для замены вала потребуются демонтаж и монтаж действующей обечайки.

Возникают случаи и полной замены подъемной машины, но это вызывает целый ряд осложнений. В случае если действовавшая машина более не выпускается, тогда приходится подбирать аналогичную машину из выпускаемого ряда машин. К примеру, раньше выпускались машины серии МК, а теперь их аналог машины серии ЦШ. В этом случае необходимо учесть расположение крепежных отверстий подъемной машины.

Особенностью и сложностью реконструкции подъемных установок действующих шахтных стволов, в отличие от нового строительства, является сохранение существующих сооружений и конструкций надшахтного комплекса, самого шахтного ствола и примыкающих к нему подземных камер. При производстве реконструкции подъемных установок уделяется внимание таким параметрам как возможность производства работ в сжатые сроки. На время проведения работ останавливается реконструируемая установка, но иногда требуется также остановка работы и других подъемных машин, расположенных в одном башенном копре.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КАНАТОПОДДЕРЖИВАЮЩИХ РОЛИКОВ ПОВЫШЕННОЙ НАДЁЖНОСТИ ДЛЯ НАКЛОННЫХ ПОДЪЁМНЫХ УСТАНОВОК

Садыков Е.Л.

Научный руководитель доцент Попов Ю.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург*

В настоящий момент, как и в первых наклонных подъёмных установках, в качестве канатоподдерживающих (путевых) роликов, применяют примитивные устройства, изготовленные из стальных или чугунных обрезков газовой трубы. Такой ролик имеет массу от 20 до 60 кг.

Значительный износ при скольжении каната по ролику, когда сопротивление его вращения, больше силы трения при набегании каната остаётся, на сегодняшний день, нерешённой проблемой. Несовершенная конструкция канатоподдерживающих роликов приводит к значительному износу самих роликов и головных канатов, а также к увеличению затрат электроэнергии за счёт большого сопротивления движению.

Актуальность научно-технической задачи, решаемой в данной работе в части создания современных шахтных малоинерционных канатоподдерживающих роликов обусловлена важностью обеспечения надежного и безопасного транспортирования горной массы наклонными подъёмными установками шахт и рудников, а также повышением экономической эффективности подъёмно-транспортного оборудования за счёт сокращения ремонтных простоев.

Предполагается три пути исследований с целью усовершенствования канатоподдерживающих роликов:

а) Первый путь предполагает необходимость отказаться от конструкции ролика, как полого цилиндра, и сделать его наборным из нескольких независимых дисков, расположенных на одной оси вращения, что в разы снизит момент инерции вращающихся элементов. Это подтверждается общеизвестными аналитическими выражениями для расчёта момента инерции предметов различной геометрической формы.

Кроме того, вращение будет передаваться только тем дискам ролика, которые непосредственно взаимодействуют с канатом, а значит и масса их может быть меньше массы цилиндрического ролика.

б) Второй путь заключается в применении при изготовлении роликов лёгких, прочных и долговечных современных материалов, таких как углепластики и полимеры.

в) Третий путь совершенствования канатоподдерживающих роликов заключается в применении нанотехнологии (покрытие поверхности ролика сверхтонким слоем высокофрикционного материала), для улучшения фрикционных показателей на поверхности взаимодействия каната с роликом.

Научно-исследовательская работа в обозначенных направлениях, активно ведётся на кафедре горной механики Уральского государственного горного университета.

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И УТОЧНЕНИЕ РЕСУРСА БАРАБАНЫХ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК**

Стрелков М.А.

Научный руководитель доцент Трифанов Г.Д.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Шахтные подъемные установки с истекшим сроком службы в соответствии с действующими положениями должны периодически проходить экспертизу промышленной безопасности, по результатам которой принимается решение о возможности дальнейшей эксплуатации подъемной установки. Важным этапом при проведении экспертизы является оценка остаточного ресурса технического устройства и составляющих его элементов.

Для получения достоверных результатов оценки остаточного ресурса необходимо определять нагрузки, испытываемые элементами подъемной установки с учетом всех процессов, происходящих при ее работе. В настоящее время большинство шахтных подъемных установок в соответствии с требованиями ПБ 03-553-03 оснащено устройствами для регистрации основных параметров. Системы постоянного контроля параметров выполняют непрерывный мониторинг режимов работы шахтной подъемной установки. На основе объективных данных о параметрах работы установки можно получить характеристики ее элементов и отслеживать изменения этих характеристик с течением времени. Обработка информации с этих устройств дает возможность в режиме реального времени определять нагрузки в элементах установки и оценивать их остаточный ресурс.

Наибольшие нагрузки в шахтных подъемных канатах и в примыкающих к ним элементах подъемной установки имеют место при предохранительном торможении после стопорения подъемной машины, когда к статическому натяжению подъемного каната добавляется динамическая составляющая, изменяющаяся по периодическому закону с частотой свободных колебаний. Одним из элементов, который испытывает нагрузки от предохранительных торможений, является обечайка органа навивки подъемной машины. Основными напряжениями, определяющими ресурс обечайки барабана, являются напряжения сжатия барабана навиваемым подъемным канатом. При оценке ресурса обечайки барабана подъемной машины учитывается как изменение амплитуд напряжения при выполнении различных циклов подъема груза, так и амплитуды напряжения, связанные с динамическими нагрузками в случае срабатывания предохранительного тормоза.

Остаточный ресурс подъемной установки определяется наименьшим из остаточных ресурсов ее основных элементов. Коренной вал подъемной машины является наиболее важным нагруженным неремонтопригодным элементом. При вычислении эквивалентных напряжений в его сечениях учитываются напряжения изгиба и кручения, определяемые по данным системы постоянного контроля параметров.

Остаточный ресурс шахтной подъемной установки зависит от режимов ее работы и особенностей условий эксплуатации, которые с течением времени меняются. Постоянный контроль параметров подъемной установки позволяет отслеживать изменение ее характеристик, интенсивности работы, нагруженности установки и корректировать величину оценки остаточного ресурса. Непрерывное вычисление эквивалентных напряжений в конструкциях элементов подъемной установки и расчет их остаточного ресурса повышает надежность эксплуатации установки.



## КОНТРОЛЬ НАТЯЖЕНИЯ ПОДЪЁМНЫХ КАНАТОВ

Трифанов М.Г.

