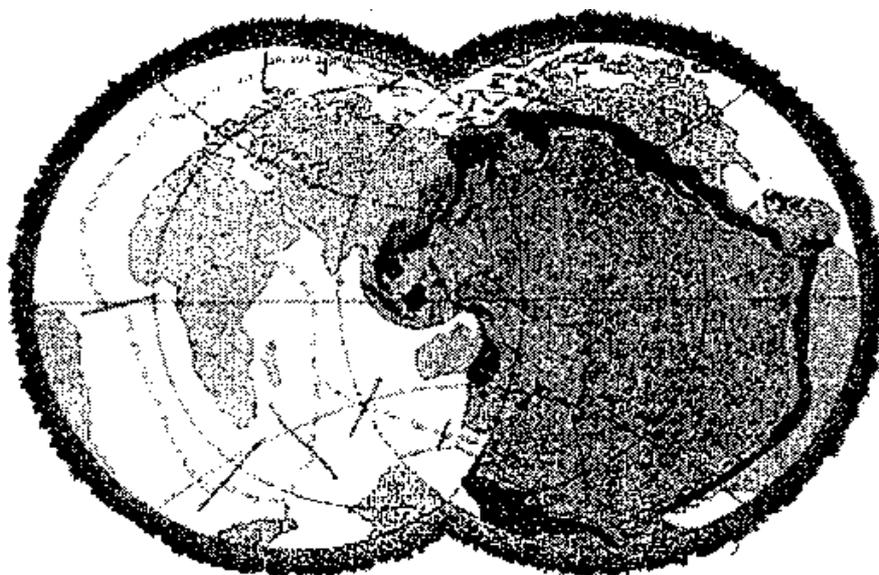


**ГЕОЛОГИЯ,  
ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
И МЕТОДЫ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**



МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С  
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
«ГЕОНАУКИ-2015:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР»

ИРКУТСК 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ</b> .....	<b>6</b>
<i>Сорокина В.Е., Лобацкая Р.М. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОТЛИВКЕ ИМИТАЦИЙ САМОРОДКОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЮВЕЛИРНОГО ДИЗАЙНА</i> .....	
	<b>6</b>
<b>Секция «ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МПИ»</b> .....	<b>11</b>
<i>Акишина О.В., Тонких М.Е. СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД РИФЕЙСКОГО ВОЗРАСТА НА ПОЛИГОНЕ ГЕОЛОГО-СЪЕМОЧНОЙ ПРАКТИКИ ИРКУТСК-РАССОХА</i> .....	
	<b>11</b>
<i>Мазукабзов А.М., Донская Т.В., Гладкочуб Д.П. ПОЗДНЕ-МЕЗОЗОЙСКИЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА</i> .....	
	<b>14</b>
<i>Шайхисламов Р.М., Рябов С.Ю., Репчук С.В. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ОСВОЕНИЯ МАЛОРЕНТАБЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ</i> .....	
	<b>17</b>
<i>Волков А.С. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МРАМОРОВ «ПЕРЕВАЛ»</i> .....	
	<b>29</b>
<i>Байгерова В.А., Рапацкая Л.А. О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ ОБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИРКУТСКОГО БАССЕЙНА</i> .....	
	<b>33</b>
<i>Русяйкин Д.Д., Рапацкая Л.А. ЧЕРНЫЙ ЯНТАРЬ СИБИРИ</i> .....	
	<b>38</b>
<i>Шульга В.В., Бикмулина К.В. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РУДОНОСНОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ И СВЯТОНОСИТОВ СЫННЫРСКОГО КОМПЛЕКСА</i> .....	
	<b>41</b>
<i>Шаракишинова А.К., Иванова Р.Н. СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ: ГИГАНТСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИЛИ ГИГАНТСКАЯ ОПАСНОСТЬ?</i> .....	
	<b>47</b>
<b>Секция «ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ»</b> .....	<b>52</b>
<i>Черенева В.А., Диденков Ю.Н. СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УШАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД</i> .....	
	<b>52</b>
<i>Назаров Н.В., Тугарина М.А. СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ДРЕВНИХ ВОДОЗАБОРНЫХ СИСТЕМ УЗБЕКИСТАНА</i> .....	
	<b>56</b>
<i>Палка Н.Н. НЕФТЕПРОВОДЫ. ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА</i> .....	
	<b>59</b>
<i>Усманова А.М., Аузина Л.И., Бадминов П.С. ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКОВ</i> .....	
	<b>63</b>
<i>Верхозина Е.В. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ</i> .....	
	<b>67</b>
<b>Секция «ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»</b> .....	<b>72</b>
<i>Канева Е.В. КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ «В СВЕТЕ» РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ</i> .....	
	<b>72</b>

<i>Шаульский С., Павлова Е. Г.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАБОШОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛЯННЫХ ОТХОДОВ И БРАКА ПРИ ВИТРАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	76
<i>Василевич А.В., Иванова Г.Н.</i> ОБЕРЕГИ ВЕДИЧЕСКОЙ РУСИ.....	80
<i>Носова Н.Н., Берман Е.А., Иванова Г.Н.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАМНЕРЕЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МОЗАИКИ .....	85
<i>Орлова К.Г., Павлова Е.Г.</i> ИСТОРИЯ И ДИЗАЙН СИБИРСКИХ ТОЛИ.....	88
<i>Пермякова Л.П.</i> ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИИ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГСТЕКЛА И ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ .....	91
<i>Сорокина В.Е., Лобацкая Р.М.</i> СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИЙ САМОРОДКОВ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В ЮВЕЛИРНОМ ДИЗАЙНЕ .....	96
<i>Бердникова С.Е., Смирнова Е.М., Анисимова А.А.</i> НЕТРАДИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ГЛИНА) В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	101
<i>Бунаева А.Г., Воронцова Н.В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РИТУАЛЬНЫХ ПРЕДМЕТОВ КУДИНСКИХ ШАМАНОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ ПРИ ОБРЯДАХ .....	105
<i>Михалева М., Анисимова А.А.</i> ЭТНИЧЕСКИЕ МОТИВЫ ЮЖНО-АФРИКАНСКИХ ПЛЕМЕН В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	110
<i>Москалева В.А., Иванова В.А., Медведев В.Я.</i> МЕТОДЫ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ХРОМДИОПСИДА.....	113
<i>Сухоручкина К.О., Воронцова Н.В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ .....	117
<i>Рыжова А.А., Буйволова М.А.</i> ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ В ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЯХ .....	120
<i>Тугаринова А.А., Иванова Г.Н.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЫХ И ТРАДИЦИОННЫХ КАМНЕЙ В ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ.....	124
<b>Секция «ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ».....</b>	<b>127</b>
<b>Секция «ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ» (геофизика, геоинформатика и бурение скважин) .....</b>	<b>128</b>
<i>Лаврентьева Н.А., Давыденко Ю.А., Бухалов С.В.</i> РЕЗУЛЬТАТ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЮГЕ ЯКУТИИ.....	128
<i>Шаргородский А.В., Лыкова В.В., Клыкова В.Д.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА НА СИНТЕТИЧЕСКОЕ ВОЛНОВОЕ ПОЛЕ .....	131
<i>Ткачева К.Ю., Давыденко Ю.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ЗОНЕ ПРИМОРСКОГО РАЗЛОМА .....	136
<i>Абрамова В.А., Паршин А.В.</i> ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	140
<i>Башкеев А.С., Давыденко Ю.А.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ СБОРА ДАННЫХ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «АНДРОИД» ДЛЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО КОМПЛЕКСА «МАРС».....	144
<i>Кравченко Т.А., Блинов А.В.</i> УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	

<b>В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ИЛИ УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС</b> .....	146
<i>Бухалов С.В., Давыденко Ю.А.</i> <b>РЕИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МАРС»</b> .....	149
<i>Агеев А.О., Вишняков К.А.</i> <b>ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ – ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА</b> .....	152
<i>Сизов М.С.</i> <b>ПРОБЛЕМА БУРЕНИЯ ТРАПШОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ РДС ДОЛОТАМИ</b> .....	155
<b>Секция «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»</b> .....	160
<i>Сабанин Н.А.</i> <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ В НАКЛОННО – НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН</b> .....	160
<i>Губина М.А., Ознобихин Л.М., Рандин О.И.</i> <b>SCADA-СИСТЕМЫ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	163
<i>Сергеев А.В., Заливин В.Г.</i> <b>ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННО-ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ПИВ) НА ПЛАСТ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ</b> .....	164
<i>Попова И.А., Зайцев В.И.</i> <b>ОБЛЕГЧЕННЫЕ ВЕРМИКУЛИТСОДЕРЖАЩИЕ ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ</b> .....	172
<i>Мартынов Н.Н., Заливин В.Г.</i> <b>СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ</b> .....	177
<i>Иванов Н.П., Зайцев В.И.</i> <b>ВИБРОВОЛНОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА</b> .....	180
<i>Рогаль А.Т., Зайцев В.И.</i> <b>КАК БОРОТЬСЯ С ПОГЛОЩЕНИЕМ БУРОВОГО РАСТВОРА, БЫСТРО?</b> .....	181
<i>Черданцева А.А., Васенева Е.Г., Николаева Л.В.</i> <b>СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ</b> .....	183
<i>Верхозин К.В., Зайцев В.И.</i> <b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРУЙНЫХ НАСОСОВ НА БУРОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ</b> .....	185
<i>Нгуен Тхи Ле</i> <b>РАСТВОРЫ ДЛЯ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ</b> .....	187
<i>Нгуен Конг Чи</i> <b>ВЛИЯНИЕ БОЛЬШИХ УГЛОВ ОТКЛОНЕНИЯ СКВАЖИН В ПРОЦЕССАХ ОТЧИСТКИ ИХ СТВОЛА</b> .....	196
<i>Нгуен Тхи Тхью Линь, Ламбин А.И.</i> <b>ПРИМЕНЕНИЕ СПЛАЙНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОФИЛЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ</b> .....	201
<i>Резанов А.С., Ламбин А.И.</i> <b>ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ СКВАЖИН</b> .....	204
<b>Секция «ГОРНОЕ ДЕЛО И ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»</b> .....	210
<i>Осипов А.В.</i> <b>О ВОЗМОЖНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО НОРМАТИВНЫЙ СРОК</b> .....	210
<i>Шин О.М., Кононенко С.Р.</i> <b>БОРЬБА С ЛЕДЯНЫМИ ЗАТОРАМИ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА ПРИ ПОМОЩИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ</b> .....	213
<i>Шин О.М., Кононенко С.Р.</i> <b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИНИЦИИРОВАНИЯ</b> .....	218

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 739.5

### **ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОТЛИВКЕ ИМИТАЦИЙ САМОРОДКОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЮВЕЛИРНОГО ДИЗАЙНА**

Сорокина В.Е., аспирант, Иркутский национальный исследовательский технический университет,

Лобацкая Р.М., д. г.-м. н., профессор, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

#### *Получение имитаций самородков золота из латуни.*

Первая серия экспериментов с использованием латуни моментальном охлаждении расплавленного металла, что достигалось путем литья жидкой металлической массы непосредственно в емкость с водой.

Предварительно нарезанная проволока латуни подвергалась плавлению в тигле при помощи бензиновой горелки. При достижении металлом однородного жидкотекучего состояния, содержимое тигля отливалось в емкость с водой, температура которой составляла 15–18 °С. Эта манипуляция была повторена еще несколько раз, в результате чего оказалось, что для получения имитаций золотых самородков в этой серии экспериментов чрезвычайно важно, чтобы во время контакта с водой температура расплавленного металла была максимальной. Чтобы соблюсти данное условие при транспортировке тигля от места плавления до емкости с водой расплавленному металлу необходимо непрерывно подавать тепло, т.е. пламя горелки прекращало воздействовать на латунь только при опрокидывании ее в воду [1]. Резкая смена температуры приводит к возникновению внутреннего сжатия за счет изменения объемов газов, находящихся в металле. В составе даже самых чистых металлов содержится небольшое количество водорода, кислорода и азота [2]. В результате за счет возникающего сжатия внутриметаллических газов, расплавленный металл при попадании в воду деформировался, приобретая неправильные формы и неровный рельеф поверхности. Чем сильнее была нагрета расплавленная металлическая масса перед ее взаимодействием с водой, тем ярче была выражена деформация, тем большее количество пустот неправильной формы возникало внутри отливок, тем выше была схожесть полученных образцов с самородками золота (рис. 1).

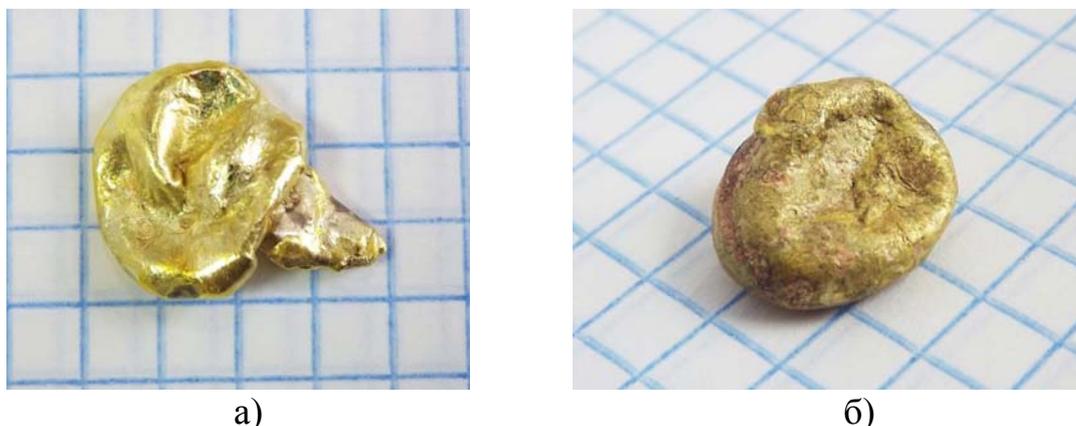
В результате были проведены еще две серии экспериментов, направленных на выявление условий литья, позволяющих получить латунные отливки по своим внешним характеристикам максимально схожие с самородками золота. В ходе второй серии экспериментов была выявлена разница между образцами латуни, полученными при литье металла на минимальном расстоянии от поверхности воды, и образцами, полученными в результате литья на расстоянии 10 см. В первом случае получаются отливки округлой формы с достаточно ровной поверхностью, во втором латунь приобретает более фантазийные формы с неров-

ным рельефом поверхностей, что придает ей поразительное сходство с природными самородками.



**Рис. 1. Имитация золотого самородка:**  
а) природный золотой самородок;  
б) его имитация из расплавленной латуни, отлитой в воду

В третьей серии экспериментов было выявлено влияние температуры охлаждающей жидкости. При литье в горячую воду (около 80 °С) латунь неизменно приобретает округлую форму, вне зависимости от расстояния между тиглем и поверхностью жидкости. При этом поверхность полученных образцов практически полностью покрыта ярко выраженными следами медных окислов (рис. 2, б). В холодной же воде (6–8 °С) получаются отливки, подобные результатам второй серии экспериментов (рис. 2, а). То есть наиболее благоприятными условиями для образования имитаций золотых самородков является сочетание пониженной температуры охлаждающей жидкости и литье на некотором (около 10 см) расстоянии от ее поверхности.



**Рис. 2. Образцы латуни:** а) отливка полученная в результате литья в воду температурой 8 °С на расстоянии 10 см от ее поверхности; б) отливка полученная в результате литья в воду температурой 80 °С на минимальном расстоянии от ее поверхности

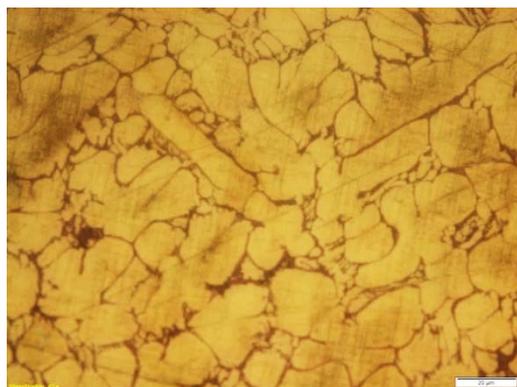
Кроме этого была исследована микроструктура полученных образцов латуни, чтобы узнать, каким образом протекает кристаллизация при попадании ее в воду.

Первой исследовалась микроструктура латунной пластинки, являющейся начальным видом всех образцов. Наблюдение проводилось при 400-кратном

увеличении. Микроструктура данного металла соответствует заявленной марки Л63, т.е. структура латуни с содержанием цинка 37 % является однофазной (рис. 3, а). Два других образца, полученных при литье латуни в холодную (8 °С) и горячую (86 °С) воду показали двухфазную структуру, что говорит о переохлаждении металла (рис. 3, б, в). Примечательно, что между собой микроструктура двух испытуемых образцов также отличается. Светлые зерна  $\alpha$ -фазы образца, полученного в холодной воде гораздо меньше таких же зерен в образце, полученном в горячей воде. Это может свидетельствовать о более высокой скорости зарождения кристаллов в металле, отлитом в воду с температурой 8 °С.



а)



б)



в)

**Рис. 3. Микроструктуры латуни при 400-кратном увеличении:**

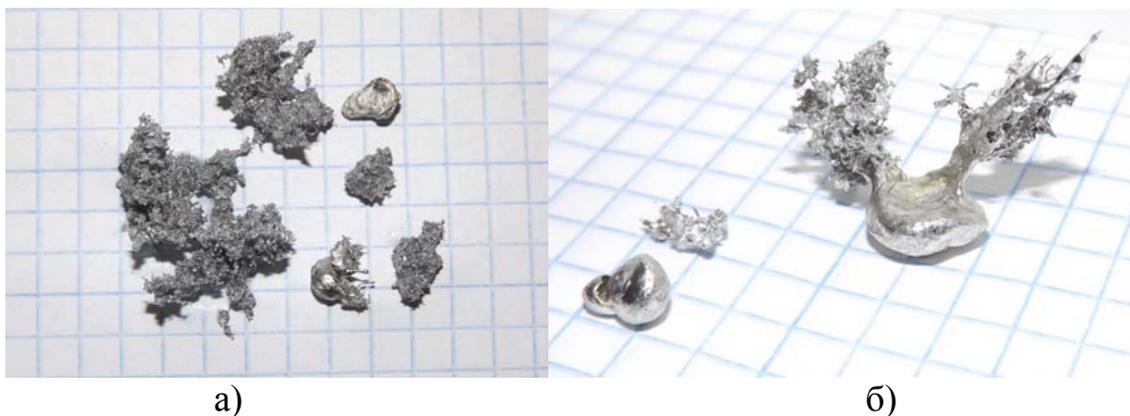
- а) однофазная латунь Л63 до эксперимента; б) двухфазная латунь с более крупным зерном, полученная литьем расплавленного металла в воду с температурой 86 °С;
- в) двухфазная латунь с меньшим размером зерна, полученная литьем расплавленного металла в воду с температурой 8 °С

#### *Получение имитаций самородков серебра из олова*

Для получения имитаций самородков серебра, пригодных в качестве вставок в ювелирные изделия, олово было подвергнуто обработке подобной той, что была применена к латуни, рассчитанной на быстрое охлаждение расплавленного металла.