Научный руководитель доцент Чекмасов Н.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Безопасная эксплуатация шахтных подъемных установок (ШПУ) обеспечивается различными защитными и блокировочными устройствами. Для обеспечения надежной защиты от напуска каната в стволе необходима достоверная информация о натяжении подъемных канатов.

Выпускаемые промышленностью комплексы аппаратуры типа «Сигнал» обеспечивают защиту от напуска путем контроля натяжения каната непосредственно у подъемного сосуда. Передача информации осуществляется по беспроводной связи, что снижает надежность защиты. В комплекте аппаратуры «АССС и С» немецкой фирмой «Funke + Huster Fernsiq GmbH» так же осуществляется контроль натяжения каната у подъемного сосуда и передача информации высокочастотной радиоаппаратурой на частоте 35 МГц.

Накопленный сотрудниками кафедры опыт обследования работы шахтных подъемных установок с помощью аппаратуры «Силькан» позволил решить задачу контроля натяжения подъемных канатов при выполнении условия отсутствия приборов в шахтном стволе. контроль деформации элементов металлического шахтного копра методом тензометрии. Установлено, что наиболее подходящим для одноканатных подъемных установок является контроль деформации элементов металлического шахтного копра методом тензометрии.

В докладе приведены результаты исследования деформации несущих балок шахтных копров в районе отклоняющих шкивов. Предложено устройство контроля натяжения подъемных канатов, обеспечивающее выполнение следующих функций:

- контроль натяжения подъемных канатов одноканатных ШПУ;
- защита ШПУ от напуска подъемных канатов при зависании подъемных сосудов в шахтном стволе;
- контроль степени загрузки и разгрузки подъемных сосудов.

Дано краткое описание и технические характеристики аппаратуры «Тулым», которая в настоящее время проходит промышленные испытания с целью выявления возможных неисправностей и исключения ложных срабатываний.

## **СЕКЦИЯ 7.**

**Автоматизация и вычислительная  
техника в нефтегазовом комплексе**

# **ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Бабкин И.А.

Научный руководитель профессор Сапунков М.Л.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В настоящее время промышленные предприятия широко применяют статическую компенсацию реактивной мощности. Но актуальна статическая компенсация лишь для предприятий с постоянным потреблением во времени реактивной энергии. Для предприятий с постоянно изменяющейся нагрузкой, статическая компенсация обеспечит поддержания качества электроэнергии на должном уровне, а с введением динамической компенсации качество электроэнергии повысится за счет поддержания  $\cos \varphi$  в заданных пределах при неоднократном изменении нагрузки. В следствие этого снижается нагрузка питающей сети.

# УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Беляев Н.А.

Научный руководитель профессор Любимов Э.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В нефтяной и газовой промышленности широко используются синхронные электродвигатели. Для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, к таким относят насосы и вентиляторы, для привода насосов буровых установок, для привода газовых угловых компрессоров и т.д.

Одной из важных характеристик синхронного двигателя является угловая характеристика. Информация о мгновенном значении угла нагрузки позволяет прогнозировать момент выпадения синхронного двигателя из синхронизма и своевременно формировать возбуждение, тем самым предотвращая асинхронный ход двигателя.

В структуру программы входит графо – аналитический метод определения угла нагрузки производится, также определяется угол сдвига фаз синхронной машины и строится векторная диаграмма синхронного неявнополюсного двигателя в реальном времени.

В качестве среды разработки было выбрано программное обеспечение «LabVIEW» компании «National Instruments®» - производителем плат сбора данных, одна из которых используется в лаборатории электрического привода кафедры электротехники и электромеханики.

Данная среда разработки специально предназначена для инженеров, основная деятельность которых никак не связана с программированием, однако перед ними стоят задачи по автоматизации различных производственных процессов. В среде реализовано большое количество математических и инженерных функций, что позволяет значительно облегчить процесс разработки. Также следует отметить, что «LabVIEW» обладает превосходными визуальными средствами, которые позволяют просто и наглядно представить любую информацию.

Знание угловых характеристик дает возможность инженерам оценивать статическую, динамическую и результирующую устойчивость синхронной машины.

Разработка и внедрение программ для проведения испытаний электрических машин и мониторинга состояния электрических машин в рабочем режиме по известным параметрам имеет в настоящее время большое значение в масштабах отрасли электромашиностроения. Она позволяет облегчить труд инженеров-испытателей, повысить производительность, своевременно обеспечивать производственные подразделения необходимыми данными для принятия решений по совершенствованию технологического процесса производства.

# КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИНАХ

Ганиев Э.Г.

Научный руководитель Краснов А.Н.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа*

Системы контроля и автоматизации на газовых и нефтяных промыслах имеет ряд серьезных отличий от систем, применяемых в переработке нефти и газа. Это обусловлено тем, что на газовых месторождениях, в отличие от заводов, линейные расстояния намного больше, природные условия хуже, нет централизованного постоянного энергоснабжения.

Очевидно, применение электрогенераторов экономически невыгодно, местность является порой непроходимой даже для человека, не говоря уже о технике, а расстояние между скважинами может в десятки раз превышать периметр целого нефтеперерабатывающего завода. Тянуть провода на такие расстояния дорого, да и сопротивление таких линий связи будет очень велико. Поэтому, на добывающих предприятиях целесообразно применять системы с низким энергопотреблением, средней и большой дальности и малоподверженные влиянию погоды, среды и фауны.

Одним из решений в данной ситуации является радиоканал.

Основным назначением разработанной системы контроля технологических параметров (СКТП), является контроль устьевых параметров: давления и температуры (в данной модификации), при разработке старых месторождений, не оборудованных проводными системами сбора технологической информации. Передача измеряемых данных осуществляется по радиоканалу на базовую станцию, либо непосредственно, либо путём ретрансляции приборами из состава сети. Собранные данные отображаются, архивируются на АРМ оператора, откуда передаются далее - на верхний уровень АСУТП.

СКТП была построена на базе автономного манометра-термометра РТП-04, предназначена для контроля параметров давления и температуры

Передача данных в приборе РТП-04 осуществляется посредством RF-трансивера. В качестве приемопередатчика, используется модуль DP 1203 XEMICS.

Достоинства прибора РТП-04:

- обеспечивает измерение давления и температуры в различных условиях при проведении исследований скважин;
- два режима работы (автономный и в сети);
- обладает высокой разрешающей способностью;
- имеет сертификат средства измерения (госреестр);
- представляет данные в удобном виде, на основе которых можно сделать заключение о работе пласта (месторождения);
- позволяет определять межпластовые перетоки в остановленных скважинах.

# **МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ХОО**

Костров А.Е.

Научный руководитель профессор Трефилов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Всего в России функционирует свыше 3 тыс. объектов, располагающих значительными количествами химически опасных веществ. На отдельных объектах одновременно может находиться несколько наименований химически опасных веществ (аммиак, хлор, соляная кислота и др.), а их количество может варьироваться от нескольких сот до нескольких тысяч тонн. Отличительной особенностью аварий на химически опасных объектах (ХОО) является выброс сильнодействующих ядовитых веществ, при высоких концентрациях которых поражение людей может происходить в очень короткие сроки.

Одной из основных причин аварий на технологическом оборудовании химически опасных объектов является техническая неисправность (непровар швов, коррозионно-эрозионный износ и т.д.). Существующая на данный момент система планово-предупредительных ремонтов не способна в полной мере обеспечить безопасность работы оборудования. А использование математического аппарата прогнозирования остаточного ресурса не учитывает множество факторов (внешние воздействия, колебания температуры, давления, концентрации и т.п.), поэтому прогноз и реальное состояние оборудования не всегда совпадают, как следствие появляются аварии. Поэтому необходимо переходить к непрерывному контролю технического состояния технологического оборудования, а именно к контролю величины действующих механических напряжений.

Как известно, в процессе эксплуатации оборудование находится под действием внутреннего давления, весовых нагрузок, коррозионно-эрозионного износа и температурных воздействий, что в свою очередь ведет к увеличению напряжений в стенке объекта, а изменение напряжения - к деформациям. Контролируя деформации технологического объекта, с помощью различного типа датчиков, мы можем создать автоматизированную систему управления безопасностью технологического объекта. Основным параметром безопасности которой будет величина механических напряжений, наряду с параметрами технологического процесса – давлением, температурой, концентрацией продукта и т.д.

Данные параметры в системе управления рассматриваются как опасные факторы, обладающие определенной мощностью. Расстоянием до опасного фактора служит толщина стенки технологического оборудования. Достоверно толщина стенки может быть определена только с использованием методов неразрушающего контроля, поэтому в автоматизированной системе управления безопасностью толщина стенки технологического оборудования представляется в виде математической модели, учитывающей скорость коррозии материала оборудования.

В докладе будет представлена структурная схема модели автоматизированной системы управления безопасностью технологического оборудования химически опасных объектов, на примере технологического трубопровода.

# **ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МАССИВНОГО РОТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Кудрявцев Е.О.

Научный руководитель профессор Беляев Е.Ф.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В докладе рассматриваются характеристики конденсаторного двигателя с массивным ротором, изготовленным методами порошковой металлургии.

При изготовлении массивного ротора методами порошковой металлургии неоднородность ферромагнитного материала определяется особенностями технологического процесса прессования заготовок. Вследствие трения частиц порошка между собой и стенками пресс-форм в полученном после прессования материале возникают градиенты пористости, т.е. наблюдается неравномерное распределение воздушных включений по длине и сечению заготовки. Магнитная проницаемость ферромагнитного пористого материала зависит от соотношения воздушных включений и ферромагнитных частиц, и поэтому является функцией пространственных координат. Таким образом, материал магнитопровода представляет неоднородную среду с параметрами, зависящими от пространственных координат.

При исследовании электромагнитных процессов конденсаторных двигателей с массивным ротором необходимо учитывать неоднородность ротора, т.к. без учета неоднородности возникает значительная погрешность.

В докладе приводится уравнение магнитного поля конденсаторного двигателя с массивным ротором. Рассматриваются метод и некоторые результаты математического моделирования асинхронных конденсаторных электродвигателей с массивным ротором из порошкового материала с учетом неоднородности материала. Показаны особенности распределения магнитного поля и характеристик двигателя, обусловленные спецификой эффекта вытеснения тока в массиве ротора и неоднородностью материала ротора конденсаторного двигателя.

# КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

Лонский О.В., Лонский В.О.

Научный руководитель профессор Трефилов В.А.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

В настоящее время на современных предприятиях широко внедряются автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) — комплекс программных, технических, информационных, лингвистических, организационно-технологических средств и действий квалифицированного персонала, предназначенный для решения задач планирования и управления различными видами деятельности предприятия. К сожалению, эти системы обычно не имеют блоков управления охраной труда.

Целью создания автоматизированной системы управления охраной труда является: обеспечение сбора оперативной информации о состоянии охраны труда на рабочих местах в полуавтоматическом, либо в автоматическом режиме, хранение ее и передача на более высокие уровни управления для выработки оперативных управленческих решений с последующим анализом полученной информации статистическими и иными методами для выработки тактических и стратегических решений.

Для разработки методики рассмотрим структуру иерархического управления предприятия со стационарными рабочими местами. Очевидно, что первичная информация, получаемая с рабочего места, является определяющей при оперативном управлении безопасностью на предприятии. Именно с первичного документа с рабочих мест начинается процесс оперативного управления охраной труда в информационной системе управления.

Первичный документ формируется из 10 блоков: характеристика работника, характеристика состояния оборудования рабочего места, оценка состояния работника перед работой и т.д.

При любых отрицательных оценках выставленных самим рабочим или сформированным из материалов отделов: кадров, охраны труда, главного механика ответственность за решение приступить к работе работник может переложить на более высокий уровень управления (мастера, начальника участка, механика и т.д.). Автоматическая обработка первичных документов выдаст мастеру документ о состоянии условий труда в зоне его ответственности, на конкретном рабочем месте мастер может посмотреть первичный документ. На основании полученной информации мастер принимает решение своим приказом начать работу на рабочих местах при незначительных отклонениях, перевести работника с опасного рабочего места на другое или приостановить его работу до устранения возможного воздействия опасного производственного фактора самостоятельно, либо службами главного, механика электрика, технолога и т.п. Данная информация документируется в электронном виде.

Сжатая информация о невозможности устранения нарушений поступает в автоматическом режиме соответствующим главным специалистам, которые принимают решения в пределах своей компетентности или при невозможности решения отмечают это в электронном документе. И так далее до генерального директора.



# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТАМИ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СЫРОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Сабилов А.И., Ганиев Э.Г.

Научный руководитель Краснов А.Н.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа*

В настоящее время на большинстве ГП Крайнего Севера на ДКС применяется способ управления АВО газа, заключающийся в ручном или дистанционном включении-отключении вентиляторов, число которых определяется оператором исходя из его профессионального опыта. Определение факта закупорки теплообменных трубок гидратами производится визуально по наличию инея на трубках. Отогрев «загидратированных» трубок осуществляется при помощи парогенераторной установки. Однако во многих случаях указанная процедура борьбы с гидратообразованием неэффективна.

Наиболее эффективным и экономичным способом регулирования производительности вентиляторов АВО является плавное изменение их скорости (частоты) вращения, которое достигается применением частотно регулируемого привода. Применение ЧРП вентиляторов позволяет достичь следующих преимуществ по сравнению с традиционными методами:

- уменьшение энергопотребления в среднем на 25... 35 %;
- устранение пусковых токов и перегрузок двигателя на период пуска;
- уменьшение механического износа оборудования и снижение затрат на его техническое обслуживание и ремонт благодаря снижению кратности пусковых токов и моментов, снижения скорости расходования ресурса объекта.

Была разработана САУ АВО газа ДКС предназначенная для обеспечения точного ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) автоматического поддержания заданной температуры газа в выходном коллекторе АВО за счёт плавного изменения частоты и направления вращения вентиляторов в зависимости от изменения температуры газа во входном коллекторе АВО и температуры воздуха.

При создании САУ АВО газа преследовались следующие цели:

- уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций;
- облегчение условий и повышение культуры труда технологического персонала, за счёт предоставляемого системой сервиса;
- уменьшение количества выполняемых технологическим персоналом функций за счёт их автоматизации;
- повышение информационного обеспечения технологического и эксплуатационного персонала;
- повышение точности измерения и надёжности работы самой системы управления за счёт применения современных технических устройств на основе электронных и вычислительных средств и наличия самодиагностики;
- уменьшение материальных и энергетических затрат.

Структура САУ АВО газа соответствует магистрально-модульному принципу построения с сетевой организацией обмена информацией между устройствами и имеет распределённое программное обеспечение и базу данных.

АРМ оператора функционирует под управлением SCADA-системы и выполняет задачи по реализации человеко-машинного интерфейса САУ АВО газа ДКС.

# ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗРЫВА РЕЗЕРВУАРА ЛПДС «КОНДА»

Серебренников Д.С., Охроменко А.С., Негин В.А.

Научные руководители Дектерев А.А., Амельчугов С.П.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»,  
г. Красноярск*

В резервуарном парке перекачивающей нефтяной станции "Конда" 22 августа 2009 года произошел пожар. Особенностью пожара явился взрыв через 25 минут соседнего с горящим резервуара № 8. В результате взрыва погибли четыре пожарных, четыре человека травмировано. Взрыв привел к росту площади пожара, разрушению рядом расположенного резервуара, загромождению подъездов и, как следствие, увеличению тяжести последствий.

Целью исследований стало получение объективных данных о параметрах взрыва для разработки предложений по обеспечению техники безопасности при тушении резервуаров.

В данной работе представлено параметрическое исследование распространения ударной волны и других опасных факторов при взрыве резервуара № 8. С помощью специализированного программного комплекса FLACS для определения параметров взрывной волны был произведен расчет сценария, аналогичного взрыву резервуара ЛПДС «Конда». Характерный пример расчета приведен на рисунке.

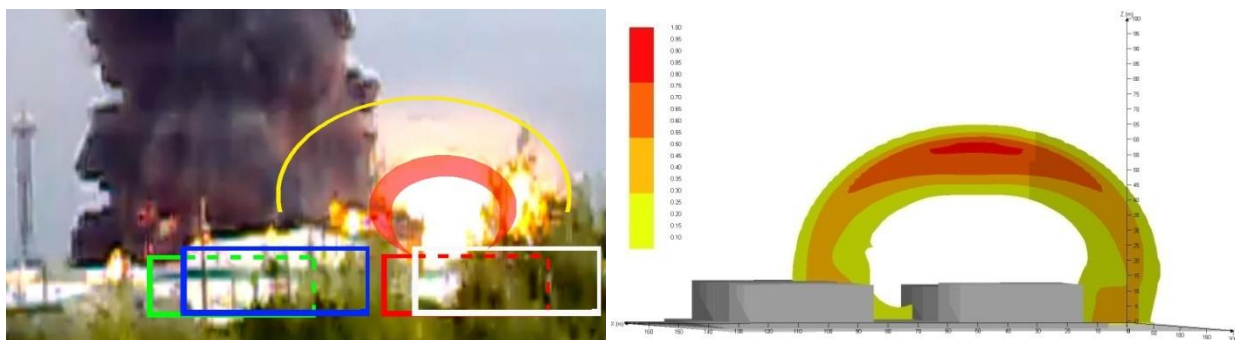


Рис. 1. Сравнение расчета с реальным взрывом (0,1 сек)

Зеленым цветом обозначен горящий резервуар (№ 7), красным – взрывающийся (№ 8).

Инструменты численного моделирования позволяют восстанавливать параметры произошедшего события;

Численное моделирование взрывов на нефтегазовых объектах позволяет разработать безопасные тактические приемы тушения пожаров.

# АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Худякова И.А.

Научный руководитель ст. преподаватель Нусс С.В.

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», г. Пермь*

Поддержание необходимого уровня надежности и эксплуатационных свойств оборудования достигается путем проведения мероприятий по техническому обслуживанию. В настоящее время выделяют три подхода к обслуживанию: после отказа, по регламенту, по фактическому техническому состоянию.

Анализ подходов к обслуживанию установил: наибольшее практическое применение в промышленности получило обслуживание по фактическому состоянию; снижение затрат на техническое обслуживание и повышение надежности оборудования может быть достигнуто путем переходом к обслуживанию по фактическому состоянию.

Развитие электронных устройств, повсеместное внедрение автоматизированных систем управления привело к появлению практической возможности построения автоматизированных систем позволяющих своевременно выполнять достоверную оценку технического состояния, планировать сроки и объемов ремонтных работ в зависимости от его технического состояния. Такие системы выделены в отдельный класс – ЕАМ систем.