Всего было проведено четыре серии экспериментов, в результате которых было произведено сравнение итоговых образцов олова, полученных при разных условиях литья. Установлено, что важным фактором, способствующим образо-

ванию максимально похожих на природные серебряные самородки образцов олова при литье, является отсутствие в составе металла каких-либо легирующих элементов, т.е. использование чистого олова. Выявлено, что для достижения наилучшего результата, в качестве охлаждающей жидкости необходимо использовать воду или сочетание «масло+вода» (послойное расположение). При литье в воду в структуре итогового образца преобладают хрупкие «крошкообразные» формы, и практически отсутствуют плотные образования металла (рис. 4, а). При литье в масляно-водную эмульсию с послойным расположением ее компонентов, получаются образцы, имеющие в своей структуре, как плотные металлические формы, так и хрупкие «крошкообразные» элементы (рис. 4, б). И в том, и в другом случае получаются оловянные отливки с внешними характеристиками, позволяющими использовать их в качестве имитаций природных самородков серебра [3]. При этом температура охлаждающей жидкости должна быть, как и в случае с латунью, несколько ниже комнатной. Наилучший результат получается при температуре 6–10 °С. Сам металл необходимо нагревать до приобретения им цвета красного каления и выдерживать на воздухе без подачи тепла в течение 10 секунд. При соблюдении этих условий во время ускоренной кристаллизации олово приобретает вид, сочетающий плотные неправильные формы и дендритоподобные хрупкие образования. Плотные формы дают поверхностные слои расплавленного металла, начинающие постепенную кристаллизацию за время выдержки, а внутренняя его часть, не успевшая охладиться на воздухе, моментально кристаллизуясь, под влиянием динамики внутриметаллических газов вырывается наружу сквозь внешние, уже застывшие, слои олова, нарушая их целостность и кристаллизуясь в виде дендритов.



**Рис. 4. Имитации серебряных самородков:** а) олово, полученное при литье в холодную воду на минимальном расстоянии; б) олово, полученное при литье в двухфазную охлаждающую жидкость, состоящую из холодной воды (6 °С) и горячего масла (100 °С)

Такие оловянные отливки представляют наибольший интерес, однако они не могут быть использованы в изделиях без какой-либо дополнительной защитной среды. Для создания такой среды может быть использована эпоксидная смола, хорошо принимающая любую обработку включая процесс полировки. В результате можно получить полноценный кабошон из эпоксидной смолы с запакованной внутри имитацией самородка серебра (рис. 5) [1].



**Рис. 5. Кабошон из эпоксидной смолы с запакрованной внутри оловянной отливкой**

**Библиографический список:**

1. В.Е. Сорокина, Р.М. Лобацкая, «Эксперименты по получению имитаций самородных металлов для использования в ювелирном дизайне»; Дизайн. Теория и практика. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.enidtp.ru>, 2014 г, Вып. 15.

2. В.Е. Сорокина, Р.М. Лобацкая, «Эксперименты по отливке олова в охлаждающие жидкости и получение имитации самородков серебра для ювелирного дизайна»; Дизайн. Теория и практика. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.enidtp.ru>, 2015 г, Вып. 19.

3. З.М. Туровцева, Л.Л. Кунин. Анализ газов в металлах. – Москва-Ленинград.: Изд-во Академии Наук СССР, 1959. – 391 с.

## Секция «ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МПИ»

УДК 551

### СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД РИФЕЙСКОГО ВОЗРАСТА НА ПОЛИГОНЕ ГЕОЛОГО- СЪЕМОЧНОЙ ПРАКТИКИ ИРКУТСК-РАССОХА

Акишина О.В., студентка гР-11-1, ИГТ (ИРНИТУ),

Тонких М.Е., доцент кафедры Прикладная геология (ИРНИТУ), г. Иркутск

Структурное положение свиты, ее литологические характеристики, условия образования, проблемы корреляции свиты с разновозрастными отложениями окраинных и внутренних частей платформы стали предметом настоящего исследования. Они проведены по данным геологических маршрутов, изучения образцов, отобранных в процессе геолого-съемочной практики, а также с использованием описания шлифов и корреляционных разрезов, данные по которым взяты из производственных отчетов и опубликованных научно-исследовательских работ (Пермяков, 1984; Рыбаков, Болдырев, 2000; Галимова, 2009, и др.)

Полигон геолого-съемочной практики находится в районе олхино-иркутского междуречья (рис. 1).

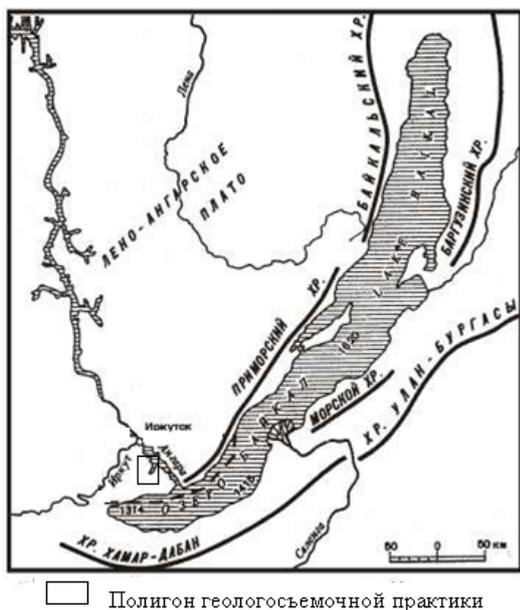


Рис. 1. Обзорная карта расположения полигона геолого-съемочной практики Иркутск-Рассоха

Эта территория в структурном отношении относится к южной окраине Сибирской платформы. В строении рассматриваемой территории принимают участие два крупнейших структурных этажа Сибирской платформы, представленных кристаллическим фундаментом и осадочным чехлом. Каждый из них подразделяется на ряд структурных ярусов.

Главным структурным элементом площади полигона является Иркутский мегаблок, который является частью Шарыжалгайского краевого выступа фундамента Сибирской платформы. Иркутский блок сложен глубоко метаморфизованными породами шарыжалгайской серии.

Структурный этаж чехла платформы разделен на четыре структурных яруса: средне-верхнерифейский, вендско-нижнепалеозойский, среднемезозойский и кайнозойский.

Средне-верхнерифейский структурный ярус на южной окраине Сибирской платформы представлен комплексом формаций байкальской серии [4]. На площади полигона ее сокращенным фациальным аналогом является олхинская свита (R2–3ol), которая была закартирована нами в левом борту р. Олхи в процессе геолого-съёмочной практики.

Впервые отложения олхинской свиты были выделены М.Н. Бобковой в 1951 г. В последующем ряд исследователей, занимавшихся проблемой корреляции, считали олхинскую свиту ключом к увязке стратиграфических подразделений докембрия Саяно-Байкальской горной области и Сибирской платформы. Олхинская свита в Саяно-Байкальской горной области вскрывается в обнажениях, горных выработках и скважинах. Стратотипический разрез свиты находится в долине р. Олхи и наиболее полно вскрыт в ее среднем течении Кук-Юртовской скважиной. Позднее он был продублирован скважиной пробуренной также в бассейне р. Олхи на водоразделе ручьев Смоленский ключ и Сырой Кук-Юрт. Обе скважины вскрывают полный разрез олхинской свиты, которая разделяется на три подсвиты [3].

1. Нижняя подсвита. В основании подсвиты залегает горизонт аргиллитов (около 20 м) красноцветных, желтовато-серых с гравийными зернами кварца. Выше залегают сероцветные песчаники и алевролиты полевошпат-кварцевого состава с прослоями аргиллитов, доломитов и кремнисто-карбонатных пород. Мощность свиты 320 м.

2. Средняя подсвита сложена глинисто-углеродистыми сланцами, доломитами оталькованными, оолитовыми. Доломиты темно-серые, почти черные, породы состоят в основном (80 %) из карбоната (кальцита, доломита) с примесью кварца. Характерна оолитовая, псевдооолитовая структуры («гороховый камень»). Величина оолитов колеблется в пределах 0,5–3 см. В составе оолитов присутствуют карбонат и углистое вещество, отчего они имеют черный цвет. Породы оталькованы, в отдельных горизонтах содержание талька составляет 20 %. Среди доломитов наблюдаются окремненные разности, состоящие на 80 % из халцедона. Глинисто-углисто-карбонатные сланцы сложены мелкими оолитовидными образованиями карбонатного состава, сцементированными карбонатным, хлоритово-гидрослюдистым материалом. Мощность породы подсвиты имеет песчано-алевролитовый состав мощностью 83 м. Песчаники, наиболее часто встречающиеся в разрезе, состоят (%) из окатанных, полуокатанных зерен кварца (50–70), полевых шпатов (10–15), обломков пород (10–15), слюды. Цемент карбонатный, глинисто-карбонатный. Типичным аксессуарным минералом является турмалин. Текстура пород неясно-слоистая, массивная.

В карбонатных породах стратотипического разреза свиты определены микрофитоциты: *Vesicularites* sp. *compactus* Yak, *Osagias* sp. *Tenuilamellata* R e t l, характерные для отложений среднего рифея.

Олхинская свита путем прослеживания маркирующих горизонтов темных карбонатов и кварцевых песчаников скоррелирована с отложениями улунтуйской и низами качергагской свиты Анайско-Голоустенской и с отложениями кайской свиты Ангарской зоны. Нижняя, средняя и часть верхней подсвиты олхинской свиты оказались аналогами улунтуйской свиты, а верхи верхней – аналогом нижних пачек качергатской. В Ангарской зоне она соответствует объему кайской свиты.

Западнее олхинская свита лишается карбонатных горизонтов (тыретская свита), а ее низы замещаются красноцветными отложениями оселковой серии. В то же время геологи нефтяники по литологическим данным, промыслово-геофизическим диаграммам, палеонтологической характеристике сопоставляют кайскую (олхинскую) свиту с хорошо изученными разрезами непской, ковыктинской свитами.

Накоплению осадков олхинской свиты предшествовало поднятие этой части Сибирской платформы, в течение продолжительного промежутка геологического времени от позднего архея до среднего рифея. Свидетельство этому, наличие дорифейской коры выветривания, продукты которой фиксируются в базальном горизонте олхинской свиты. Мощность предолхинской коры выветривания 7–10 м; следует отметить, что на гранито-гнейсах сохранились лишь ее корневые части. Верхние же части снесены и переотложены в качестве базальных красноцветных пород олхинской свиты. Перекрываются отложения свиты базальными конгломератами хужирской свиты. Накопление отложений олхинской свиты связано с формированием и развитием Прибайкальского перикратонного опускания, отвечающего байкальскому циклу тектогенеза [1]. Отложения свиты соответствуют доломит-алевролит-песчаниковой формации. Литологический состав свиты, ее взаимоотношения с подстилающими и перекрывающими отложениями свидетельствуют, что породы олхинской свиты образованы в зоне прибрежной равнины. Обращают на себя внимание наличие углеродистых, кремнистых и оталькованных пород в средней подсвите олхинской свиты. Они выявлены в рифейских разрезах байкальской серии и камовской серии на западе Сибирской платформы. Исследователи, изучающие разрезы рифейских отложений в пределах Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления, считают, что формирование подобных толщ может быть обусловлено влиянием глубинных флюидов, связанных с проявлением субдукционных процессов на Сибирской платформе [2]. При миграции вверх по разломам газовые эманации выносят из гранито-гнейсового слоя в бассейны седиментации большое количество кремнезема, формируя вместе с углеродом углерод-кремнисто-карбонатные (глинистые) породы. Это предположение относительно отложений олхинской свиты может быть объектом дальнейших исследований.

*Выводы:*

1. В структурном отношении свита занимает промежуточное положение между раннедокембрийскими образованиями фундамента и венд кембрийским чехлом Сибирской платформы, формируя обособленный средне-

верхнерифейский ярус. Она залегает на коре выветривания архей-протерозойских образований и перекрывается базальными конгломератами хужирской свиты венда.

2. Формирование свиты происходило в зоне прибрежной равнины и связано с формированием и развитием Прибайкальского перикратонного опускания, отвечающего байкальскому циклу тектогенеза.

3. Особенности литологического состава отложений средней подсвиты олхинской свиты могут быть результатом влияния глубинных флюидов связанных с проявлением субдукционных процессов на Сибирской платформе в позднепротерозойское время.

Библиографический список:

1. Абрамович Г.Я., Пермяков С.А., Сасим С.А. Особенности тектонического строения междуречья Ангары и Китоа (Восточная Сибирь). // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири : сб. научных трудов, ИГУ, Иркутск, 2005.

2. Готтих Р. П., Писоцкий Б. И., Галуев В. И., Каплан С. И. Строение консолидированной земной коры Камовского свода Сибирской платформы и возможные факторы формирования геофизических аномалий. //Литосфера. – 2010.– № 1. – С. 47–63.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48 — Иркутск: объяснительная записка / Т. Ф. Галимова [и др.] — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. – 2009. – 574 с.

4. Дольник Т.А., Файзулина З.Х., Ильин А.С. и др. Олхинская свита-ключ к увязке стратиграфических подразделений докембрия Саяно-Байкальской горной области и Сибирской платформы. // Отеч. Геология. – 2005.– т. N 1.–С.46–55.

УДК 551,24 (571.54/.55)

## **ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА**

Мазукабзов А.М., Донская Т.В., Гладкочуб Д.П.

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

Позднемезозойский этап (позднеюрско-раннемеловой) в развитии Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) и сопредельных с ним территорий привлекает внимание своеобразным стилем проявления тектонических событий, взгляды на которые отражены в многочисленных публикациях. В ранние периоды исследований, базировавшихся на геосинклинальной парадигме, позднемезозойский этап представлялся как эпоха активизации [1], охватившая Забайкалье, восточную часть Монголии и смежные района Северного Китая. Она началась с растяжения обширного сегмента ЦАСП между Сибирским и Северо-Китайским кратами, что привело к возникновению Забайкало-Восточномонгольской эпиорогенной рифтовой системы, состоящей большого числа грабенов и впадин, ограниченных сбросами. По времени она связывалась

с позднекимерийским орогеническим циклом. После завершения рифтогенеза Монголо-Охотская область вступила в стадию относительно спокойного тектонического режима близкого к платформенному, охватывающую поздний мел, палеоген и миоцен, т.е. около 100 млн лет.

Как показывают современные данные, широко использующие результаты изотопной геохронологии и структурного анализа, в процессе исследования был пропущен важный структурный элемент, который по-иному позволяет интерпретировать развитие этого региона. Это комплексы метаморфических ядер, которые в совокупности с впадинами составляют структурный парагенез. Комплексы метаморфических ядер (МСС) представляют собой структуры с аномально динамометаморфизованными метаморфическими и магматическими породами, тектонически перекрытыми хрупко деформированными неметаморфизованными образованиями [2]. Комплексы метаморфических ядер в Забайкалье были установлены в начале 90-х годов [3, 4]. В это же время они были открыты в северной части Китая [5].

К настоящему времени комплексы метаморфических ядер установлены на обширной территории Центральной Азии, охватывающей Забайкалье, Монголию и северо-восток Китая. Они наложены на разновозрастные структурные комплексы Центрально-Азиатского подвижного пояса, сформированные в различных геодинамических режимах, а так же Северо-Китайский кратон. Наиболее ярко комплексы выражены в складчатых сооружениях Забайкалья и Северо-Китайском кратоне. Между ними располагается область, характеризующаяся широким развитием грабенов и полуграбенов, выполненных раннемеловыми образованиями. На этой территории отмечаются единичные находки комплексов метаморфических ядер. МСС Забайкалья, Северной Монголии и Северного Китая характеризуются близкими чертами строения. По структурно-вещественным признакам в них выделяются три структурных уровня: ядро, зона милонитов с детачментом (зона глубинного срыва) и образования покрова. Ядро сложено преимущественно палеозойскими гранитами и гранитогнейсами с ксенолитами метаморфических пород. Зона милонитов окаймляет ядро и характеризуется разнообразными милонитами, возникшими за счет преобразования пород ядра и частично перекрывающих их образований. Мощность милонитов достигает 2 км. К покровным образованиям относятся вулканогенно-осадочные образования раннего мела и поздней юры, а в Китае – протерозойско-палеозойскими осадочными породами. Они не затронуты метаморфизмом, но подвержены хрупким деформациям. Располагаются они структурно выше милонитов, отделяясь от них зоной детачмента. Характерным признаком метаморфических образований является пологое залегание гнейсовидности и сланцеватости, наиболее отчетливо наблюдаемое в краевых частях. Кинематический анализ милонитов на микро- и макроуровне (складки, линейность, будинаж, тени давления, С-S и С' структуры, кинкбенды) указывает, что становление МСС осуществлялось в условиях растяжения. Деформация растяжения характеризуется трендом северо-запад – юго-восток. Механизм растяжения реализовался в режиме простого сдвига по

зонам глубоко проникающих региональных срывов. При этом, тектонический транспорт вещества осуществлялся в юго-восточном направлении, т.е. верхние части тектоностратиграфических разрезов относительно нижних смещались на юго-восток. Такие движения сопровождались возникновением синтетических сбросов листрического типа, что способствовало формированию рифтовых впадин. Время наиболее интенсивного тектонического экспонирования определяется значениями 123–112 млн лет (Ar-Ar метод), а время проявления метаморфизма в зоне ядра метаморфического комплекса по метаморфогенным цирконам составляет 138.1 млн лет [6]. Породы внутренней части зоны глубинного срыва были преобразованы в условиях амфиболитовой фации метаморфизм ( $T = 590\text{--}640\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 3,2\text{--}4,6$  кбар) [6].

Структурно-геологические, петрологические и изотопные данные показывают, что значительная часть метаморфических образований Забайкалья имеет позднемезозойский возраст. Формирование их происходило в режиме растяжения на среднекоровом уровне, взаимосвязанных с процессами становления региональных срывов. Проявление этих процессов было обусловлено коллапсом позднемезозойского орогена, который возник в результате раннемезозойских аккреционно-колизийных событий. Утолщение континентальной коры привело к усилению теплового потока и к повышению пластичности в низах коры. Это предопределило неустойчивость орогена и его растекание на среднекоровом уровне, что привело к возникновению регионального растяжения и срывов. Утонение коры сопровождалось изостатической компенсацией. Это привело к выводу на поверхность комплексов среднекорового уровня и к формированию комплексов метаморфических ядер с комплементарными им рифтовыми впадинами.

На формирование МСС Китая и тектоническую перестройку литосферы Северо-Китайского кратона существенное влияние оказала Тихоокеанская плита и коллизийные процессы, вызвавшие формирование Солонкерского и Дайбеншанского орогенных поясов. Контракционная деформация началась в перми и продолжалась до раннего мела, т.е. охватывает временной интервал около 130 млн лет. Процессы сжатия привели к утолщению коры до 47–50 км, что вызвало изостатическое поднятие утолщенной коры и возникновения в ней слоя с пониженной вязкостью за счет частичного плавления. Это предопределило формирование орогена и последующий его коллапс, с возникновением МСС и рифтовых впадин с раннемеловыми осадками.

Анализ МСС рассматриваемого региона позволяет сделать вывод, что по особенностям строения, структурно-кинематическим признаками, а также по времени и механизму формирования они характеризуются схожими признаками. Отличие состоит в том, что их становление происходило на континентальной коре, с различной предысторией геологического развития. В Забайкалье МСС формировались на коре, возникшей в результате палеозойских и мезозойских этапов тектогенеза, а в Северном Китае на палеопротерозойской коре кратонного типа, индосинийский орогенез с последующим растяжением. Следовательно, своеобразие тектонического развития рассматриваемого региона состоит

в том, что здесь практически синхронно произошло становление нескольких орогенных поясов и их коллапс с формированием комплементарных структур – комплексов метаморфических ядер и рифтовых впадин.

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05–13–00557).