Анализ функциональных возможностей представленных на рынке ЕАМ систем показывает, что основное внимание в них отдается автоматизации процессов связанных с учетом ремонтных затрат и оптимизации движения материально-технических и трудовых ресурсов. Инструментарий автоматического планирования сроков и объемов ремонта на основе технического состояния в системах отсутствуют. Таким образом, исследования в области разработки алгоритмов и моделей автоматического планирования технического состояния являются актуальными.

Авторы статьи надеются на получение ими положительных результатов при выполнении исследований в данной области и будут признательны за оказание любой помощи.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **СЕКЦИЯ 1. Геология, поиск и разведка месторождений нефти и газа ..... 3**

<b>Варушкин С.В.</b> Обоснование разукрупнения турнейско-фаменско-бобриковского эксплуатационного объекта на Логовском месторождении .....	4
<b>Вишневский Н.А.</b> Проблема получения качественного керна из гидратосодержащих пород и отложений. Устройство для его осуществления .....	5
<b>Гавришин А.И.</b> Гидрогеохимические показатели перспектив нефтегазоносности восточного Донбасса .....	6
<b>Гусева Т.В.</b> Перспективы нефтегазоносности отложений, приуроченных к зонам глубинных разломов фундамента юго-восточной части Западно-Сибирской плиты ....	7
<b>Долгачева А.Я., Тиминюк М.В.</b> Учёт гидродинамической связанности разрабатываемых участков с целью повышения доказанных запасов.....	8
<b>Дьяконова Ю.А.</b> Интерпретация данных сейсморазведки и каротажа для выявления трещиноватости в палеозойских отложениях (Западная Сибирь) .....	9
<b>Катаев М.О.</b> Ледниковая гипотеза горообразования.....	10
<b>Ковалёва А.А.</b> Особенности нефтегазоносного бассейна Персидского залива на примере месторождения Гавар.....	11
<b>Коротков С.А.</b> Выделение сиквенсов по скважинным и сейсмическим данным на примере одного из месторождений Сахалинского шельфа.....	12
<b>Костарев Г.С.</b> Разработка модуля геоинформационной системы к карте фонда структур по лицензионным участкам недр ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».....	13
<b>Кривошеков С.Н.</b> Определение перспективных участков геолого-разведочных работ на территории Соликамской депрессии с учетом генерационных и миграционных масштабов углеводородов .....	14
<b>Кудинов В.В.</b> Стратегия поиска месторождений нефти в пределах юга Астраханского Прикаспия .....	15
<b>Курашов И.А.</b> Обнаружение зон повышенной трещиноватости по материалам стандартных сейсмических наблюдений .....	16
<b>Мелкишев О.А.</b> Влияние кривизны поверхности флюидоупоров на сохранность залежей углеводородов в пределах передовых складок Урала (на примере Пултовско-Кедровской аллохтонной пластины) .....	17
<b>Миронов В.В.</b> Проблемы и перспективы, связанные с газогидратами .....	18
<b>Могутов А.С., Кулешов В.Е.</b> Разработка технологии нечёткого моделирования для прогнозирования и подсчёта запасов углеводородов .....	19
<b>Носов М.А.</b> Перспективы развития минерально-сырьевой базы ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» за счет бурения разведочных скважин.....	20
<b>Обухов А.А.</b> Перспективы нахождения ловушек углеводородов в турнейской клиноформной толще заполнения ККСП на Сыньвинской площади .....	21
<b>Пачина М.А.</b> Методика расчета объема закачки нефтепромысловых стоков исходя из лицензионных границ месторождения .....	22
<b>Севоньяева К.С.</b> Исследование теории трехслойного природного резервуара на нефтяных объектах Пермского края.....	23
<b>Силайчева В.А.</b> Фильтрационно-емкостные особенности башкирских карбонатных коллекторов Соликамской депрессии .....	24
<b>Стариков А.Н.</b> Особенности доразведки неокомского клиноформного комплекса Приобского месторождения .....	25

<b>Талипова А.А.</b> Геофизические исследования малоизученных площадей как перспектива восполнения ресурсной базы Удмуртии .....	26
<b>Ушахин А.Н.</b> Анализ эффективности применения гидравлического разрыва пласта на примере месторождений Нижневартовского нефтегазоносного района .....	27
<b>Филькина Н.А.</b> О возможности геолого-геофизической типизации разрезов для геологического моделирования (на примере девонских терригенных отложений Кустовского, Андреевского и Мало-Усинского месторождений) .....	28
<b>Чумарина Т.А., Горбатова Е.М.</b> Минералогические особенности сплошных медно-колчеданных руд Майского месторождения .....	29
<b>Шадрина М.А.</b> Нетрадиционные коллекторы на примере баженовской свиты в Западной Сибири .....	30
<b>Юнин И.А., Кулешов В.Е.</b> Создание базы данных с целью моделирования перспективных зон нефтегазоносности Тимано-Печорской провинции .....	31
<b>Яковлев М.Ю.</b> Гидродинамическая модель Шагиртско-Гожанского полигона закачки .....	32

## **СЕКЦИЯ 2. Бурение скважин .....**

<b>Анисимова А.В.</b> Реологические свойства магнизиальных тампонажных материалов с полиакрилонитриловыми волокнами .....	34
<b>Вафин Р.М.</b> Перспективы применения биополимерного бурового раствора повышенной плотности и альтернативного утяжеляющего материала .....	35
<b>Вороник А.М.</b> Исследование буровых растворов с пониженными диспергирующими свойствами и усиление в них ингибирующего эффекта за счет капсулирования полимером .....	36
<b>Голдобин Д.А.</b> Разработка рабочих органов винтовых забойных двигателей с облегченными гидроштампованными роторами для повышения эксплуатационных характеристик .....	37
<b>Епихин А.В., Ковалев А.В.</b> Анализ влияния типа, гранулометрического состава и цементирующего материала частиц горных пород на электрические токи, возникающие при их разрушении бурением .....	38
<b>Закиров А.Я.</b> Новая смазывающая добавка к буровым растворам для строительства глубоких скважин .....	39
<b>Зарипов Р.Р.</b> Исследование работы КНБК для бурения по проектному профилю комбинированным способом .....	40
<b>Зюзева И.А.</b> Современные проблемы при бурении в неустойчивых глинистых отложениях .....	41
<b>Катыгин А.Б.</b> Мобильная стратегия группы компаний «Кунгур» как инструмент наиболее полного удовлетворения современных потребностей в оборудовании для бурения и ремонта нефтегазовых скважин .....	42
<b>Козлов А.С.</b> К вопросу о продолжении поисково-разведочных работ на территории Верхнекамского месторождения калийных солей .....	43
<b>Любимова С.В.</b> Наддолотный механизм для предупреждения осложнений и при бурении нефтяных и газовых скважин .....	44
<b>Лютиков К.В.</b> Влияние состава бурового раствора на его смазочные свойства .....	45
<b>Машуков А.А.</b> Адгезионное сцепление как метод увеличения устойчивости обломочных горных пород .....	46
<b>Мелехин А.А.</b> Тампонажные смеси для цементирования поглощающих интервалов .....	47