#### Литература

1. Милановский Е.Е. Геология СССР. Ч. 2. – М.: Изд-во МГУ, 1989.–271 с.
2. Crittendon M.D., Coney P.J., Davis G.H. (Eds.). Cordilleran metamorphic core complexes. – Mem. Geol. Soc. Amer. 1980. 153. – 486 p.
3. Скляр Е.В., Мазукабзов А.М., Донская Т.И., Доронина Н.А., Шафеев А.А. Заганский комплекс метаморфического ядра (Забайкалье) // ДАН. 1994. Т. 339. № 1. С. 83–86.
4. Скляр Е.В., Мазукабзов А.М., Мельников А.И. Комплексы метаморфических кордильерского типа Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ. 1997. – 182 с.
5. Zheng Ya-dong, Wang Shi-zheng, Wang Yu-fang An enormous thrust nappe and extensional metamorphic core complex newly discovered in Sino-Mongolian boundary area //Science in China. 1991. V. 34. № 9. P. 1145–1152.
6. Donskaya T.V., Windley B.F., Mazukabzov A.M., Kröner A., Sklyarov E.V., Gladkochub D.P., Ponomarchuk V.A., Badarch G., Reichow M.R., Hegner E. Age and evolution of Late Mesozoic metamorphic core complexes in southern Siberia and northern Mongolia //J.Geol. Soc. London. 2008. V. 165. P. 405–421.

### **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ОСВОЕНИЯ МАЛОРЕНТАБЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГЕОЛОГО- ФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ**

Шайхисламов Р.М., Рябов С.Ю., Репчук С.В.

Научный руководитель кандидат технических наук Е.Н. Иванов, Научный исследовательский томский политехнический университет, г.Томск, Россия

В Томской области разведка месторождений проводилась с 1962 года и в настоящее время число их составляет около 110, в том числе к нефтяным относится 79. По извлекаемым запасам углеводородного сырья (категории С<sub>1</sub>) приходится 6 крупных месторождений и 4 средних. Остальные 69 малых нефтяных месторождений Томской области приходится 18 % извлекаемых запасов категории С<sub>1</sub>. Вероятность открытия новых крупных месторождений крайне мала, а месторождений с запасами более 30 млн. тонн находятся на последней стадии разработки, поэтому внимание к малым месторождениям неуклонно растет. Такие месторождения на территории Томской области отличаются сложностью геологического строения, отсутствием однозначной модели залежи; незначительными извлекаемыми запасами категории С<sub>1</sub> (около 1 млн т на каждую открытую залежь), удаленных от коммуникаций, производственной и социальной инфраструктуры и низкой эффективностью геологоразведочных работ.

Особенностью малых месторождений Томской области является то, что промышленный приток нефти характерен для 1–2 скважин из 5–10 пробуренных на площади. Ввод в пробную эксплуатацию осуществлялся не в течение 3-х лет, а срок 10–15 и более лет. Фактически, период пробной эксплуатации одновременно и являлся промышленной разработкой малого нефтяного 1–2 поисковыми скважинами. Основным режим эксплуатации таких месторождений является фонтанный способ. В течение многих лет в Томской области он реализован на следующих малых нефтяных месторождениях: Поселковое, Столбовое, Федюшкинское, Дуклинское, Средневасюганское, Кулгинское и др.

Подходы к освоению и разработке малых месторождений должны существенно отличаться от традиционных. Это касается не только темпов добычи, систем разработки, а также новых подходов и методов проектирования разработки, основанных на применении систем скважин сложной архитектуры (горизонтальные, многозабойные). Принципы их освоения, а также оценка коэффициента охвата и КИН в настоящее время обозначены недостаточно четко, в результате чего стандартные схемы разработки часто оказываются неэффективными. Ввод в эксплуатацию малых нефтяных месторождений, при темпе отбора 10 %, могут обеспечить добычу до 20–30 млн т нефти в год или 20–30 % добычи по округу. Немаловажное значение имеет освоение небольших газовых месторождений с целью:

- 1) подачи газа ближайшим местным потребителям,
- 2) использование для технологических нужд компрессорных станций,
- 3) объединение месторождений в группу для промышленной добычи с целью подпитки магистрального газопровода.

Данные направления имеют определенные преимущества по сравнению с освоением крупных и уникальных месторождений, как правило, удаленных от потребителя на сотни и тысячи километров. При определении темпов разработки малых газовых залежей и месторождений для местного газопотребления в качестве базовой величины годовых отборов газа по группе мелких залежей (или одной залежи) должна быть выбрана местная потребность в газе, либо уровни добычи, необходимые для покрытия пиковых нагрузок потребителей, получающих газ из систем региональных газопроводов. Ввод в эксплуатацию первоочередных малых газовых залежей, при темпе отбора 2 %, позволит добывать 5–10 млрд м<sup>3</sup> газа в год. Объем добычи по мелким месторождениям невелик и составляет лишь 1–2 % годовой добычи округа, но имеет особо важное значение для жизнеобеспечения местного населения и промышленных узлов [2].

Главная задача геолого-промыслового анализа нефтяного или газового месторождения является оценка эффективности проектируемой системы разработки. Увеличить технологические показатели можно за счет изменения существующей системы разработки или ее усовершенствования при регулировании процесса эксплуатации месторождения. Но крайне важно учитывать, что технологические показатели разработки в большой степени зависят от геолого-физической характеристики залежи, при этом определяющими являются тип,

размер и форма нефтяной или газовой залежи, степень геологической неоднородности продуктивного объекта, запасы нефти и газа в нем, подвижность насыщающего пласт флюида, фильтрационно-емкостные свойства коллектора. Исходя из этих данных, выполняется анализ разработки месторождения, определяются виды исследований при оценке перспектив развития нефте- и газодобычи, намечаются геолого-технические мероприятия, направленные на повышение эффективности разработки. За период освоения и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири накоплен огромный объем информации, фактических, опытных и обобщающих данных о геологии залежей, истории разработки, выработке запасов, техническим и технологическим решениям. На основе накопленного опыта на этапе первичного проектирования по геолого-физической характеристике пластов можно прогнозировать их добычные возможности, предлагать возможные технологии воздействия на пласт, оценивать вклад и влияние благоприятных и негативных факторов на процесс разработки. При оценке перспектив освоения месторождения (залежи, пласта, объекта, участка) необходимо учитывать следующие критерии:

1. Географическое и административное положение района работ.
2. Наличие и степень развития инфраструктуры в рассматриваемом районе. Расстояние до транспортных коммуникаций, наличие вблизи разрабатываемых месторождений, социальной инфраструктуры и других факторов часто играют определяющую роль в стратегии освоения, как конкретного месторождения, так и района в целом.
3. Год открытия и ввода в разработку месторождения.
4. Объемы запасов углеводородного сырья (мелкие, средние, крупные).
5. Классификация месторождений по фазовому состоянию флюидов (нефтяное, газовое, газоконденсатное).
6. Степень разведанности. Если отношение  $C2/(A+B+C1+C2) < 0,20$  д.ед., то месторождение считается разведанным, иначе – требуется постановка дополнительных геологоразведочных работ, т. е. бурение разведочных скважин, отбор керна, проб флюидов, испытание пластов, ГДИ, ГИС, ПГИ и др.
7. Степень вовлечения запасов в разработку (если все запасы УВС отнесены к категориям А и В – месторождение разбурено полностью, если часть запасов отнесено к категории С1 – требуется продолжение эксплуатационного бурения). Гл.5 177.
8. Количество пластов (однопластовое или многопластовое месторождение).
9. Промыслово-геологические характеристики основных продуктивных пластов.
10. Качество запасов (коллекторы высоко- или низкопродуктивные; доля запасов в ВНЗ и ГНЗ; коэффициенты продуктивности).
11. Стадия разработки месторождения, объекта, залежи (начальная, основная и т. д.)
12. Наличие и тип действующего проектного документа (проекты пробной эксплуатации, тех.схема опытно-промышленной разработки, технологическая схема, проект разработки).

13. Входной дебит газа, конденсатный фактор, дебит жидкости, входная обводненность, газовый фактор.

Положительные и отрицательные факторы, определяющие особенности разработки залежей, приведены в табл. 1. Эффективность разработки месторождения нефти или газа определяется достаточно большим количеством критериев общегеологического плана (например, тип залежи, величина запасов и др.), свойствами пластов и пластовых флюидов. В этой связи возникает необходимость их систематизации. Результаты обобщения критериев, применяемых в теории и практике, приведены в табл. 2.

Все критерии разделены на три группы: характеристики залежей, коллекторские свойства пластов, физико-химические свойства флюидов.

В первом столбце указан параметр залежи, пласта, флюида. Во втором столбце – классификация по параметру, расчетная или эмпирическая формула. В третьем столбце – область применимости, либо последствия воздействия.

На этапе предпринятых работ оценка условий разработки производится на основе укрупненных критериев, таких как условия залегания пластов, величина запасов УВС, стратиграфическая принадлежность.

### ВЫВОДЫ

Анализ физических характеристик пластов позволяет наметить подходы к проектным решениям. Так величины пористости, проницаемости, нефтегазонасыщенной толщины являются определяющими параметрами для оценки входного дебита жидкости и газа, проведения геолого-технических мероприятий с целью интенсификации добычи, нефтенасыщенность в определенной мере характеризует начальную обводненность продукции нефтяных скважин, коэффициент продуктивности позволяет выбрать способ эксплуатаций (ЭЦН, ШГН), эффективная толщина пласта является одним из основных критериев оценки извлекаемых запасов нефти и газа.

Таблица 1

### Основные факторы, определяющие особенности процесса разработки месторождения УВС

Благоприятные	Неблагоприятные
Доля ЧНЗ больше 75 % (доля ВНЗ меньше 25 %)	Доля ЧНЗ меньше 50 %, имеется ВНЗ, ГНЗ, ГНВЗ
Свойства нефти ньютоновские (нефть маловязкая, легкая или средней плотности)	Свойства нефти неньютоновские (высоковязкая, тяжелая нефть)
Газовый фактор: – низкий (менее $50 \text{ м}^3/\text{т}$ ); – повышенный (более $90 \text{ м}^3/\text{т}$ ); – давление насыщения ниже начального пластового давления (менее $0.85 \cdot P_{\text{нач}}$ )	Газовый фактор: – очень высокий (более $300 \text{ м}^3/\text{т}$ ); – давление насыщения равно или близко к начальному пластовому давлению
Пластовый газ сухой, плотность газа по воздуху менее 1.0, Кф менее $50 \text{ г}/\text{м}^3$	Пластовый газ жирный, плотность газа по воздуху более 1.0, Кф более $50 \text{ г}/\text{м}^3$
Отсутствуют агрессивные компоненты:	Имеются агрессивные компоненты:

CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, парафины (менее 2 %)	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S (больше 0.02 г/м <sup>3</sup> ); Наличие парафина (больше 6 %)
Коллектор Поровый; крепкоцементированный	Коллектор слабощементированный
Термобарические условия типичные: Рпл – гидростатическое; Тпл = 0,03*L (температурный градиент порядка 0.03)	Термобарические условия нетипичные: Рпл – АВПД, АНПД; Тпл – выше 100 °С или ниже 30 °С
ФЕС высокие: – Кп более 0,15 д.ед.; – Кпр более 0,02 мкм <sup>2</sup> ; – Кпесч более 0.6 д.ед.; – Кпрод более 5 м <sup>3</sup> /сут/МПа	ФЕС низкие: – Кп менее 0,10 д.ед.; – Кпр менее 0,01 мкм <sup>2</sup> ; – Кпесч менее 0.3 д.ед.; – Кпрод менее 1 м <sup>3</sup> /сут/МПа

Таблица 2

**Систематизация свойств залежей и пластовых флюидов по условиям проектирования и разработки**

Наименование параметра	Свойства	Примечания, оценки применимости
1	2	3
<b>1. Характеристики залежей</b>		
1.1. Тип коллектора	Поровый	Возможна модель двойной пористости (трещинно-поровый)
	Трещинный	Положительный фактор
1.2. Тип залежи	Массивная, пластовая сводовая	Положительный фактор
	Литологически экранированная, тектонически экранированная	Положительный фактор с ограничениями
	Литологически ограниченная	Отрицательный фактор
1.3. Площадь нефтегазоносности, тыс. м <sup>2</sup>	< 10 - малые размеры > 100 - большие размеры	Залежи совпадают в плане или смещены. Максимальная плотность запасов – область совмещения контуров
1.4. Соотношение линейных размеров залежи	Ширина ≤ 2,0 км	Приконтурное (законтурное) заводнение
	Ширина > 4,0 км	Внутриконтурное заводнение
1.5. Геологические запасы	AB/(AB+C1) < 0,1 – объект не разбурен или находится в начальной стадии геологического разбуривания	Кат. АВ – разбуренные (вовлеченные в разработку) Кат С1 – разбуренные. Необходимо эксплуатационное бурение AB+C1 – разведанные запасы, утверждены ГКЗ или ЦКЗ. С2 – предварительно оцененные. Рекомендуется бурение разведочных С3 – первоначально оцененные ресурсы
	0,1 < AB/(AB+C1) < 0,9 – стадия разбуривания	
	AB/(AB+C1) > 0,9 – завершающее бурение	
	C2/(AB+C1+C2) ≥ 0,2, то залежь (месторождение) недоразведано	

		сы. Рекомендуются бурение поисковых скважин		
1	2		3	
1.6. Извлекаемые запасы	Классификация месторождений нефти:	Классификация месторождений газа:		
	< 10 млн т 10–30 млн т 30–300 млн т > 300 млн т	мелкое среднее крупное уникальное	< 10 млрд м <sup>3</sup> 10–30 млрд м <sup>3</sup> 30–500 млрд м <sup>3</sup> > 500 млрд м <sup>3</sup>	мелкое среднее крупное уникальное
	0,20-0,40		Средний	
	< 0,2		Низкий	
1.7. Наличие ВНЗ, ЧНЗ	Доля ВНЗ < 0,25		удовлетворительно	
	Доля ВНЗ > 0,5		неудовлетворительно	
1.8. Наличие ГНЗ, ГНВЗ	Газонефтяная залежь или нефтяная залежь с газовой шапкой		Газовая шапка является осложняющим фактором разработки нефтяной залежи	
	Нефтегазовая или газовая залежь с нефтяной оторочкой		Нефтяная оторочка является осложняющим фактором разработки газовой залежи	
1.9. Темп отбора от запасов нефти	3-4 % от извлекаемых запасов для крупных месторождений (залежей)		Максимальная годовая добыча нефти: (0,03 – 0,06) · Q <sub>изв</sub> N <sub>скв</sub> · q <sub>ж</sub> · 328	
	8-12 % от извлекаемых запасов для мелких и средних месторождений			
	3-5% для газовых залежей			
1.10. Подвижные запасы			Q <sub>подв</sub> = Q <sub>геол</sub> · K <sub>выт</sub>	
1.11. Распределение по объектам	Основные, второстепенные,			
	Возвратные, разукрупнения, доразведки			

1.12. Стратиграфическая принадлежность пластов (Западно Сибирская нефтегазовая провинция)	Т - турон			
	ПК – сеноман			
	АС, БС, ЮС – пласты Сургутского свода			
	АВ, БВ, ЮВ – пласты Вартовского свода			
	АП, БП, ЮП – пласты Пуровского района			
	АУ, БУ, ЮУ – пласты Уренгойского района			
	КВ – кора выветривания			
	Рz - палеозой			
фундамент				
<b>2. Коллекторские свойства</b>				
2.1. Коэффициенты проницаемости (Кпр), мкм <sup>2</sup> , пористости (Кпор), д. ед.	<b>Пласты</b>	<b>Кпр</b>	<b>Кпор</b>	Оценка входного дебита для порового коллектора: $q_{ж} \approx K_{пр} (мД)$ Если $q_{ж} \gg K_{пр}$ , то возможно модель двойной среды (трещинно-поровый) Если $K_{пр} < 0,01 мкм^2$ , то рекомендуется ГРП, что ведет к выносу проппанта и сокращению МРП. Если $K_{пр} > 0,20 мкм^2$ (особенно для пластов ПК), то возможно коллектор - слабосцементированный песчаник, что ведет к выносу песка и сокращению МРП
	ПК	0,50 – 2,0	0,30 – 0,40	
	АВ, АС, АП	0,05 – 1,0	0,25 – 0,35	
	БВ, БС, БП	0,01 – 0,10	0,18 – 0,30	
	ЮВ, ЮС, П, Т	0,001 – 0,01	0,14 – 0,25	
2.2. Коэффициент нефтенасыщенности (Кнн), д. ед	0,35 < Кнн < 1,0			Если Кнн или Кгн < 0,5, то скважина имеет входную обводненность: $f_{вход} \approx 0,1 – 0,2$ д. ед.;
2.3. Коэффициент газонасыщенности (Кгн), д. ед.	0,35 < Кгн < 1,0			Если Кнн > 0,6, то скважина имеет входной безводный дебит ( $f_{вход} = 0$ )
2.4. Коэффициент продуктивности (Кпрод), м <sup>3</sup> /сут*МПа	Кпрод < 1,0 – низкопродуктивные пласты			Задаваемая средняя депрессия для ЭЦН - 8 МПа. При Кпрод = 5,0 расчетный дебит жидкости $Q_{ж} = 40 м^3/сут$ Задаваемая средняя депрессия для ШГН = 4 МПа. При Кпрод = 1,0 расчетный дебит жидкости $Q_{ж} = 40 м^3/сут$ – основной способ эксплуатации - ШГН Если $q_{ж} > 20$ – основной способ эксплуатации –
	Кпрод > 5,0 – высокопродуктивные пласты			
	Расчет дебита жидкости выполняется по формуле: $q_{ж} = K_{прод} \Delta p$ (т/сут)			

		ЭЦН
1	2	3
2.5. Нефтенасыщенная толщина ( $h_{нн}$ ), м	$h_{нн} < 2-3$ м – нефтяной пласт малой толщины	Экспертная оценка: $Q_{изв}$ на 1 скв = $10 \cdot h_{нн}$ Экспертная оценка фонда скважин: $Q_{изв}/Q_{изв}$ на 1 скв Расчетная формула: $Q_{изв}$ на 1 скв = $(S \cdot K_{пор} \cdot K_{нн} \cdot r_{нн} \cdot \Theta \cdot K_{ИН}) \cdot h_{нн}$ , где $S$ – плотность сетки скважин
	$h_{нн} > 6-10$ м и более – нефтяной пласт большой мощности (толщины)	
2.6. Рентабельная нефтенасыщенная толщина ( $h_{рент}$ ), м	$\geq 4$ м	Экспертная оценка минимальной рентабельной добычи нефти на 1 скважину: $Q_{изв}$ на 1 скв =
2.7. Газонасыщенная толщина ( $h_{гн}$ ), м	$h_{гн} < 30$ м – газовый пласт малой толщины	Расчетная формула: $Q_{изв}$ на 1 скв = $S \cdot K_{пор} \cdot K_{нн} \cdot (R_{нач} \cdot a_{нач} - R_{кон} \cdot a_{кон}) \cdot h_{гн}$ , где $S$ – плотность сетки скважин
	$h_{гн} > 100$ м – газовый пласт большой мощности (толщины)	
2.8. Рентабельная газонасыщенная толщина ( $h_{рент}$ ), м	$\approx 10-20$ м	Экспертная оценка минимальной рентабельной добычи газа на 1 скважину: $Q_{изв}$ на 1 скв = 1
2.9. Коэффициент песчаности ( $K_{песч}$ ), д. ед.	$K_{песч} > 0,6$ – ГСК (гидродинамически связный коллектор)	Высокие коллекторские свойства, больших проблем с выработкой нет Низкие коллекторские свойства, существуют проблемы с выработкой запасов: низкий коэффициент охвата, КИН
	$0,3 - 0,6$ – СПК (слабо прерывистый коллектор)	
	$< 0,3$ – СПК (сильно прерывистый коллектор)	
2.10. Коэффициент расчлененности ( $K_r$ )	$K_r \leq 2$ низкое значение	удовлетворительно
	$K_r \geq 5$ высокая расчлененность	неудовлетворительно
2.11. Коэффициент макронеоднородности ( $K_{мн} = K_r/h_{нн}$ ), 1/м (1/ $K_{мн}$ - толщина единичного пропластка, м)	$K_{мн} < 0,25$ или толщина пропластка $> 4$ м (хорошее качество)	Монолитный пласт с высокими коллекторскими свойствами (ГСК) (обычно $K_{песч} \geq 0,6$ )
	$K_{мн} > 1,0$ или толщина пропластка $\leq 1$ м (плохое качество)	Расчлененный пласт с низкими коллекторскими свойствами; (как правило $K_{песч} \leq 0,3$ )
2.12. Коэффициент остаточной нефтенасыщенности ( $K_{он}$ ), д. ед.	Для $K_{пр} \geq 50$ мД $K_{он} = 0,2 - 0,25$ д. ед.	$K_{выт} \geq 0,6$ , $K_{он} \leq 0,25$ д. ед. хорошие коллекторские свойств
	Для $K_{пр} \geq 10-50$ мД $K_{он} = 0,25-0,30$ д. ед.	$K_{выт} \leq 0,5$ , $K_{он} \geq 0,30$ д. ед. ухудшенные коллекторские свойства
	Для $K_{пр} < 10$ мД $K_{он} = 0,3-0,35$ д. ед.	

1	2	3
2.13. Коэффициент вытеснения (Квыт), д. ед.		Квыт<0.40 низкий коэффициент вытеснения Квыт>0.60 высокий коэффициент вытеснения
2.14. Гидропроводность, (мкм <sup>2</sup> ·м/сПз)	<0.1 (мкм <sup>2</sup> ·м/сПз) низкие коллекторские свойства	
	>1.0 (мкм <sup>2</sup> ·м/сПз) высокие коллекторские свойства	
R-радиус дренирования, м	Используется в формуле: $R=1,5\theta \cdot t$  для оценки зоны дренирования.	Временной период t принимается равным одному году (365 дней)
2.15. Пьезопроводность, (м <sup>2</sup> /с);	$\alpha < 0.01$ (м <sup>2</sup> /с) низкие коллекторские свойства	R<600м/год или 2_м/сут R>2000м/год или 5_м/сут
	$\alpha > 0.1$ (м <sup>2</sup> /с) высокие коллекторские свойства	
2.16. Пластовое давление начальное, МПа	Если $R_{пл} \approx 0,1 \cdot L$ , то давление гидростатическое ( $R_{гстат}$ )	Вскрытие осуществляется на растворе глушения 1.10-1.15
	Если $R_{пл} \geq 1,3 \cdot R_{гстат}$ , то АВПД (аномально высокое пластовое давление)	Минус: проблемы при вскрытии и освоении пласта (требуются тяжелые растворы глушения плотности 1.3-1.5, что ведет к ольматации пласта Плюс: продолжительная фонтанная добыча
	Если $R_{пл} < 0,7 \cdot R_{гстат}$ , то АНПД (аномально низкое пластовое давление)	Минус: проблемы при вскрытии и освоении пласта (поглощение раствора глушения, ольматации Минус: <del>отсутствует</del> период фонтанной добычи, требуется переход на мех. добычу и формирование
<b>3. Физико-химические свойства нефти, газа и воды ППД</b>		
3.1. Содержание парафинов, %	> 6 % - высокопарафиновая нефть 1,5-6 % - парафининовая нефть <1,5 % - малопарафиновая нефть	Возможно образование АСПО в интервале многолетнемерзлых пород (ММП), что потребует периодического скребкования, промывки
3.2. Содержание смол, %	> 5 % - смолистые > 15 % - высокосмолистые	Входящая нефть с АСПО и д. увеличивает негативные последствия
3.3. Объемный коэффициент нефти,	$b_n = 1 + 0.00305 \cdot \Gamma_f$	Например, при $\Gamma_f = 100$ м/т, $b_n = 1.305$ , при $\Gamma_f = 330$ м/т,

д. ед.		$b_n = 2.0$ , т.е. объем нефти в пластовых условиях удваивается
1	2	3
3.4. Пересчетный коэффициент нефти,	$\Theta = 1/b_n$	Является подсчетным параметром
д.ед.	$< 50 \text{ м}^3/\text{т}$ – низкий	Плюс: насосное оборудование нефтяных скважин работает без осложнений до $P_u$ 1-2 МПа
3.7. Газовый фактор (Гф), $\text{м}^3/\text{т}$	100-200 $\text{м}^3/\text{т}$ - средний	Плюс: продолжительный фонтанный период Минус: гидратообразование Минус: требуется использование азотсодержащих ингибиторов Минус: разрастворение нефти ведет к снижению дебитов нефти
	$> 300$ – высокий. Требуется уточнение фазового состояния и типа залежи (возможна залежь нефтегазовая и произошел прорыв газа)	Минус: возможно образование техногенной газовой шапки Минус: вероятно гидратообразование Плюс: способ эксплуатации – плунжер-лифт, фонтанный Плюс: возможен переход на режим растворенного газа, режим газовой шапки
3.5. Объемный коэффициент газа, д. ед.	$V_g = \frac{P_0}{T_0} \cdot \frac{T \cdot Z}{P}$ $= 0,000375 \cdot T/P$	Примеры. Для пласта ПК - $V_g=0,015$ д.ед. Для пласта Ю - $V_g=0,005$
3.6. Коэффициент сверхсжимаемости газа [174]	$\Phi - \text{ла}$ <i>Где <math>T_{пр} = T/T_{нкр}</math>, <math>P_{пр} = P/P_{нкр}</math> – приведенная температура и</i>	для пластов ПК: $Z = 0,84 - 1,0$ для пластов Ю: $Z = 0,9 - 1,1$
поправка на отклонение газа от закона Бойля - Мариотта	двление; $\alpha = 1/Z$	Подсчетный параметр
поправка на температуру для приведения объема к стандартным условиям	$f = T_{ст}/T_{пл}$	Подсчетный параметр
3.8. Плотность газа в	$\rho_{г. пл.} = \rho_{г}/V_g$	Пример для ПК: $\rho_{г. пл.} =$

пластовых условиях ( $\rho$ ), кг/м <sup>3</sup>		0,5/0,015 $\approx$ 35 кг/м <sup>3</sup> Ю: рг. пл. = 1,2/0,005 $\approx$ 240 кг/м <sup>3</sup>
---	--	---

1	2	3	
3.9. Давление насыщения (Рнас), МПа	$R_{нас} = 0,107 \cdot \Gamma_{\phi} + 0,916$	Минус: если $R_{нас} \approx R_{пл}$ возможно разгазирование нефти и быстрый рост газового фактора Плюс: фонтанирование скважины за счет разгазирования нефти Плюс: если $R_{нас} < R_{пл}$ поддерживаются рабочие депрессии без разгазирования нефти	
3.10. Плотность нефти (рн), т/м3	$\rho_n < 0,78 - 0,8$ – конденсат $0,8 - 0,86$ – легкая нефть $0,86 - 0,899$ – нефть средней плотности		
	0,90-1.0 – тяжелая нефть	Как правило, тяжелая нефть – высоковязкая (в пластах ПК Русского, Сев.-Комсомольского и Ван-Еганского м-ний находится нефть $\mu_n \approx 200-400$ сПз)	
	$\geq 1.0$ битумы		
3.11. Плотность пластовой нефти (рн.пл), т/м3		Если $\rho_n = 800 \text{ кг/м}^3$ , $\Gamma_{\phi} = 300 \text{ м}^3/\text{т}$ , то $\rho_n. \text{пл} = 550 \text{ кг/м}^3$ ; если $\rho_n = 850 \text{ кг/м}^3$ , $\Gamma_{\phi} = 100 \text{ м}^3/\text{т}$ , то $\rho_n. \text{пл} = 730 \text{ кг/м}^3$ ; если $\rho_n = 900 \text{ кг/м}^3$ , $\Gamma_{\phi} = 30 \text{ м}^3/\text{т}$ , то $\rho_n. \text{пл} = 860 \text{ кг/м}^3$	
Вязкость нефти, сПз (мПа•с)		$\mu_n < 10$ сПз – маловязкая $\mu_n = 10 \div 50$ сПз – средней вязкости $\mu_n > 50$ сПз – высоковязкая	
3.12. Закачиваемая вода	Пресная вода	мин ус	Ведет к солеотложениям, образованию сульфатовосстановли
	Сеноманская вода	плюс	ва Совместим с пластовой, но необходимо бурение сеноманских
	Подтоварная вода	плюс	Совместима с пластовой
		мин ус	требуется подготовка
3.13. Плотность воды (рв), г/л	$\rho_{в. \text{пл}} = 1000 + 0,7 \cdot C$ , где C – ми-		

	нерализация пластовой воды (г/л)	
--	----------------------------------	--

1	2	3		
3.14. Вязкость пластовой воды, сПз	$\mu_{в} = \frac{0.183}{(1 + 0.0337 \cdot t + 0.000221 \cdot t^2)}$ формула Пуазейля, t-град., С	200 С – 1,0 300 С – 0,803 400 С – 0,655	600 С – 0,470 700 С – 0,407 800 С – 0,357	900 С – 0,317 1000 С – 0,284 1500 С – 0,170
3.15. Пластовая температура (tпл), оС	tпл ≈ 0,03·h, где h-глубина (для отложений Западной Сибири)	Пласты ПК залегают на глубине 1000 м, tпл ≈ 330 С Пласты Ю залегают на глубине 3000 м, tпл ≈ 900 С		
3.16. Плотность воздуха (ρв), кг/м3	1,293 кг/м <sup>3</sup> при стандартных условиях (P = 0,1МПа, T = 200 С или 2930 К)			
3.17. Плотность газа при стандартных условиях (ρг), кг/м3	Плотность природных газов изменяется в пределах 0,5-2,0 кг/м3 в зависимости от состава	ρсН4 = 0,6687 (метан), ρс2Н6 = 1,264 (этан), ρс3Н8 = 1,872 (пропан), ρс4Н10 = 2,519 (бутан)		
3.18. Относительная плотность сухого газа (сеноманского), д. ед.	ρг.отн = ρг/ρвоздух: 0,5 – 0,6	ρсН4 = 0,544 (метан), ρс2Н6 = 1,038 (этан), ρс3Н8 = 1,554 (пропан), ρс4Н10 = 2,067 (бутан), ρс5Н12 = 2,490 (пентан)		
3.19. Относительная плотность газа газоконденсатной	ρг.отн = 0,6 – 1,0			
3.20. Относительная плотность нефтяного (растворенного) газа, д. ед.	ρг.отн = 0,9 – 1,2			
Вязкость газа, сПз	0.01-0.03 сПз	Вязкость газа в 50-200 раз меньше вязкости нефти		
3.21. Молекулярная масса газа, г/моль	M = ρ0 · 22,41, где ρ0 плотность газа при норм.условиях	Mметана = 16,043 (сухой газ), Mэтан=30.07, Mпропан=44.097, Mбутан=58.124		
3.22. Молярная масса нефти, г/моль	$M = 44,29 \frac{\rho_{н.ст.} + 0.00826}{1.02174 - \rho_{н.ст.}}$ (формула Крега)	$M_{с5Н12}$ пентан 72.151 (легкая нефть), $M_{с16Н34}$ парафин = 226.43		
		флюид	ρпл	M
		газ	< 0,250	< 20
		газоконденсат	0,225– 0,450	20–55
		легкая нефть	0,425– 0,650	55–80
		нефть	0,625– 0,900	75–275
тяжелая нефть	> 0,875	> 225		
3.23. Коэффициент сжимаемости (β), 10-3 1/МПа=1/ГПа	Нефти: βн ≈ 2–10 Воды: βв ≈ 0.25–0.45 Породы: βп ≈ 0.05			

1	2	3
3.24. Конденсатный фактор, г/м <sup>3</sup>	Кф < 50 г/м <sup>3</sup> сухие газы (доля C5+В менее 1 % мольного) Кф > 150 г/м <sup>3</sup> жирные газы	Гф > 20 000 м <sup>3</sup> /т Гф < 5000 м <sup>3</sup> /т

### Литература

1. Сергеева Е.А. Особенности разработки малых залежей на примере Крутовского месторождения / Е.А. Сергеева // Геология, геофизика и разработка Н и Г месторождений. – 2002. – № 8. – С. 70–74.

2. Иванов Е.Н., Кононов Ю.М., Мухамадиев Р.В. Разработка методики выбора методов увеличения нефтеотдачи на нефтяных месторождениях на основе геолого-физической информации // Увеличение нефтеотдачи – приоритетное направление воспроизводства запасов углеводородного сырья: Сбор. Трудов Междунар. научно-практ. конф. – 7–8 сентября 2011. – Казань, 2011. – С. 229–232.

3. Мулявин С.Ф. Научно-методическое обоснование разработки малых залежей нефти и газа / С.Ф. Мулявин, А.Н. Лапердин, А.В. Бяков и др. – Тюмень: Издательство «Недра», 2012. – 300 с.

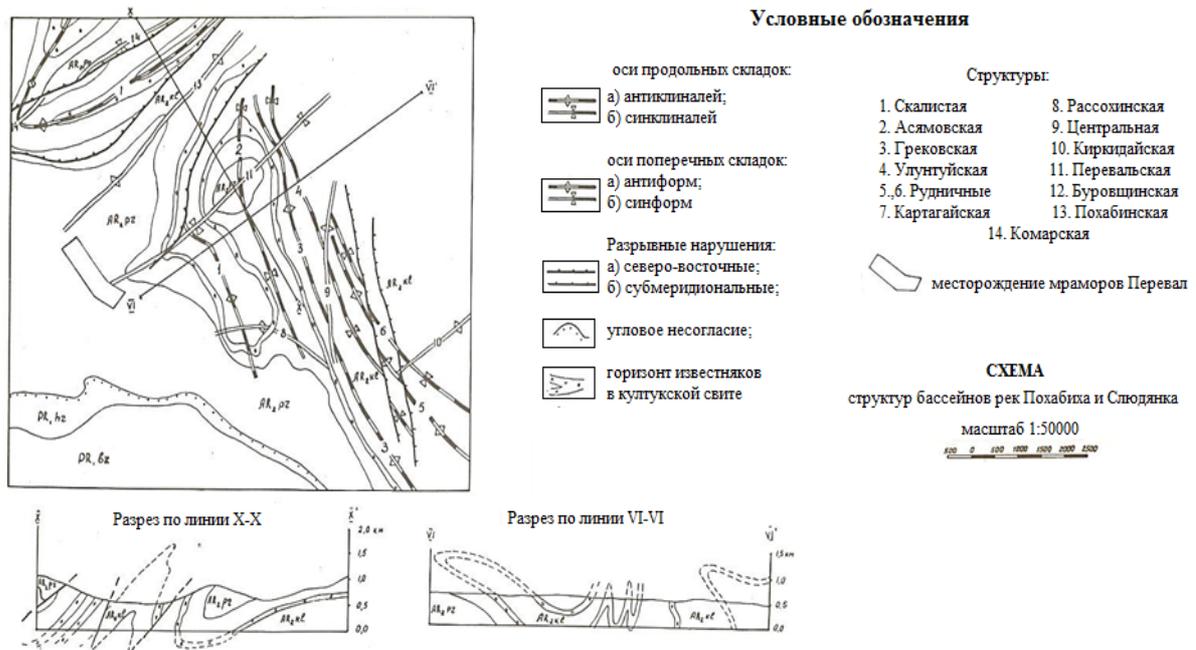
## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МРАМОРОВ «ПЕРЕВАЛ»

Волков А.С., студент гр. ПГ-14-2, рук. Егорова Н.Е., ст. преподаватель кафедры прикладной геологии, ИРНИТУ, Иркутск

Месторождение мраморов Перевал расположено у юго-западной оконечности оз. Байкал в Слюдянском районе Иркутской области. В орографическом отношении месторождение расположено в типично горной местности с резко расчлененным рельефом и приурочено к водоразделу рек Слюдянка и Пожанина. Мраморов Перевал расположено в области стыка Саяно-Байкальского складчатого пояса с южным выступом кристаллического фундамента Сибирской платформы. Такое положение района обуславливает его очень сложное геологическое строение, в котором принимают участие интенсивно диспозиционные разнообразные по составу породы архейской и протерозойской групп, а также кайнозойские отложения. Магматические породы в пределах месторождения имеют весьма ограниченное распространение и представлены нижнепротерозойскими комплексами сложенными диабазами и габбро-диабазами и гранит-пегматитами.

В структурном отношении район характеризуется сложной перекрестной складчатостью. Среди продольных складок выделяются Скалистая антиклиналь и сопряженная с ней Асямовская синклиналь.

Месторождение мраморов Перевал приурочено к юго-западному лежащему крылу Скалистой антиклинали (рис. 1).



**Рис. 1. Схема расположения месторождения [1]**

Разрывная тектоника в районе месторождения развита достаточно широко. По отношению к складчатости разрывные нарушения подразделяются на три группы:

- синскладчатые
- позднескладчатые
- постскладчатые.

В строении выделяются два структурных яруса:

- позднее-архейский – в строении которого принимают участие породы слюдянской серии ( $AR_2sl$ ). Имеет среднюю мощность 6300 м, из которых 61 % составляют мраморы, 16 % – роговообманково-пироксеновые кристаллосланцы, 16 % – биотитовые гнейсы, 7 % – кварц-диопсидовые породы, которые образуют закономерное ритмично-циклическое переслаивание [2]. По количественному соотношению в разрезе главных типов пород слюдянская серия разделена на две свиты (снизу): култукскую, карбонатно-алюмосиликатную, мощностью 2900 м, и перевальную, существенно карбонатную (3400 м) [2].

- ранее-протерозойский – в строении которого участвуют породы хангарульской серии ( $PR_1hn$ ). Из общей мощности разреза хангарульской серии (3900 м). Мраморы и гнейсы биотитовые представлены в основном теми же разновидностями, что и в слюдянской серии. Группа кристаллосланцев и гнейсов диопсидовых, характерная только для хангарульской серии, включает следующие разновидности: кристаллосланцы диопсидовые, гнейсы диопсидовые, кальцифиры диопсидовые. [2]

Нередко они содержат волластонит (до 40 %). В составе серии четко выделяются две свиты. Нижняя, харагольская, свита мощностью в среднем 1200 м на 75 % сложена кристалло-сланцами и гнейсами диопсидовыми; гнейсы биотитовые и мраморы составляют соответственно 10 и 15 %.

В составе безымянской свиты (мощность 2700 м) основную роль играют биотитовые гнейсы (74 %) и мраморы (25 %). В составе обеих свит присутствуют горизонты марганцевых пород мощностью от 5 до 12 м.

В основу классификации карбонатных пород месторождения «Перевал», по аналогии с принятой систематизацией для района, положено количественное содержание в них силикатных минералов. В целом на месторождении выделяются четыре группы пород:

1. Группа мраморов (содержание силикатов до 20 %).
2. Группа кальцифиров (содержание силикатов до 20–50 %).
3. Группа карбонатно-силикатных пород (содержание силикатов свыше 50 %).
4. Группа кристаллических сланцев.