<b>Меньшикова А.А.</b> Совершенствование технологии буровых растворов в терригенно-солевых отложениях .....	48
<b>Пастухов А.М.</b> К вопросу о возможности использования тампонажного материала на основе магнезиального вяжущего для цементирования обсадных колон, перекрывающих зоны многолетнемерзлых пород .....	49
<b>Сторчак А.В.</b> Тампонажные смеси для крепления скважин в условиях аномально низких пластовых давлений .....	50
<b>Тирон Д.В.</b> Способы модификации биополимерных безглинистых буровых растворов .....	51
<b>Турицына М.В.</b> Обоснование использования газожидкостных смесей для профилактики поглощений при бурении скважин.....	52
<b>Фуфачев О.И.</b> Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик .....	53
<b>Чернышов С.Е.</b> Повышение качества строительства дополнительных стволов из ранее пробуренных скважин .....	54
<b>СЕКЦИЯ 3. Разработка нефтяных и газовых месторождений .....</b>	<b>55</b>
<b>Антипина Е.С.</b> Анализ эффективности методов определения текущей насыщенности через обсадную колонну для месторождений Пермского Прикамья ..	56
<b>Белов А.Е.</b> Скважинная штанговая насосная установка с дозатором .....	57
<b>Вяткин О.И.</b> Повышение эффективности эксплуатации системы сбора и транспорта продукции скважин .....	58
<b>Галеева Э.И.</b> Разработка новых подходов к выбору геолого-технических мероприятий для увеличения доказанных запасов .....	59
<b>Гладышев С.В.</b> Гидродинамическое моделирование разработки Юрубчено-Тохомского месторождения с учетом деформирования трещин.....	60
<b>Глуценко В.Н., Хижняк Г.П.</b> Стендовые испытания воздействия кислотных составов на карбонатный коллектор.....	61
<b>Долгов Д.В.</b> Восстановление нефтепроницаемости пласта импульсным электровоздействием.....	62
<b>Дуркин С.М.</b> Комплексное моделирование процессов термошахтной разработки Ярегского месторождения .....	63
<b>Ерофеев А.А.</b> Особенности обработки кривых восстановления давления в скважинах карбонатного коллектора с высоковязкой нефтью .....	64
<b>Ефимов А.А., Кочнева О.Е.</b> Коллекторские свойства и структурно-фациальные особенности башкирских отложений Сибирского месторождения .....	65
<b>Злобин А.А., Юшков И.Р.</b> О механизме формирования остаточной нефтенасыщенности в техногенно измененных пластах .....	66
<b>Илюшин П.Ю.</b> Возможности применения аналого-статистических методов при прогнозе обводненности продукции на примере терригенных отложений Пермского края.....	67
<b>Илюшин П.Ю., Чумаков Г.Н.</b> Гидравлический расчет нефтепровода при перекачке газожидкостной смеси .....	68
<b>Кочнева Т.С., Головизина А.А.</b> Изменение продуктивности добывающих скважин при разработке башкирских залежей нефти месторождений севера Пермского Прикамья.....	69
<b>Крутиков М.В.</b> Поиск источников заводнения нефтяных залежей (на примере разработки месторождений юго-востока Пермского края).....	70

<b>Кузьмин М.И., Стрижнев К.В., Алексеев Ю.В., Гумеров Р.Р.</b> Исследование влияния деструктированного гуарового геля на процесс формирования неорганических отложений на Приобском месторождении .....	71
<b>Латышев В.А.</b> К повышению энергоэффективности эксплуатации скважин установками штанговых насосов .....	72
<b>Ледков А.О.</b> Анализ достоинств и недостатков известных сепараторов, выбор наиболее работоспособного для Ванкорского месторождения .....	73
<b>Лекомцев А.В., Турбаков М.С.</b> Эксплуатация электроцентробежными насосами добывающих скважин Уньвинского нефтяного месторождения.....	74
<b>Мильчаков С.В., Наговицына Е.Ю.</b> Оценка влияния распределения нефтенасыщенности в переходной зоне с учетом уровня зеркала воды на достоверность геолого-гидродинамической модели пласта Бш южного поднятия Шеметинского месторождения .....	75
<b>Миляев А.П., Радюков Р.Г.</b> Разработка новых методов первичной подготовки углеводородного сырья .....	76
<b>Митрофанов В.П., Чечкина Т.В.</b> Характерные параметры водонасыщенности нефтяных залежей продуктивных пластов (на примере терригенных отложений пл. Тл <sub>2</sub> Соликамской депрессии) .....	77
<b>Михалев А.Ю., Михалева Е.В.</b> Применение оптических методов измерения для контроля объемного содержания парафина в газовом конденсате .....	78
<b>Набокова В.В.</b> Защита трубопроводов от коррозии с использованием современных изоляционных материалов .....	79
<b>Наугольников М.В., Мавлеев А.Р., Мардашов Д.В.</b> Разработка потокоотклоняющих технологий на основе гидрофобноэмульсионных составов .....	80
<b>Окулова А.П.</b> Энергетический баланс при использовании попутного нефтяного газа при производстве электроэнергии.....	81
<b>Песин М.В.</b> К проблеме упрочнения изнашиваемых рабочих поверхностей деталей нефтегазового назначения .....	82
<b>Пономарева И.Н.</b> Вопросы совершенствования методов обработки кривых восстановления давления низкопродуктивных скважин .....	83
<b>Поплыгин В.В., Галкин С.В.</b> Программа PrognozRNM для проектирования разработки нефтяных месторождений.....	84
<b>Попов В.В.</b> Особенности добычи, разработки и переработки высоковязкой нефти .....	85
<b>Пронин В.Е., Александров А.В.</b> Способ предотвращения замерзания устья нагнетательной скважины.....	86
<b>Пшенин В.В.</b> Уточненный подход к моделированию СВЧ нагрева парафиновой пробки в скважине .....	87
<b>Смирнов Д.В.</b> Одновременно – раздельная эксплуатация двух пластов одним балансирным приводом.....	88
<b>Соболева Е.В.</b> О продуктивности периодических нефтедобывающих скважин Шершневого месторождения.....	89
<b>Соловьёв Р.В., Сарваров А.Н.</b> Применение гелеобразующих составов для изоляции пластов на скважинах с низким пластовым давлением и отсутствием циркуляции .....	90
<b>Устькачкинцев Е.Н., Турбаков М.С.</b> К расчету распределения температуры в нефтедобывающих скважинах.....	91
<b>Уточкин Ю.В.</b> Отечественный комплекс имиджинговых исследований бурящихся скважин .....	92