**1. Группа мраморов** – породы этой группы представлены наиболее широко, составляя в среднем 85–90 % всей мощности разреза месторождения. В зависимости от соотношения содержания основных карбонатных минералов – кальцита и доломита, существуют как чисто кальцитовые и чисто доломитовые разновидности, так и мраморы смешанного состава с любыми соотношениями кальцита и доломита. Это определяет и значительную изменчивость химического состава мраморов.

Кроме кальцита и доломита в мраморах часто присутствуют форстерит – 0–20 %, диопсид – 0–20 %, кварц 0–15 %. Из акцессорных минералов отмечаются апатит, графит и титаномагнетит. Вторичные минералы – тремолит, серпентин, тальк.

Структуры мраморов мелко, средне, крупно, грубо и гигантозернистые. Часто породы неравнозернистые – в одном образце можно обнаружить сочетание двух или нескольких структур (рис.2).

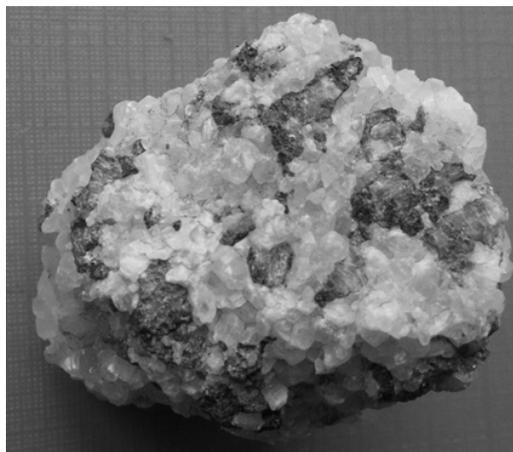


**Рис. 2. Мрамор кальцитовый. Сочетание гигантозернистой и среднезернистой структур**

**2. Группа кальцифиров** – породы этой группы развиты в пределах месторождения ограничено, составляя в среднем 7–8 % общей мощности разреза. Минеральный состав пород группы кальцифиров: кальцит – 5–75 %, форстерит – 5–20 %, диопсид 5–40 %. Также отмечаются апатит, серпентин, тальк, лейкоксен.

Цвет пород белый с голубоватым и сероватым оттенками. Структура мелко-среднезернистая, текстура массивная. По преобладанию силикатных минералов кальцифиры могут быть диопсидовыми, форстеритовыми, диопсидофорстеритовыми. (рис. 3).

Рис. 3. Кальцифир



**3. Группа карбонатных - силикатных пород** – породы этой группы в пределах месторождения развиты тоже ограниченно. Для пород этой группы характерны различия минерального состава пород, участвующих в строении пород. В эту группу относятся породы, в состав которых входят в качестве породообразующих минералов кварц, диопсид и кальцит. По преобладанию этих минералов выделяются следующие разновидности карбонатно-силикатных пород: кварц-кальцитовые (рис. 4), кальцитово-диопсидовые, кварц-диопсидовые (рис. 5), кварц-кальцит-диопсидовые и т. п. Минеральный состав: кальцит – 0–50 %, диопсид – 0–90 %, кварц – 0–50 %, вторичные (тремолит – 0–5 %, пелитоморфный агрегат доломита и талька, серпентин, акцессорные – апатит, рудный). Содержание апатита иногда достигает 5–10 %.



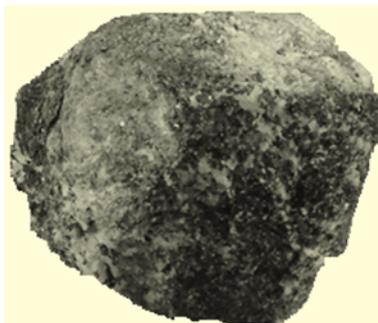
Рис. 4. Кварц-кальцитовая порода



Рис. 5. Кварц-диопсидовая порода

**4. Группа кристаллических сланцев** – представлена амфиболово-пироксеновыми кристаллосланцами (рис. 6). Эти породы, в отличие от остальных метаморфических пород месторождения, практически не содержат карбонатов. В пределах месторождения породы этой группы развиты очень ограниченно. Макроскопически, кристаллосланцы – это породы серого или темно-серого цвета, среднезернистые с полосчатой или сланцеватой текстурой. Минер-

ралогический состав: Плагноклаз-андезин 40–70 %, роговая обманка 10–20 %, диопсид-геденбергит 20–30 %, кальцит, биотит, скаполит; акцессорные – сфен, рудный, апатит, циркон.



**Рис. 6. Амфиболово-пироксеновый сланец**

### **Генезис месторождения**

Геолого-литологические особенности пород, и характерные для них минеральные ассоциации, свидетельствуют об осадочно-метаморфическом генезисе месторождения.

Огромное значение в формировании месторождения играли факторы глубокого регионального метаморфизма, приведшие к полной перекристаллизации пород. Кроме прогрессивного регионального метаморфизма, на месторождении проявлены и ретроградные метаморфические процессы: тремолитизация, серпентизация и окварцевание. [1]

#### **Библиографический список**

1. Н.С. Круцко, И.И. Блинников. Отчет о доразведке и пересчете запасов мраморов месторождения Перевал по работам 1974–1978 гг.; Иркутск, 1980 г. – 184 с. [1].
2. Шафеев А.А. Докембрий Юго-Западного Прибайкалья и Хамар-Дабана. – М.: Наука, 1970. – 179 с.

УДК 644.122.2

### **О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ ОБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИРКУТСКОГО БАССЕЙНА**

Байгерова В.А., Рапацкая Л.А., ИРНИТУ, г. Иркутск

Иркутский угольный бассейн расположен в Иркутской области. Это обширная площадь развития угленосных отложений с пластами ископаемого угля, протягивается на 500 км вдоль северо-восточного склона Восточного Саяна от города Нижнеудинска до озера Байкал (рис. 1). Средняя ширина 80 км, площадь 42,7 тыс. км<sup>2</sup>. В районе Иркутска угольный бассейн разделяется на две ветви: северо-восточную Прибайкальскую и юго-восточную Присяянскую, представляющую собой наиболее населённую и освоенную в экономическом отношении территорию Иркутской области. Угли на территории Иркутского угольного бассейна выявлены в конце 18 века. Промышленное освоение началось с 1896г. (Черемховские угольные копи). Разведанные запасы углей бассей-

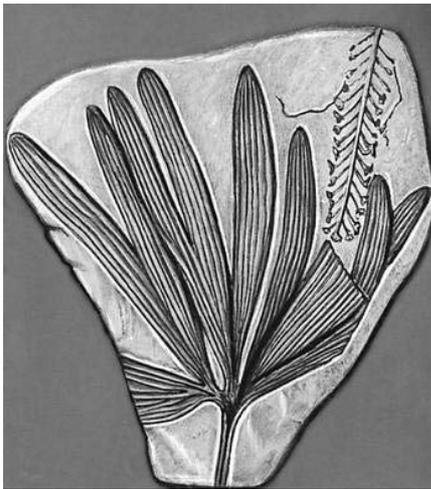
на 7,5 млрд т, предварительно оценённые – 9 млрд т, в том числе каменных соответственно 5,2 и 8,5, бурых – 2,3 и 0,5 (1984). В бассейне выделено 16 угленосных районов, разведано 20 крупных угольных месторождений, в том числе каменноугольные (Черемховское, Вознесенское, Новометёлкинское, Каранцайское, Ишидейское), буроугольные (Азейское Мугунское) [1]. [2].



**Рис. 1. Обзорная карта месторождений Иркутского угольного бассейна:**

1 – границы субъектов РФ; 2 – контуры угольных бассейнов; 3 – угольные бассейны и угленосные площади; 4 – основные угольные месторождения и районы [2]

В структурном отношении бассейн связан с асимметричным Предсаянским прогибом и представляет собой крупную синеклизу юго-восточного простирания, погружающуюся в юго-западном направлении и осложнённую локальными поднятиями (валами). Залегание пород на северо-восточном крыле синеклизы пологое ( $4-5^\circ$ ), на юго-восточном – нарушенное (до  $25^\circ$ ). Угленосность связана с юрскими отложениями, залегающими в широких пологих впадинах домезозойских пород. Мощность их нарастает в юго-западном направлении от 75 до 750 м. Они сложены песчано-глинистыми слабо- и средне-литифицированными осадками озёрно-болотного и аллювиального генезиса [1]. В отложениях черемховской свиты содержится от 1–2 – Черемховское (рис. 8) Азейское (рис. 4) до 25, Новометёлкинское месторождение (рис. 7) пластов угля мощностью от 1 до 10 м (в зонах слияния до 19 м). Строение пластов сложное, залегание нарушено мелкоамплитудными разрывами и карстовыми процессами [3]. В юрских песчаниках часто встречаются растительные отпечатки (рис. 2). Угли бассейна в основном гумусовые (87 %), частично гумусово-сапропелевые и сапропелевые. Степень их метаморфизма нарастает с северо-запада на юго-восток. Угли средне- и повышенно-зольные (19–30 %), мало- и высокосернистые (Новометёлкинское, Каранцайское месторождения до 5,5 %), характерен повышенный выход смол полукоксования. Угли используются в основном в энергетических целях, частично для полукоксования и газификации [2].

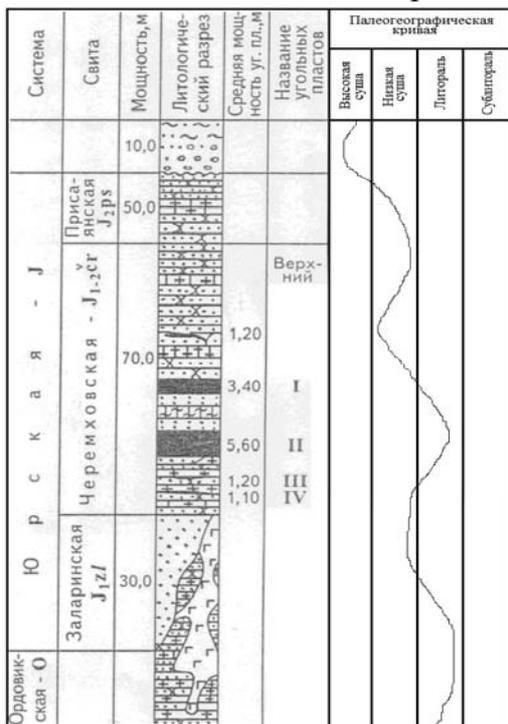


**Рис. 2. Отпечатки листьев: Ginkgo sibirica в отложениях юры Иркутского бассейна**



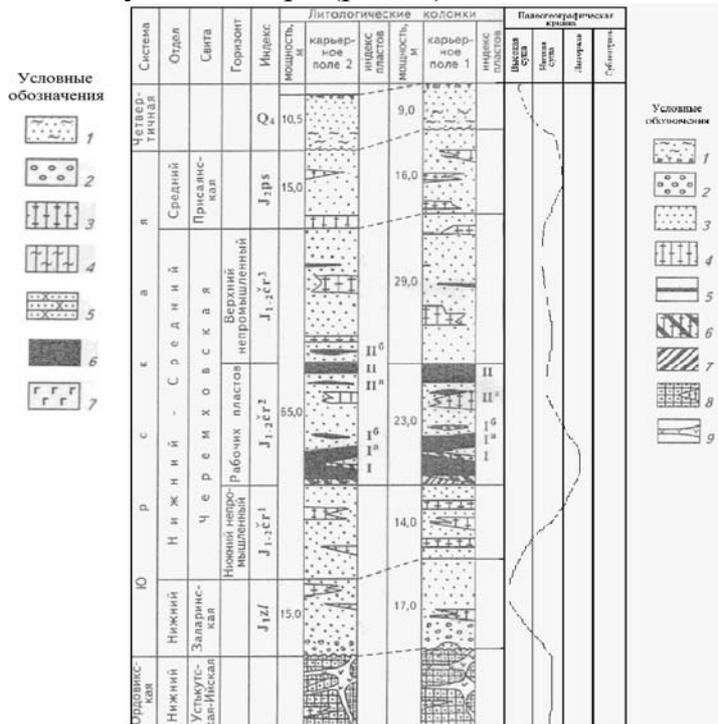
**Рис. 3. Азейский угольный разрез**

Геологические особенности угольных месторождений исключительно благоприятны с точки зрения упрощения и удешевления горных работ. Они дают возможность быстро «садиться на пласт», вести добычу открытым карьерным способом, крупными наклонными шахтами, штольнями, чем обеспечивается довольно простая выдача угля на гора (рис. 3).



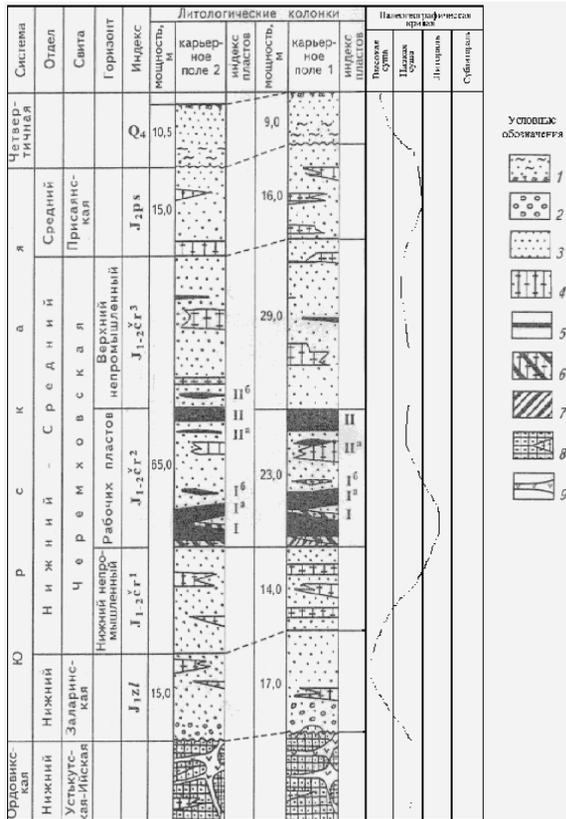
**Рис. 4. Литолого-стратиграфический разрез Азейского месторождения:**

- 1 – супесь, суглинки; 2 – галечник,
- 3 – алевролит, 4 – аргиллит, 5 – песчаник,
- 6 – уголь, 7 – траппы, 8 – уголь, 6 – углистые породы, 7 – сапропелевые породы [2]

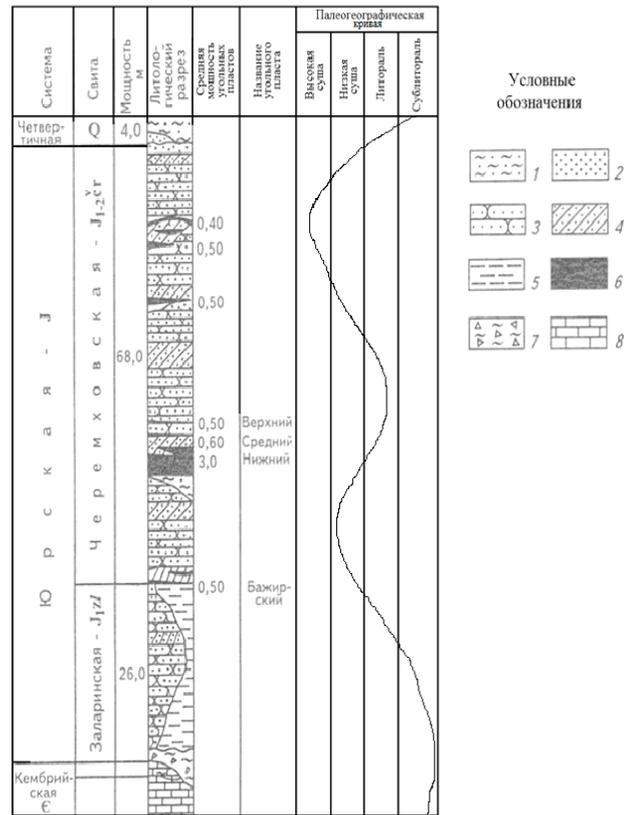


**Рис. 5. Литолого-стратиграфический разрез Мугунского месторождения:**

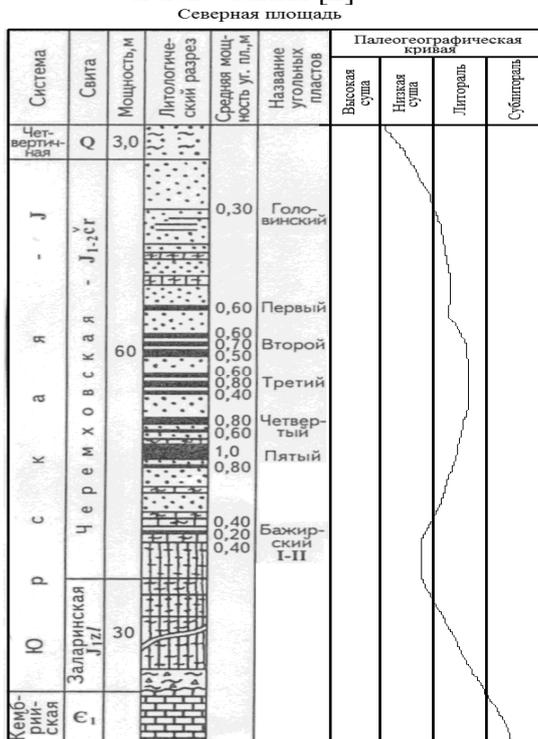
- 1 – четвертичные отложения, 2 – конгломераты, 3 – песчаник, 4 – алевролит
- 5 – уголь, 6 – углистые породы, 7 – сапропелевые породы, 8 – песчаники и алевролиты
- 9 – ордовика [2]



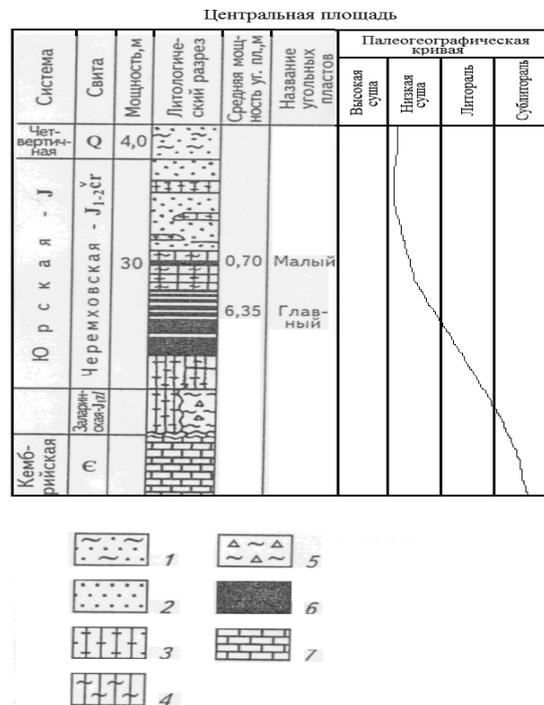
**Рис. 6. Литолого-стратиграфический разрез Головкинского месторождения:**  
 1 – глины и суглинки; 2 – песок;  
 3 – песчаник; 4 – алевролит; 5 – аргиллит;  
 6 – уголь; 7 – брекчия; 8 – доломиты  
 и известняки [2]

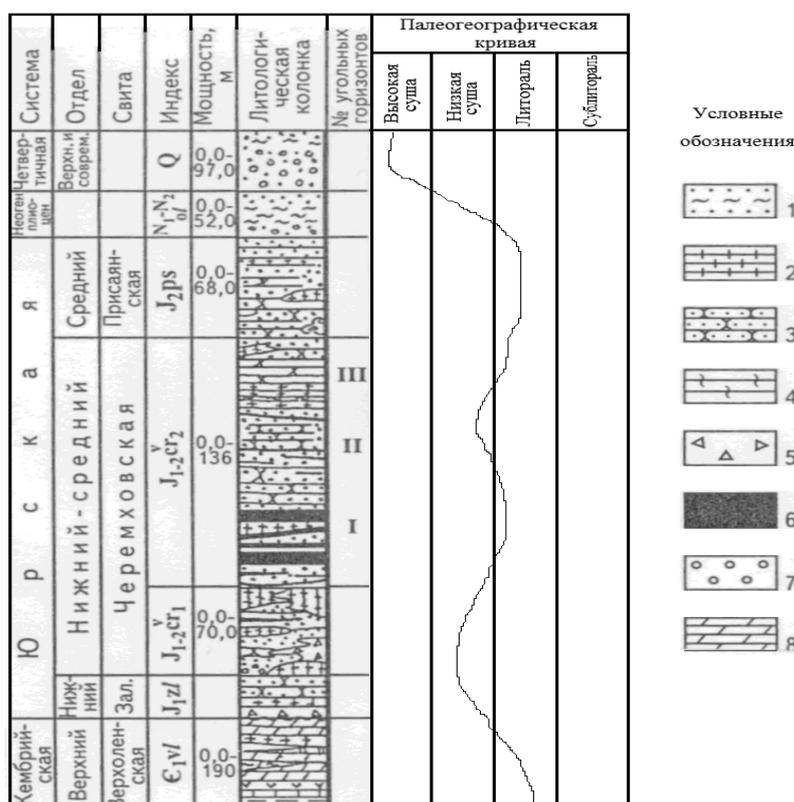


**Рис. 7. Литолого-стратиграфический разрез Метёлкинского месторождения:**  
 1 – песок, 2 – суглинок, 3 – песчаник,  
 4 – конгломераты, 5 – алевролит,  
 6 – аргиллит, 7 – уголь, 8 – доломит [2]



**Рис. 8. Литолого-стратиграфические разрезы Черемховского месторождения:**  
 1 – песок с прослоями глины, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты,  
 5 – брекчия с глиной, 6 – уголь, 7 – известняки [2]





**Рис. 9. Литолого-стратиграфический разрез Вознесенского месторождения:**

- 1 – песок с прослоями глины, 2 – алевролит, 3 – песчаник, 4 – аргиллит,  
5 – брекчия, 6 – уголь, 7 – конгломерат, 8 – мергели [2]

Анализ литологического состава, порядок чередования пород в разрезах месторождений и характер палеогеографических кривых позволяет сделать следующие выводы.