<b>Ханбиков В.Р.</b> Геолого-промысловые условия и анализ эффективности применения реагента комплексного воздействия в низкопроницаемых терригенных коллекторах .....	93
<b>Хусаинов Р.Р., Максютин А.В.</b> Анализ результатов реологических исследований нефти усинского месторождения при плазменно-импульсном воздействии .....	94
<b>Хуснутдинов А.Х.</b> Внедрение мультифазного насоса модели BN 17-12 V фирмы «Seerex» для внутривпромысловой перекачки многофазной жидкости .....	95
<b>Чалов С.В.</b> Оптимизация технологических режимов работы периодических добывающих скважин .....	96
<b>Чернышев Д.В.</b> К обработке кривых восстановления давления методом детерминированных моментов давления .....	97
<b>Шайхутдинов Д.К.</b> Сравнение и перспективы применения средств программирования для определения давления на приеме насоса .....	98
<b>СЕКЦИЯ 4. Геодезия и геомеханика</b> .....	99
<b>Алексеев А.М.</b> Управление геомеханическими процессами при комбинированной разработке кимберлитовых трубок Якутии .....	100
<b>Бельтюков Н.Л.</b> Исследование масштабного эффекта в соляных породах при сдвиге .....	101
<b>Ермашов А.О.</b> Численное моделирование процесса сдвижения земной поверхности при добыче нефти на Ярегском месторождении тяжелой нефти ООО «ЛУКОЙЛ-КОМИ» .....	102
<b>Кочкин П.О.</b> Региональный сейсмологический мониторинг Западного Урала .....	103
<b>Мартынова Е.А.</b> Методы расчета объемного коэффициента запаса устойчивости бортов карьеров при комбинированной схеме отработки .....	104
<b>Чумарина Т.М.</b> Анализ расчетов показателей степени устойчивости бортов карьеров при комбинированной схеме отработки .....	105
<b>Шафиева С.В.</b> Обобщение графоаналитического метода оценки устойчивости скважин .....	106
<b>Шекунова А.А.</b> Определение положения пунктов городской полигонометрии .....	107
<b>Шустов Д.В.</b> Прогнозирование оседаний земной поверхности при разработке Ванкорского месторождения нефти и газа ЗАО «Ванкорнефть» .....	108
<b>СЕКЦИЯ 5. Разработка месторождений полезных ископаемых</b> .....	109
<b>Алыменко Н.И., Николаев А.В.</b> Регулирование режимов работы ГВУ при использовании поверхностной системы кондиционирования воздуха .....	110
<b>Газизуллин Р.Р., Исаевич А.Г.</b> Численное моделирование процессов выноса вредных примесей рудничной атмосферы при проветривании тупиковых выработок различными способами .....	111
<b>Гайсина Э.Р.</b> Газоносность соляных пород по связанным газам и ее определение для условий шахтных полей ОАО «Сильвинит» .....	112
<b>Гараева Ю.И.</b> Разработка методики изучения прочностных и деформационных свойств соляных пород при растяжении .....	113
<b>Гришин Е.Л., Зайцев А.В.</b> Классификация тепловых источников по степени влияния на надежность воздухораспределение в рудничных вентиляционных сетях .....	114



<b>Дударь Е.С., Дударь О.И.</b> Расчет параметров микроклимата в рудничной вентиляционной сети.....	115
<b>Еловикова А.С.</b> Анализ напряженно-деформированного состояния соляного породного массива в окрестности горных выработок разной формы.....	116
<b>Емельяненко М.М.</b> Исследование золотосодержащих руд Каменского месторождения для повышения технологических показателей кучного выщелачивания .....	117
<b>Зайцев А.В., Гришин Е.Л.</b> Структурно-классификационный анализ аэрологических методов расчета для условий различных рудников .....	118
<b>Зебзеев Д.Е.</b> Технология выемки сильвинитовых пластов малой мощности в пределах шахтного поля рудника СКПРУ-3 ОАО «Сильвинит» .....	119
<b>Карабань Д.Т., Лутович Е.А., Северинчик С.А.</b> Результаты испытаний анкерной крепи повышенной несущей способности в выработках Солигорских калийных рудников .....	120
<b>Киряков А.С., Левин Л.Ю.</b> Управление воздухораспределением в рудничных вентиляционных сетях при использовании рециркуляционных систем.....	121
<b>Кормищикова Д.С.</b> Моделирование рудничных пожаров в программном модуле "Электронный план ликвидации аварии" .....	122
<b>Круглов Ю.В., Казаков Б.П., Стукалов В.А.</b> Разработка научных и технологических основ оптимальных систем автоматического управления проветриванием подземных рудников.....	123
<b>Кузьминых В.С.</b> Определение механических свойств пород отработанной части шахтного поля рудника БКПРУ-2.....	122
<b>Литвиновская Н.А.</b> Предотвращение газодинамических явлений из почвы подготовительных горных выработок в условиях подработки сильвинитового пласта .....	125
<b>Лялина Т.А.</b> Прогнозирование газодинамических явлений из почвы горных выработок при очистной выемке карналлитового пласта в нашахтном поле рудника СКРУ-1 ОАО «Сильвинит» .....	126
<b>Муравский А.К.</b> Особенности расчета ковша активного действия гидравлического экскаватора .....	127
<b>Нестеров Е.А.</b> Варианты технологии дегазационных работ в зависимости от условий проявления газодинамических явлений на шахтных полях рудников ОАО «Сильвинит».....	128
<b>Николаев А.В.</b> Целесообразность применения поверхностной системы кондиционирования воздуха на калийных рудниках.....	129
<b>Новоселицкая Л.Л.</b> Основы разработки методики применения рециркуляционных систем на калийных рудниках.....	130
<b>Новоселова И.Г.</b> Экспериментальное изучение энергетического механизма stick-slip эффекта при контакте породы и металла.....	131
<b>Павлов А.А.</b> Исследование потерь и разубоживания при разработке жильных месторождений криолитозоны .....	132
<b>Перминов К.М.</b> Оценка эффективности селективной выемки пласта красный-III <sub>а-б</sub> в условиях шахтного поля талицкого гока .....	133
<b>Петрова Л.В.</b> Повышение эффективности проходческих работ в горных выработках.....	134
<b>Портяная Е.А.</b> Экспериментальное определение параметров деформирования соляных пород на образцах большого размера.....	135
<b>Постникова М.Ю.</b> Процесс стабилизации проветривания рудника с большим объемом выработанных пространств.....	136