1. Большая часть литолого-стратиграфических разрезов угленосной юры (рис. 4–9) Иркутского бассейна сложена терригенными породами: конгломератами, песчаниками, алевролитами, с прослоями аргиллитов, мергелей, глин (до 15–20 м) и очень редкими прослоями доломитов (10–12 м).

2. Характер приведённых разрезов свидетельствует об образовании осадков в зоне прибрежного мелководья, в условиях незначительно меняющегося знака колебательных движений, вызывающего смену режима прибрежного мелководья на режим низменной заболоченной равнины с обильным накоплением растительных осадков.

3. Это подтверждается и палеогеографическими кривыми, построенными по нескольким месторождениям: кривые изменяются плавно, в основном соответствуя областям низкой суши, с редким попаданием в области высокой суши, литорали и сублиторали.

Литература:

1. Деев Ю.П. Стратиграфический разрез юрских отложений Иркутского угленосного бассейна // Труды Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Сибири, 1956. – Л.: Гостоптехиздат, 1957. – С. 41–51.

2. Матвеев А.К. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР, т. 8, М., 1964; Иркутско-Черемховский промышленный район (Вопросы географического изучения территории), Иркутск, 1969.

3. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири Том III. М., ООО «Геоинформцентр», 2002, 488 с.

УДК 549:291

## ЧЕРНЫЙ ЯНТАРЬ СИБИРИ

Русяйкин Д.Д., Рапацкая Л.А., ИРНИТУ, г. Иркутск

Гагат это очень интересный поделочный камень, достаточно широко распространённый в угольных месторождениях. На территории Прибайкалья выявлены и разведаны более 40 наименований полезных ископаемых. Есть среди этого богатейшего многообразия оригинальный поделочный камень, напоминающий своими свойствами черный янтарь – это гагат. Он стоит обособленно от остальных самоцветов и так же, как и жемчуг, янтарь и кораллы, является органогенным образованием.

Название камня, по одной версии, происходит от древнегреческого слова, обозначающего гагский (от собственного имени реки в Лидии), по другой версии, от греческого «черный янтарь». Именно так называли гагат, отмечая некоторое сходство со свойствами янтаря.

Добывают гагат на многих месторождениях бурых углей. Его добычу ведут во Франции, Испании, Германии, США. Очень хороши камни Индии, Китая, Вьетнама и Кавказа. Есть гагат и на Украине в Крыму, в Бахчисарайском районе сохранились древние угольные копи. В России самое продуктивное месторождение находится в Прибайкалье (рис. 1).

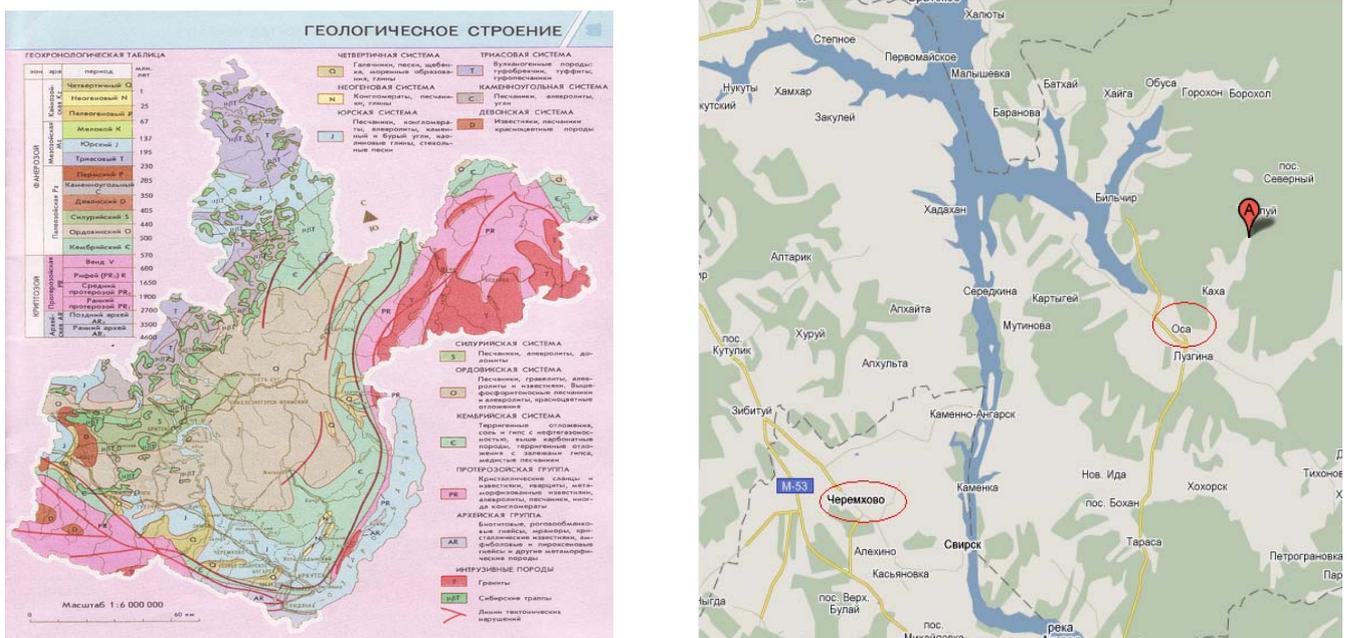


Рис. 1. Карта Осинского района Иркутской области [1]

Владимиром Обручевым в геологическом журнале «Месторождения бурого угля в Иркутской губернии» (Известия геологического журнала, т. IV, ч. 12, 1891) приведено описание 76 выходов проявлений бурого угля, из которых (судя по геологическому описанию) в двух случаях задокументированы проявления гагата («сибирского гагата»), по р. Осе и по правому берегу р. Ангары около д. Евсеевой. По сообщению А. Смирнова «гагат считается визитной карточкой Сибири», потому что именно в Иркутской области находится одно из самых крупных в мире месторождений, в пади Русский Матаган Осинского района [2].

Сразу после добычи сибирский гагат легко обрабатывается топором; он еще очень мягкий, имеет раковистый излом. На воздухе становится твердым, и топор перестает его брать, хорошо пилится круглыми пилами, проволокой и лентой, обрабатывается алмазными и другими абразивными кругами.



**Рис. 2. Изделия из гагата**

Шлифуется и полируется гагат мокрой пастой, сначала пемзовой, а потом обычной полировальной. Сибирский гагат долго сохраняет полировку. Если нагреть его до 200 °С, он становится мягче, а при 400 °С пластифицируется. В быту гагат использовали с глубокой древности, этот поделочный камень известен с неолита, это один из наиболее древних поделочных камней. В мусульманских странах из него вырезали четки, в Западной Европе – крестики, иконки, распятия, четки (см. рис. 2).

На протяжении всего XIX века велись споры о происхождении гагата, которое объясняется разными теориями. Согласно одной из них, гагат – битуминозная смола, по другой – ископаемая древесина; компромиссный вариант был предложен в 1892 г.: гагат представляет собой псевдоморфное замещение древесины битумом. Исследование гагата под электронным микроскопом ясно показало его лигнитовую природу: отчетливо видны трахеи и спиральная структура первичных целлюлозных волокон [2].

К особенностям происхождения гагата относят то, что образуется он в виде тонких прослоек и в пластах угля, и в глинистых породах. Иногда находят фрагменты и даже целые стволы деревьев, сохранившие свою исходную структуру, но полностью превратившиеся в гагат.

Изучение нашего сибирского гагата, проведенное М.Д. Залесским, показало, что в его составе преобладает аморфная бурая битуминозная масса, в которой много округлых частиц размером 0,014 мм, покрытых бурой корочкой остатков сине-зеленых водорослей. В некоторых образцах они сплюснены и вы-

тянуты. Такой необычный состав сибирского гагата вызвал большую дискуссию. Ю.А. Жемчужников писал, что все известные гагаты представляют собой типичный уголь с явно различимыми растительными остатками. Поэтому он считал неправильным называть этот сибирский материал гагатом. Однако довод, что сибирский гагат прекрасно обрабатывается, и решил исход спора.

Гагат хорошо полирующаяся, достаточно мягкая, плотная и вязкая разновидность бурого угля, изредка с включениями кристалликов пирита. Цвет: черный, буровато-черный; степень прозрачности: непрозрачный. Твердость по шкале Мооса 2,5–3,5. Излом раковистый, плотность камня составляет 1,3–1,4 г/см<sup>3</sup>, характерен сильный матовый, на полированных поверхностях – смолянистый блеск. К недостаткам этого поделочного камня следует отнести его мягкость и мрачноватость, боязнь резкой смены температур, от чего он растрескивается, и беззащитность перед огнем. Горит гагат коптящим пламенем. Различают две разновидности гагата, но впадают при этом в заблуждение, называя их соответственно твердым и мягким гагатом. Мягкий гагат хрупкий и не выдерживает резких изменений температуры. Вскоре после обработки такой гагат растрескивается и расщепляется. Твердый и мягкий гагат на первый взгляд неразличимы. Это обстоятельство нередко приводит к большому разочарованию: украшения, изготовленные из мягкого гагата, со временем растрескиваются. Есть предположение, что мягкий гагат образовывался в пресной воде, формирование твердого гагата происходило в морской воде.

В природе существуют две формы гагата, известные как пластинчатая и округлая. Извлеченный из шахты гагат сохраняет синевато-серую пленку, называемую шпатом, которую необходимо удалить перед обработкой. Шпат тонким слоем покрывает образец, и в нем часто наблюдаются ископаемые остатки. Гагат, встречающийся на морском берегу, известен как «гагат, вымытый морем». Под действием морских волн с него удаляется поверхностная пленка и наружный слой подвергается грубой полировке. Острые углы при этом сглаживаются, и куски гагата обретают округлые очертания. Однако гагат не обкатывается волнами подобно тяжелой гальке, встречающейся на побережье. Гагат обладает рядом лечебных свойств. Особую известность получил наш сибирский гагат. [3] Он и сейчас широко используется среди мастеров, так как это достаточно легкий в обработке камень, для этой цели даже можно использовать инструменты для работы по дереву. В XX веке сибирский гагат широко использовался для различных промышленных изделий: изоляционных досок, подшипников, письменных приборов, курительных трубок и др. В настоящее время его используют для изготовления наглазников для биноклей и различных украшений. Несмотря на то, что гагат всегда считался самым дешевым из поделочных камней, изделиям из него придает ценность не столько сам материал, сколько труд, который в него вложен и талант мастера.

#### Литература:

1. Атлас. Иркутская область. – Новосибирск: Новосибирская картографическая фабрика Роскартографии, 2007.

2. Бояркин В.М. География Иркутской области: Учебное пособие для учащихся старших классов. – Иркутск: Восточно-Сибирская издательская компания, 2000. – 224 с.

3. Бранд Л. Чары камней. Лечебные и магические свойства камней и минералов. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 208 с.

УДК 550.42:552.312

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РУДОНОСНОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ И СВЯТОНОСИТОВ СЫННЫРСКОГО КОМПЛЕКСА**

Шульга В.В., Бикмулина К.В. ст. гр. ПГ-11-1

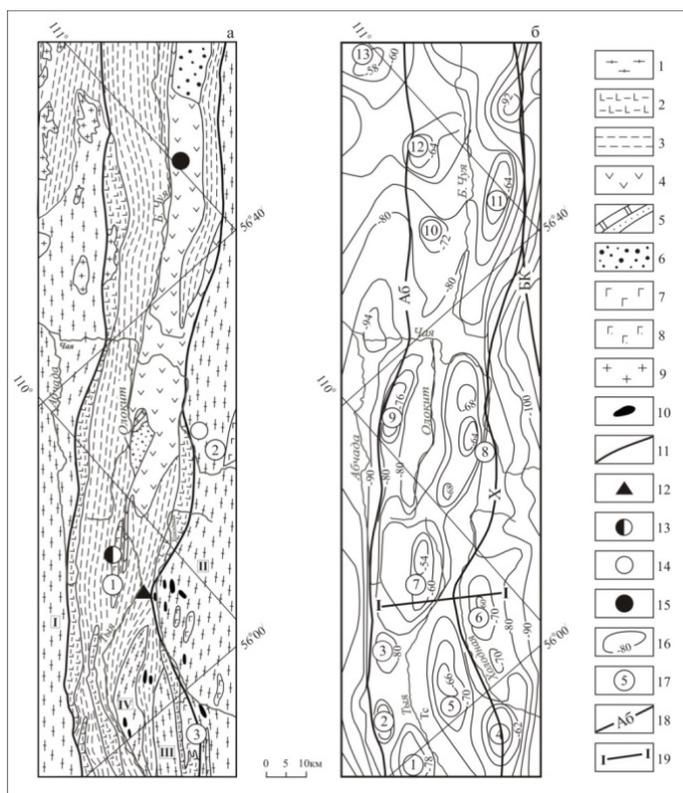
Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск

Северо-Байкальский рудный район (СБРР) охватывает северную часть Байкальской складчатой области.

В геологическом плане СБРР входит в состав складчатого обрамления юга Сибирской платформы и характеризуется исключительно сложным геологическим строением, обусловленным широким развитием глубокометаморфизованных осадочно-вулканогенных комплексов докембрия, подвергнутых интенсивной складчатости, образованием многочисленных разрывных нарушений и проявлением разнообразного магматизма.

**Олокитский рудный узел** контролируется Олокитским рифтогенным прогибом (рифтом), который по геологическому строению можно разделить на две части: собственно Олокитскую и Бодайбинскую. Олокитская часть рифта протягивается узкой полосой от северо-западного побережья оз. Байкал до устья р. Манюкан (левого притока р. Мама), протяженность ее 250 км (рис. 1, а). В северной части Олокитского рифта расположен наложенный на его структуры Сыннырский рифтогенный прогиб [1]. По протяженности (около 200 км) и по ширине (до 12–15 км) он меньше Олокитского рифта. В его основании залегают слабоизмененные массивные вулканогенные породы сыннырской и иняптукской свит: базальты, диабазы и пикрито-базальты, их туфы. Мощность 1500–2000 м. На водоразделе рек Олокит и Чая на вулканогенных образованиях сыннырской свиты с размывом залегают отложения противодаванской свиты. Общая мощность песчанисто-аргиллитово-доломитовой противодаванской свиты 700–750 м. Вулканиты Сыннырского рифта охарактеризованы следующими цифрами абсолютного возраста (U-Pb метод по циркону): калиевые риолиты, секущие базальты, – 711 млн лет, базальты – 729 млн лет [4], кварцевые порфиры – 729 млн лет [5]. Эти значения практически совпадают с возрастом кристаллизации никеленосного Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габбрового массива – 728,4±3,4 млн лет, установленным также по цирконам [5]. Полученные датировки для вулканитов и интрузивных пород довыренского комплекса свидетельствуют в пользу синхронности проявления иняптукско-сыннырской

фазы вулканизма и интрузивных процессов, которые сопровождали раскрытие Сыннырского рифта.



**Рис. 1. Схема геологического строения (а) и гравитационных полей (б) Олокинского рифта западной части Северо-Байкальского рудного района**

Рис. 1, а: 1 – раннедокембрийские комплексы; 2–3 – океаническая стадия эволюции рифта в первой половине позднего рифея: 2 – сланцево-метабазальтовые комплексы ранней стадии эволюции рифта, 3 – турбидитовые комплексы поздней стадии эволюции рифта; 4–6 – коллизонная стадия эволюции рифта во второй половине позднего рифея – комплексы Сыннырского рифта: 4 – базальтовый, 5 – терригенно-доломитовый, 6 – молассовый; 7–9 – интрузивные комплексы: 7 – дунит-перидотит-габбровый расслоенный, 8 – перидотит-габбровый, 9 – гранитоидный;

10 – протрузивные реститовые гипербазиты; 11 – разломы, ограничивающие рифты; 12–15 – месторождения: 12 – Холоднинское колчеданно-полиметаллическое, 13 – Йоко-Довыренское медно-никелево-платиновое, 14 – Чайское медно-никелевое, 15 – Нерундинское золоторудное.

Раннедокембрийские блоки (римские цифры): I – Мамско-Чуйский, II – Кичерский, III – Маректинский, IV – Унгдарский. Названия массивов магматических пород (цифры в кружках): 1 – Йоко-Довыренский, 2 – Чайский, 3 – Нюрундуканский.

Рис. 1, б: 16 – изолинии гравитационного поля в мГл; 17 – номера гравитационных максимумов (1 – Левоминьский, 2 – Унгдарский, 3 – Тыйский, 4 – Нюрундуканский, 5 – Тья-Холоднинский, 6 – Гасан-Дякитский, 7 – Йоко-Довыренский, 8 – Чайский, 9 – Абчадский, 10 – Безымянный, 11 – Левомамский, 12 – Большечуйский, 13 – Налимдинский); 18 – краевые разломы Олокинского рифтогенного прогиба (Аб – Абчадский, Х – Холоднинский, БК – Байкало-Конкудерский); 19 – линия разреза

По материалам предшественников создана база петрохимических данных щелочных сиенитов и святоноситов Сыннырского комплекса (табл. 1), которая и послужила основой для оценки их потенциальной рудоносности по методикам Караевой З.Г. и Пермякова Б.Н.