<b>Салахов А.С.</b> Определение модуля деформации соляных пород в натуральных условиях с использованием скважинного гидродомкрата .....	137
<b>Седнев Д.Ю., Николаев А.В.</b> О возможности применения формул, определяющих величину и направленность естественной тяги, действующей между стволами, к нефтешахтам Ярегского месторождения .....	138
<b>Селин А.В.</b> Селективная выемка пласта аб смешанного состава в пределах 12 западной панели на шахтном поле БКПРУ-2 с применением проходческо-добычного комбайна континиус майнер фирмы бьюсайрус .....	139
<b>Соловьев В.А., Константинова С.А., Алыменко Д.Н.</b> Основные положения инновационного подхода к вскрытию, подготовке и разработке Талицкого участка Верхнекамского калийного месторождения .....	140
<b>Стрелка И.А., Долговых Ю.В.</b> Особенности вскрытия горизонтов на Уфалейском месторождении .....	141
<b>Тимофеев К.И.</b> Разработка месторождения «ТЫРКАНДА» подземным способом .....	142
<b>Трушкова Н.А., Исаевич А.Г.</b> Исследование распространения пылевого аэрозоля в баженовском копре скипового ствола при расположении главной вентиляторной установки в подземных условиях .....	143
<b>Филатова Т.Ю.</b> Разработка и использование программного модуля «Электронный план ликвидации аварий» .....	144
<b>Шарин В.А.</b> Исследование неравномерности распределения воздушных потоков в пределах шахтных полей калийных рудников .....	145
<b>СЕКЦИЯ 6. Горные и нефтегазопромысловые машины</b> .....	146
<b>Абахри С.Д., Пещеренко Е.С.</b> Влияние вязкости перекачиваемой жидкости на характеристики нефтяных центробежных насосов .....	147
<b>Антипина Н.А.</b> Об улучшении характеристик гравитационного сепаратора методами математического моделирования .....	148
<b>Винокуров В.Е.</b> Математическое моделирование магнитного поля контрольного отрезка каната для настройки дефектоскопа .....	149
<b>Воробель С.В.</b> Измерения деформаций рамы скипа при исследовании динамики движения подъемного сосуда в стволе рудника оборудованном жесткой арматурой .....	150
<b>Денисова А.С.</b> Имитация тепловых скважинных испытаний погружного электродвигателя .....	151
<b>Кузнецов В.С.</b> Обусловленность задачи определения остаточного ресурса шахтной подъемной установки .....	152
<b>Лазуков В.Л.</b> Надёжность технических систем и оценка риска .....	153
<b>Мальцев А.С.</b> Анализ режимов работы скиповых подъёмных установок .....	154
<b>Пещеренко Е.С., Лобанова О.В.</b> Улучшение рабочих характеристик нефтяных ступеней за счет управления пограничным турбулентным слоем .....	154
<b>Чекмасов Н.В., Шишлянников Д.И., Спирин Е.А.</b> Обоснование параметров исполнительных органов калийных комбайнов с перекрестными резами .....	155
<b>Островский В.Г., Пещеренко М.П.</b> Моделирование утечек рабочей жидкости в зазоре между рабочим колесом и направляющим аппаратом нефтяного насоса .....	156
<b>Песин М.В.</b> Повышение эксплуатационных свойств деталей упрочнением высоконагруженных рабочих поверхностей .....	157
<b>Петраковский А.С.</b> О процессе реконструкции подъемных установок .....	158

<b>Садыков Е.Л.</b> Исследование и разработка канатоподдерживающих роликов повышенной надёжности для наклонных подъёмных установок.....	159
<b>Стрелков М.А.</b> Определение фактических нагрузок и уточнение ресурса барабанных шахтных подъёмных установок.....	160
<b>Трифанов М.Г.</b> Контроль натяжения подъёмных канатов.....	161
<b>СЕКЦИЯ 7. Автоматизация и вычислительная техника в нефтегазовом комплексе .....</b>	<b>162</b>
<b>Бабкин И.А.</b> Применение динамической компенсации реактивной мощности в системах энергоснабжения предприятий .....	163
<b>Беляев Н.А.</b> Устройство определения угловой характеристики синхронных двигателей.....	164
<b>Ганиев Э.Г.</b> Контроль за состоянием технологических параметров на газоконденсатных скважинах .....	165
<b>Костров А.Е.</b> Модель автоматизированной системы управления безопасностью технологического оборудования на хоо .....	166
<b>Кудрявцев Е.О.</b> Влияние неоднородности массивного ротора на характеристики конденсаторного двигателя.....	167
<b>Лонский О.В., Лонский В.О.</b> Концепция создания иерархической автоматизированной системы управления охраной труда .....	168
<b>Сабиров А.И., Ганиев Э.Г.</b> Система автоматизированного управления аппаратами воздушного охлаждения сырого природного газа.....	169
<b>Серебренников Д.С., Охроменко А.С., Негин В.А.</b> Параметрические исследования взрыва резервуара лпдс «Конда» .....	170
<b>Худякова И.А.</b> Анализ подходов к техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования .....	171