**Методика З.Г. Караевой** [2] разработана для оценки рудоносности гранитоидов. Она учитывает соотношения щелочных и щелочноземельных элементов, и предусматривает построение точечной диаграммы в координатах  $A=Na+K-Ca$  (ось абсцисс),  $B=(Na-Ca)/K$  (ось ординат), вычисленных в атомных количествах. На типовой диаграмме (рис. 2) эмпирическим путем выделяются 10 полей гранитоидов с разным типом минерализации (I–X), в зависимо-

сти от соотношения этих модулей:

Табл. 1

## Щелочные сиениты и святоноситы Сынырского комплекса

№ пп	№ проб	Содержание окислов									
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
196 - 1	4Кл	811,0	8,1	232,1	5,5	77,1		2,4	24,2	69,8	68,8
196 - 2	10Ах	924,0	14,3	155,6	32,0	32,2		4,4	17,6	58,8	57,7
196 - 3	6Ах	927,0	11,8	155,1	26,0	19,6		3,8	53,2	81,5	36,3
196 - 4	5Ах	929,0	8,0	180,9	19,2	39,2		2,4	32,5	77,0	30,7
196 - 5	9Ах	929,0	13,8	175,0	33,0	14,8		2,4	13,8	44,5	52,8
196 - 6	30Жд	934,0	14,5	153,0	34,0	30,0		4,0	26,4	51,6	64,0
196 - 7	4Ах	936,2	9,1	165,8	21,0	31,3		3,2	32,4	86,2	31,6
196 - 8	11Ах	943,8	14,4	151,8	33,0	30,2		3,6	16,2	44,1	69,0
196 - 9	90	948,2	10,3	157,4	22,0	41,0		2,7	41,6	94,6	31,3
196 - 10	3180	970,4	11,8	166,9	17,0	42,6		4,4	26,6	90,0	34,0
196 - 11	3027	980,4	6,0	160,3	24,1	17,2		3,2	12,2	105,3	23,6
196 - 12	65	983,2	4,6	182,1	9,0	33,2	54,3	1,5	10,0	48,8	28,2
196 - 13	84	990,4	5,4	160,7	17,5	29,4		2,1	7,6	78,4	30,5
196 - 14	66	991,9	5,4	170,4	15,9	28,9		0,9	7,6	65,6	36,5
196 - 15	93	996,3	4,7	173,2	12,0	35,5		2,1	7,4	60,9	30,6
196 - 16	63	996,4	5,9	175,0	16,0	29,4		2,4	4,8	63,0	33,0
196 - 17	29	997,4	16,0	150,2	23,2	33,8		1,5	25,6	60,0	44,6
196 - 18	3Ах	998,6	5,1	183,2	11,8	16,6	43,2	1,2	11,8	39,0	51,2
196 - 19	15Фд	1001,8	0,0	170,5	11,0	48,6		4,4	19,2	61,2	79,2
196 - 20	2Ах	1005,6	4,5	172,1	16,0	20,2		2,1	14,0	34,6	46,9
196 - 21	95	1012,0	4,6	195,2	11,0	28,8	54,7	1,5	6,2	44,9	38,0
196 - 22	68	1015,0	7,6	175,7	7,0	26,2	42,4	1,2	14,4	44,0	29,5
196 - 23	8Ах	1015,6	5,0	165,7	18,5	25,7		2,1	13,9	44,0	43,0
196 - 24	80	1015,6	11,4	172,1	16,0	20,2		2,1	14,0	44,0	46,9
196 - 25	7Ах	1021,2	4,1	162,7	19,0	19,6		0,9	11,2	44,0	45,7
196 - 26	58Вл	1031,3	7,4	174,0	12,0	25,6	53,2	0,0	20,9	44,0	31,2
196 - 27	5084	1032,2	4,4	193,9	7,0	15,2	32,0	1,8	13,6	44,0	45,0
196 - 28	1Ах	1051,7	4,0	185,1	13,0	26,2		1,2	2,4	44,0	52,3
196 - 29	14	1051,8	4,5	185,1	13,0	26,2		1,2	2,4	44,0	52,3
196 - 30	82	1051,9	0,8	189,1	3,0	11,3	17,8	0,3	1,6	44,0	41,6
196 - 31	60Вл	1059,8	5,0	196,1	9,0	17,9	38,0	1,5	16,6	44,0	41,9
196 - 32	56Вл	1097,0	5,0	166,2	9,0	22,0	0,3	15,8	59,0	44,0	54,4
196 - 33	55Вл	1132,2	3,5	171,0	8,2	11,6		5,6	44,0	44,0	53,0

I. Неизмененные щелочные породы – А=100-130, В=0,65–0,8.

II. Неизмененные монзониты и адамеллиты – А=130–165, В=0,35–0,7.

III. Неизмененные граниты А=165–190, В=0,65–0,8.

IV. Неизмененные аляскиты – А=200–220, В=0,7–0,9.

V. Измененные породы (с касситерит-сульфидной, молибденовой, вольфрамовой и полиметаллической минерализацией) – А>200, В=0,1–1,0.



Следовательно, эта методика недостаточно эффективна при оценке потенциальной рудоносности щелочных сиенитов и святоноситов и для полного ответа на этот вопрос требуется применение других методик, в частности методики *Б.Н. Пермякова*.

По *Б.Н. Пермякову* [3], потенциальная рудоносность гранитоидов может быть оценена с использованием петрохимических модулей кремнекислотности (*q*), известковистости (*c*), щелочности (*a*), железистости (*f*) и типа щелочности (*n*).

Эти модули отражают соотношения атомных количеств петрогенных элементов и определяются по формулам:  $q = [\text{Si} - (\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} + \sum \text{Fe})] / \text{Si}$ ;  $c = \text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Na} + \text{K})$ ;  $a = (\text{Na} + \text{K}) / \text{Al}$ ;  $f = \sum \text{Fe} / (\sum \text{Fe} + \text{Mg})$ ;  $n = \text{Na} / (\text{Na} + \text{K})$ .

Предельные величины этих модулей для рудоносных щелочных сиенитов Забайкалья приведены в табл. 2.

Табличная форма представления петрохимических модулей *Б.Н. Пермякова* не позволяет уловить закономерности в соотношениях разных категорий модулей для разных групп ассоциаций щелочных сиенитов и святоноситов.

Таблица 2

**Предельные величины петрохимических модулей рудоносности гранитоидов Забайкалья по *Б.Н. Пермякову* [3]**

Группы ассоциаций		Петрохимические модули				
Номер	Тип минерализации	q	c	a	f	n
I	Золото-полиметаллическая и полиметаллическая	0,49-0,55	0,235-0,25	0,72-0,75	0,32-0,53	0,59-0,76
		0,55-0,60	0,12-0,15	0,75-0,80	0,32-0,40	0,59-0,64
II	Золото-молибденовая	0,55-0,60	0,15-0,24	0,72-0,80	0,32-0,44	0,49-0,56
		0,60-0,65	0,15-0,18	0,72-0,85	0,32-0,52	0,63-0,66
III а	Молибденовая	0,65-0,70	0,14-0,20	0,72-0,80	0,57-0,62	0,535-0,61
		0,70-0,75	0,105-0,20	0,72-0,80	0,44-0,62	0,535-0,69
III б	Молибденовая	0,74-0,76	0,125-0,15	0,67-0,70	0,54-0,70	0,57-0,61
		0,76-0,785	0,105-0,15	0,67-0,78	0,54-0,70	0,57-0,61
IV	Молибден-вольфрамовая	0,74-0,76	0,01-0,07	0,90-1,01	0,70-0,825	0,52-0,61
V	Вольфрамовая и флюоритовая	0,74-0,76	0,07-0,09	0,81-0,90	0,825-0,92	0,46-0,50
		0,76-0,785	0,01-0,09	0,78-1,01	0,70-0,92	0,46-0,57
VI	Олово-вольфрамовая и щелочно-редкометалльная	0,785-0,805	0,02-0,08	0,75-1,00	0,59-0,97	0,49-0,61
VII	Ниобий-фтористая, вольфрам-ниобиевая и флюоритовая	0,805-0,803	0,01-0,08	0,75-0,91	0,74-0,93	0,46-0,61

Табл. 3

**Значения модулей Б. Н. Пермякова для щелочных сиенитов  
и святоноситов Сынныйского комплекса**

№ пробы	№ проб	Модули				
		q	c	a	f	n
196 - 1	4Кл	0,69	0,15	0,60	0,97	0,50
196 - 2	10Ах	0,78	0,13	0,75	0,94	0,50
196 - 3	6Ах	0,76	0,31	0,76	0,92	0,69
196 - 4	5Ах	0,78	0,23	0,60	0,96	0,71
196 - 5	9Ах	0,83	0,12	0,56	0,95	0,46
196 - 6	30Жд	0,78	0,19	0,76	0,94	0,45
196 - 7	4Ах	0,78	0,22	0,71	0,94	0,73
196 - 8	11Ах	0,79	0,13	0,75	0,95	0,39
196 - 9	90	0,75	0,25	0,80	0,96	0,75
196 - 10	3180	0,78	0,18	0,74	0,93	0,73
196 - 11	3027	0,81	0,09	0,80	0,93	0,82
196 - 12	65	0,87	0,11	0,42	0,97	0,63
196 - 13	84	0,83	0,07	0,68	0,96	0,72
196 - 14	66	0,84	0,07	0,60	0,98	0,64
196 - 15	93	0,85	0,07	0,53	0,96	0,67
196 - 16	63	0,85	0,05	0,55	0,95	0,66
196 - 17	29	0,81	0,20	0,70	0,97	0,57
196 - 18	3Ах	0,87	0,12	0,49	0,96	0,43
196 - 19	15Фд	0,78	0,12	0,82	0,93	0,44
196 - 20	2Ах	0,87	0,15	0,47	0,95	0,42
196 - 21	95	0,87	0,07	0,42	0,96	0,54
196 - 22	68	0,88	0,16	0,42	0,97	0,60
196 - 23	8Ах	0,86	0,14	0,53	0,95	0,51
196 - 24	80	0,86	0,13	0,53	0,95	0,48
196 - 25	7Ах	0,86	0,11	0,55	0,98	0,49
196 - 26	58Вл	0,87	0,22	0,43	1,00	0,59
196 - 27	5084	0,88	0,13	0,46	0,93	0,49
196 - 28	1Ах	0,87	0,02	0,52	0,97	0,46
196 - 29	14	0,87	0,02	0,52	0,97	0,46
196 - 30	82	0,90	0,02	0,45	0,98	0,51
196 - 31	60Вл	0,88	0,16	0,44	0,95	0,51
196 - 32	56Вл	0,81	0,37	0,59	0,66	0,45
196 - 33	55Вл	0,85	0,31	0,57	0,78	0,45

Таким образом, произведя корреляцию предельных величин петрохимических модулей рудоносности щелочных сиенитов и святоноситов Сынныйского комплекса, можно сказать, что преобладающим типом минерализации является молибден-вольфрамовая.

Для полноценной оценки рудоносности необходимо провести дальнейшее геологическое изучение данной территории, выявить закономерности размещения различных магматических комплексов.

Библиографический список

1. Гордиенко И.В., Булгатов А.Н., Нефедьев М.А., Орсов Д.А. «Геолого-геофизические, прогнозно-металлогенические исследования и перспективы освоения минеральных ресурсов северо-байкальского рудного района» // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. Т. 45. № 2. С. 5–18.
2. Караева З.Г. Петрохимические особенности рудоносности гранитоидов. – Докл. АН СССР, 1968, т. 179, № 6, с. 1436–1439.
3. Пермяков Б.Н. Петрохимические параметры как индикаторы потенциальной рудоносности магматитов // Металлогения и прогноз полезн. ископ. Мат-лы чтений памяти акад. С.С. Смирнова. – Чита: Изд-во Заб. фил. Географ. об-ва СССР, 1986. – С. 76–78.
4. Рыцк Е.Ю., Шалаев В.С., Ризванова Н.Г. и др. Олоkitская зона Байкальской складчатой области: новые изотопно-геохронологические и петрогеохимические данные // Геотектоника. 2002. № 1. С. 29–41.
5. Семенов М.И., Бахтин В.И., Шагжиев К.Ш. Геологоразведка и горная промышленность Бурятии: прошлое, настоящее и будущее. Улан-Удэ: Изд-во Бур.гос. ун-та, 2003. 272 с.

УДК 553.04

## **СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ: ГИГАНТСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИЛИ ГИГАНТСКАЯ ОПАСНОСТЬ?**

Шаракшинова А.К., студентка группы ПГ-13-1,

Иванова Р.Н., доцент, к. геол.-мин. наук,

Иркутский национальный исследовательский технический университет  
г. Иркутск

Сланцевый газ является разновидностью природного газа, который состоит преимущественно из метана, образовавшегося в недрах земли в результате процессов разложения органических веществ, который добывают глубоко под землей из материнской породы – горючих сланцев [1].

Интерес к вопросам добычи сланцевого газа обусловлен несколькими причинами. С точки зрения геологии это не традиционный вид углеводородного сырья, который нуждается в дальнейшем изучении, не смотря на то, что известен он уже достаточно давно.

Вторая группа причин – это чисто экономические. До сих пор однозначно не определено, может ли сланцевый газ действительно стать заменой традиционного углеводородного сырья, а его добыча прибыльной.

Третья группа – это многочисленные нежелательные сопутствующие и побочные эффекты сопровождающие разведку и добычу сланцевого газа.

История добычи сланцевого газа насчитывает почти 200 лет. Первая коммерческая газовая скважина в сланцевых пластах была пробурена в США в 1821 году В. Хартом вблизи Нью-Йорка [1].

Масштабное промышленное производство сланцевого газа началось только в 2000-х годах в США на месторождении Barnett Shale. Именно на этом месторождении позднее в 2002 г. впервые была опробована технология бурения горизонтальной скважины.

Начало так называемой «сланцевой революции» пришлось на 2005 году, когда Дик Чейни (являвшийся бывшим владельцем компании HalliburtonInc) и его команда сумели протолкнуть в Конгрессе США закон о выводе процесса геологической разведки из-под непосредственного надзора Агентства охраны окружающей среды США, осуществляемого в рамках Закона о безопасности питьевой воды [1, 2].

Таким образом, нефтяная и газовая промышленность США стали единственной индустрией, которая может закачивать под землю химикаты в непосредственной близости от источников питьевой воды.

Следующий шаг к буму произошёл в 2008 году, после начала мирового финансового кризиса и взлёту цен на энергоносители.

Наибольший расцвет всевозможных супер прогнозов и проектов приходится на 2009–2010 годы. Это было связано с тем, что компания HalliburtonInc соединила технологию горизонтального бурения и технологию гидравлического разрыва пласта, заключавшегося в закачивании химических веществ в скважину для проведения «гидроразрыва» сланцевой породы с целью извлечения из её пустот газа.

Благодаря резкому росту его добычи, названному в СМИ «газовой революцией», в 2009 году США стали мировым лидером добычи газа (745,3 млрд куб. м), причём более 40 % приходилось на нетрадиционные источники:

- ✓ метан из угольных пластов
- ✓ сланцевый газ.

Несмотря на то, что «сланцевая революция» была широко разрекламирована, результаты анализа информации показывают, что перспективы добычи не столь уж радужны. Так себестоимость добычи сланцевого газа составляет в США на 2012 год втрое больше, чем себестоимость традиционного российского газа. По данным ряда исследований [3], себестоимость сланцевого газа в США балансирует на отметке 8–9 долларов за тысячу кубических футов, в то время как стоимость газа на внутреннем рынке уже опустилась до 3,5 долларов за тысячу кубических футов. К тому же оказалось, что расчётные объёмы извлекаемых из скважин ископаемых обычно оказываются раза в два ниже

Это при том, что в Америке газоносные пласты залегают сравнительно неглубоко. По мнению экспертов, себестоимость добычи сланцевого газа в таких странах, как Украина, Польша и Китай, будет в несколько раз выше, чем в США [3]. Для экспорта же сланцевого газа в Европу из США потребуются затраты на сжижение и разжижение.

Для добычи сланцевого газа необходимо бурить гораздо больше скважин, так как срок их службы низок. Если просто принять, что буровые установки везде одинаковые, а месторождения всё-таки разные, то получается, что сейчас США и Канада тратят в три-четыре раза больше материальных ресурсов на каждый добытый баррель нефти или полученный кубометр газа. Со временем качество скважин и, соответственно, срок их эксплуатации падают ускоряющимися темпами.

Такую ситуацию норвежец Рун Ликверн назвал «бегом красной королевы»: когда чтобы остаться на месте требуются все большие усилия [3]. То есть, в США для поддержания объёма добычи на постоянном уровне требуется все больше скважин и установок.

Сейчас уже становится ясно, что данные о запасах сланцевого газа и нефти в США были завышены в несколько раз ради привлечения инвесторов.

Особенностью добычи сланцевого газа является то, что трубопроводы не имеет смысла, так как скважины слишком быстро вырабатывают свой ресурс. Поэтому для транспортировки газа используется автотранспорт, что удорожает добычу ещё сильнее.

По составу сланцевый газ имеет намного больше примесей, поэтому требуются дополнительные затраты на его очистку.

По оценкам ряда экспертов добыча сланцевого газа в США убыточна и дотируется государством [1, 3]. Несмотря на созданный якобы положительный имидж, технологии добычи в США оставляют желать лучшего.

Пока ещё рано судить о том, насколько большое влияние может оказать разработка сланцевых газа и нефти. По самым оптимистичным оценкам, она незначительно опустит цены на нефть и газ – до уровня нулевой рентабельности добычи сланцевого газа. По другим оценкам, держащаяся на дотациях разработка сланцевого газа скоро окончится совсем.

Неоднократно становилось известно о том, что запасы сланцевой нефти были серьёзно переоценены. Примером могут служить скандалы в Калифорнии, Техасе. Эти случаи могут вызвать массовую переоценку сланцевых запасов по всему миру. Снижение числа буровых установок в США осенью 2014 года связанное с общим снижением цен на нефть может свидетельствовать о начале схлопывания «сланцевого пузыря» [3].

В ноябре 2014 года Китай в три раза сократил прогноз по добыче сланцевого газа – со 100 до 30 млрд кубометров до конца десятилетия.

В декабре 2014 года исследователи из Университета Техаса заявили, что пик добычи на четырёх основных сланцевых месторождениях (Marcellus, Barnett, Fayetteville и Haynesville) будет пройден в 2020, а не в 2040, как ранее прогнозировалось. К марту ещё несколько нефтяных компаний заявили о своей неспособности платить по кредитам, рост добычи сланцевой нефти остановился.

В январе 2015 года техасская «сланцевая» компания WBN Energy LP объявила о банкротстве. В результате падения цен на нефть нерентабельной стала добыча в 6 из 12 регионов штата Северная Дакота, который является крупнейшим штатом-добытчиком сланцевой нефти.

На сегодняшний день сланцевый газ добывается в основном в США, также делаются попытки наладить добычу в других регионах. Хотя все больше возникает отрицательных прогнозов о перспективах освоения подобных месторождений. Как видно из таблицы все больше стран принимают ограничения или вводят полный запрет на добычу сланцевого газа.

Таблица

Страна	Мероприятия
Франция	В июле 2011 года введен мораторий сроком на 5 лет на добычу газа из сланцев методом гидроудара
Швейцария	В 2011 году страна ввела мораторий на использование метода гидроудара
Германия	Министерство экологии в сентябре 2012 года рекомендовало запретить проведение гидроразрыва пласта вблизи источников питьевой воды
Болгария	Массовые протесты в начале 2012 года в 12 городах страны привели к принятию парламентом бессрочного моратория на добычу нетрадиционного газа
Румыния	Правительство в 2012 году заявило о намерении запретить добычу сланцевого газа
Чехия	В 2012 году объявила мораторий на добычу сланцевого газа

Связано это с наличием многочисленных вредных последствий разведки и добычи сланцевого газа.

Так, например, лишь недавно добывающие компании под давлением общественности рассекретили состав буровой смеси [4]. В составе этих смесей более 600 химических веществ, в том числе токсические: бензолы, кислоты, загустители и специальный гель. В результате их применения происходит:

- ✓ загрязнение подземных вод химикатами, входящими в состав раствора для гидроразрыва.

- ✓ рост числа онкологических заболеваний и болезней легких.

При добыче сланцевого газа происходят загрязнение воздуха в районе добычи газа и насыщение грунтовых вод природным газом. Последнее, в свою очередь зачастую приводит к воспламенению газа прямо в водопроводной системе.

Известно, что газодобывающие компании стремятся максимально быстро свернуть производство, чтобы пострадавшим местным жителям было сложнее взыскать материальный ущерб [4]. Это создает атмосферу неприятия среди жителей районов и даже стран, где уже идет добыча или планируется разведка сланцевого газа.

Многие вредные последствия напрямую спровоцированы сложными условиями добычи сланцевого газа и несовершенными технологиями.

Технология гидроразрыва (*фрекинг*), которая используется для добычи сланцевого газа, является не только очень дорогостоящей, но и наносит огром-

ный вред окружающей среде, при этом очищенный сланцевый газ по своим свойствам уступает природному газу не только по стоимости его добычи, но и своим физическим свойствам. Данный газ может быть рентабелен только при наличии спроса на него и высоких цен на газ.

Вызываемые на глубинах 2–3 км подземные «мини-землетрясения», разрушающее пласт и освобождающее газ также могут приводить к нежелательным последствиям в виде смещения и (или) деформации горных пород. Результатом таких многочисленных мини ударов может стать сейсмическая нестабильность и уже вполне ощутимые искусственные землетрясения, опасные для людей и инфраструктур районов, где ведется

Отрицательные факты в общей оценке возможности использования сланцевого газа как видно преобладают. По сегодняшним временам прогнозы скорейшего истощения всех запасов традиционных нефти и газа, и как следствия необходимости использовать сланцевый газ выглядят не актуально и неправдоподобно.

Наиболее благоприятным для России и ее экономических партнеров является факт вполне достаточного количества традиционного газа и нефти.

Хотя изучение геологии месторождений сланцевого газа, безусловно, представляет интерес с точки зрения изучения вопросов генезиса, миграции и формирования углеводородов в земной коре в целом.

#### Литература

1. Гусейнов Ф.И., Теляшев Р.Г., Обрывалина А.Н., Кустов Л.М. Сланцевый газ – природный газ, добываемый из залежей горючих сланцев. // Нефтегазохимия. 2013. № 2. С. 11–15.
2. Кусов Б.Р. Газ (метан) природный, нефтяной, угольный, сланцевый – что все это? // Недропользование XXI век. 2014. № 3 (47). С. 88–91.
3. Пушкарев О.Н., Цветкова А.В. Сланцевый газ: проблемы и перспективы. // Энергетика Татарстана. 2014. № 1 (33). С. 25-28.
4. Соловьянов А.А. Сланцевый газ: цена добычи для окружающей среды. // Экологический вестник России. 2014. № 4. – С. 22–31.

## Секция «ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ»

УДК 504:574

### СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УШАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Черенева В.А., аспирант, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

Диденков Ю.Н., к.г.-м.н, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

Ушаковское месторождение питьевых подземных вод (Ушаковское МППВ) находится на северной окраине г. Иркутска на правом берегу р. Ушаковки. В административном отношении участок недр входит в состав Иркутского района (рис. 1). Запасы Ушаковского МППВ в количестве 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут были утверждены в 1972 г. [1].

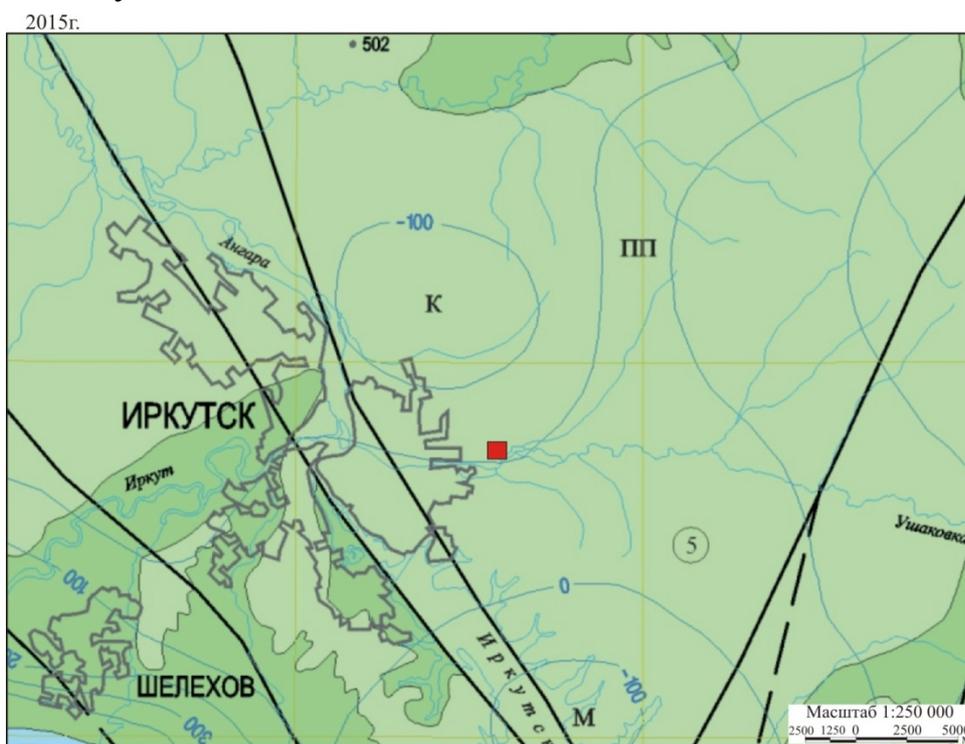
Рассматриваемый регион приурочен к наиболее освоенной части Иркутской области, где сосредоточены основные населенные пункты, включая областной центр, а также крупные объекты различных отраслей промышленности. Все это требует привлечения значительных объемов водных ресурсов. Основной задачей выполняемых исследований в этой связи является проведение структурно-гидрогеологического анализа условий формирования месторождений подземных вод различного целевого использования. Главная цель анализа – на основе геологического развития региона и становления современных структур, обосновать их перспективность для локализации крупных скоплений подземных вод и выявить участки проведения результативных поисково-разведочных работ.



Рис. 1. Схема расположения Ушаковского МППВ

На формирование месторождения подземных вод оказывают влияние как ландшафтные, так и геолого-структурные природные факторы. Исследуемый район расположен в пределах Иркутско-Черемховской равнины, характеризующейся полого-холмистым рельефом. Водоразделы представляют собой плоские выровненные вершины с абсолютными отметками до 550–600 м. Глубина расчленения рельефа не превышает 150 м. Гидрографическая сеть представлена р. Ушаковкой и ее правыми притоками. Долина реки имеет корытообразный поперечный профиль. Ширина днища достигает 2–3 км, значительная его часть заболочена.

В геолого-структурном отношении месторождение находится на южной окраине Сибирской платформы, в осадочном чехле которой выделена Прибайкальская моноклиза, сложенная породами верхнего протерозоя и нижнего палеозоя, Присяянский перикратонный прогиб – отложениями юры и Предбайкальский предгорный прогиб – осадками кайнозоя. Площадь месторождения приурочена к крылу Присяянского прогиба, включающего ряд структурных форм с нижнепалеозойским фундаментом. Прогиб морфологически выражен сравнительно узкой зоной: от 50 км на юго-востоке до 150 км на северо-западе [2].



Автор: В.А. Черенева  
(по материалам В.Г. Рыбаков, 2000г.)



Рис. 2. Геолого-структурная схема района Ушаковского МППВ

В составе прогиба, в свою очередь, выделяется Иркутская впадина, в южной части которой отмечается зона предгорного прогибания (Прииркутское понижение), где юрские слои падают круто под углами до 30° и более. Более мелкой структурой, является Кудинская мульда (рис. 2), наиболее погруженная часть которой характеризуется изолинией минус 100 м. Отложения яруса с угловым и стратиграфическим несогласием

залегают на нижележащих породах и перекрываются осадками кайнозоя. Предгорный прогиб сложен юрскими континентальными отложениями суммарной мощностью до 840 м. В разрезе юры выделены нижнеюрская угленосная песчаниково-конгломератовая лимническая и среднеюрская угленосная туффитопесчаниково-конгломератовая молассоидная формации. К первой отнесены породы черемховской и нижней подсвиты присаянской свиты, ко второй – осадки верхней подсвиты присаянской и кудинской свит.

В пределах месторождения подземные воды формируются в основной массе ниже местных базисов эрозии, почти повсеместно обладая напором. В долинах рек скважины часто фонтанируют. Глубина вскрытия подземных вод изменяется от первых метров до 40–50 м. Водоносные комплексы выдержаны по площади, мощность их составляет преимущественно 20–50 м. На большей площади комплексы содержат несколько водоносных горизонтов. Обводненными являются трещиноватые пласты песчаников, а водоупоры представлены аргиллитами и плотными алевролитами. В отложениях кудинского, присаянского и черемховского комплексов отмечаются один-два, а иногда три водоносных горизонта. Водоносные комплексы и горизонты гидравлически связаны друг с другом и имеют одинаковые уровни. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород изменяются от 0,5 до 50–200 м/сут.; коэффициенты водопроницаемости от 10 до 2000 м<sup>2</sup>/сут. Высокую производительность имеет первый от поверхности водоносный горизонт, который всегда приурочен к зоне интенсивной трещиноватости. Он связан преимущественно с отложениями кудинского или присаянского комплексов и только в краевых частях мульд водоносный горизонт приурочен к отложениям черемховского комплекса. Дебиты источников достигают нескольких литров в секунду. Нередко встречаются пластовые выходы с дебитом 10–25 л/с. Удельный дебит скважин часто превышает 1 л/с, а суммарный дебит измеряется несколькими литрами в секунду. С глубиной водоносность пород снижается, поэтому водоносные горизонты уже в интервале 75–100 м характеризуются дебитом менее 0,5–0,8 л/с. Основное направление движения подземных вод с юго-запада на северо-восток. В целом водообильность юрских отложений субгеосинклинальной части Иркутского артезианского бассейна позволяет осуществлять добычу воды из пород юрского возраста (до глубины 65–100 м) подземные воды в субгеосинклинальной части гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,4–1,0 г/л. На глубине свыше 65–100 м формируются гидрокарбонатные натриевые воды. Минерализация этих вод изменяется в пределах 0,2–0,7 г/л и является меньшей, чем в вышележащих горизонтах. Из растворенных газов иногда присутствует сероводород. На химический состав подземных вод юры серьезное влияние оказывает подток рассолов и соленых вод из подстилающих пород нижнего кембрия. Глубина формирования соленых вод нередко составляет всего 19 м, а их минерализация бывает часто более 10 г/л.

Качественные показатели подземных вод Ушаковского месторождения на разных стадиях его исследований изучались согласно требованиям норматив-

ных документов, которые действовали на тот период. Так, в процессе комплексной геологической, гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:50000, при разведке Ушаковского месторождения и ряде других работ оценка качества для хозяйственно-питьевых целей производилась согласно требований ГОСТ 2874-54 и ГОСТ 2761-57. В настоящее время действуют нормативные документы, требования которых определяют качество подземных вод для централизованного и децентрализованного водоснабжения соответственно СанПиН 2.1.4.1074–01 и СанПиН 2.1.4.1175-02, а так же нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

В процессе обследования 2014 г для оценки соответствия качества подземных вод месторождения современным гигиеническим нормативам выполнен отбор проб из эксплуатационной скважины 6 Ушаковского водозабора. Сравнительные гидрогеохимические характеристики подземных вод юрского водоносного комплекса на участке месторождения не изменились за период, прошедший со времени разведочных работ. По составу вода осталась гидрокарбонатной магниево-натриево-кальциевой с небольшой минерализацией (324 мг/л) и жесткостью (3,1 мг-экв/л). Установлено соответствие радиологических показателей воды современным требованиям: альфа- и бета-активности – менее 0,1 Бк/кг, радон – 2,5 Бк/кг. Содержание органических веществ и микрокомпонентов не превышало ПДК, в т. ч. по не определявшимся ранее (бериллий, селен, молибден, литий, алюминий, кобальт, стронций, кадмий, сурьма, барий, йод). Исключение представляли железо и марганец, концентрация которых превысила норматив и составила соответственно 0,4 мг/л (при ПДК 0,3 мг/л) и 0,43 мг/л (при ПДК равном 0,1 мг/л). Такие значения железа и марганца не являются случайными. Они проявились с начала эксплуатации Ушаковского водозабора и фиксировались при неоднократных его обследованиях Иркутским территориальным центром государственного мониторинга геологической среды. Содержание марганца при этом достигало 1 мг/л (при обследовании в 2005 г.), железа – 1,04 мг/л (данные недропользователя за 2010 г.), т. е. вода нуждается в предварительной водоподготовке (обезжелезивание и удаление марганца). Таким образом, формирование Ушаковского МППВ оказывают геолого-структурные факторы:

- приуроченность месторождения к крылу прогиба обуславливает активизацию и локализацию подземного стока;
- увеличение мощности водовмещающих юрских отложений к центральной, наиболее погруженной части прогиба, а также рост напоров подземных вод в этом же направлении, в совокупности, существенно повышают величины допустимых понижений уровня при эксплуатации месторождения, а значит, увеличивают его ресурсный потенциал;
- наличие складчатых и разрывных нарушений в юрских отложениях определяет как распределение и формирование подземных вод, так и их состав.

Задачи дальнейших исследований сводятся к дополнению формирующейся базы данных по МППВ и разработке их структурно-генетической систематизации, а также к осуществлению разномасштабного структурно-

гидрогеологического картографирования Присяянского мезозойского предгорного прогиба и выделению перспективных структур для проведения поисково-разведочных на воду работ.

Список литературы

1. Бондаренко Л.Н., Бондаренко Е.М., Преловский К.К. Отчет о результатах разведки пресных подземных вод для водоснабжения северной части г. Иркутска. г. Иркутск, 1972 г.
2. Гидрогеология СССР т.ХІХ Иркутская область, под ред. А.В. Сидоренко, Недра, Москва, 1968 г.
3. Черенева В.А. Структурно-гидрогеологические условия формирования ресурсов и запасов Тайшетского месторождения питьевых подземных вод // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. №1(44). С.44–50.

УДК 556.3:628.1.(575.1)

**СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ДРЕВНИХ ВОДОЗАБОРНЫХ СИСТЕМ УЗБЕКИСТАНА**

Назаров Н.В., студент 3 курса ИРНТУ, г. Иркутск

Тугарина М.А., канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры прикладной геологии ИРНТУ, г. Иркутск

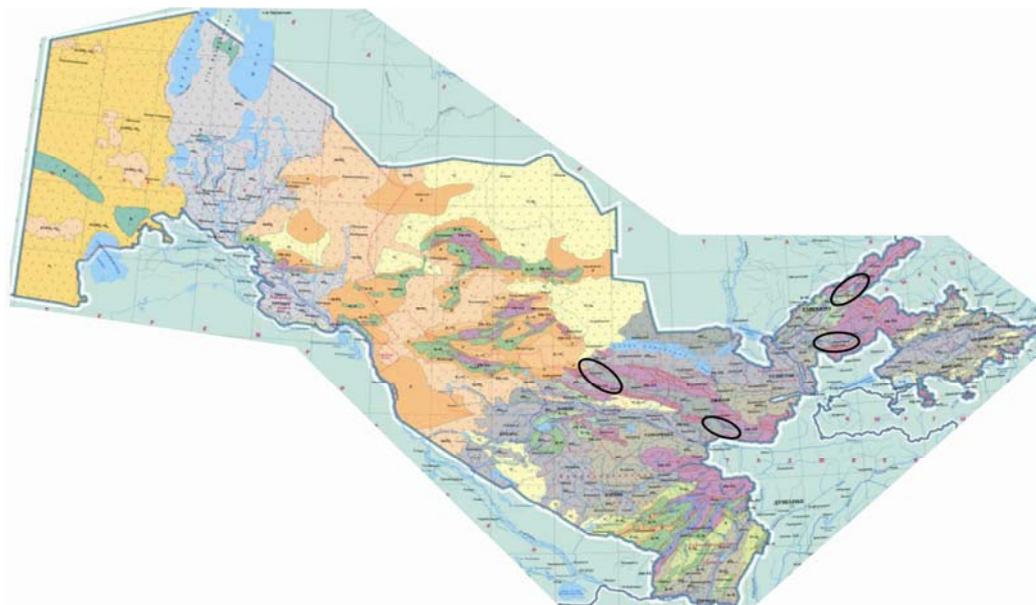
Наличие водных ресурсов является важным фактором благополучной жизни любого государства вообще и Узбекистана в частности, так как климатические особенности этой страны не позволяют производить продукты сельского хозяйства на использовании лишь естественных источников орошения. В условиях жаркого и засушливого климата особенно остро стоит проблема привлечения и использования водных ресурсов. В Республике Узбекистан таковыми являются, безусловно, реки, озера и единственное море – Аральское, которое в последние десятилетия испытывает серьезные негативные изменения, угрожающие его существованию. Для поддержания требуемого уровня водопотребления необходимым является наличие большого числа оросительных каналов и искусственных систем ирригации. Одним из таких, к примеру, является знаменитый Ташкентский канал Салар, который был сооружен около тысячи лет назад. Так жители древнего Ташкента, вынужденные «подстраиваться» под природные условия и рыть каналы, могли обеспечивать необходимый уровень жизни.

Территория Узбекистана охватывает различные по геологическому строению, геоморфологическим и ландшафтно-климатическим особенностям территории: это и горные районы в восточной и центральной части, и пустынные территории всей западной части страны. Страна расположена в пределах Урало-Монгольского геосинклинального пояса, представленного эпигерцинскими горными сооружениями Тянь-Шаня, и Туранской эпигерцинской плиты. Геосинклинальное развитие территории завершилось в основном к концу

палеозоя, после чего наступил этап относительно спокойного платформенного режима. Современный высокогорный рельеф восточной части Узбекистана сформирован в результате интенсивного горообразования неоген-четвертичного времени [2].

Водные ресурсы на территории Узбекистана распределяются крайне неравномерно. На обширных равнинных местностях, занимающих почти две трети территории республики, воды очень мало. Но в то же время, горные районы, расположенные на востоке страны, изобилуют реками. Такое неравномерное распределение водных ресурсов по районам республики обусловлено климатическими и географическими особенностями исследуемой территории. Реки Узбекистана в основном берут начало в горной части, где выпадает наибольшее количество осадков, а испарения здесь незначительны.

Если рассмотреть современную ситуацию, связанную с источниками водообеспечения республики, то следует отметить, что за последние годы в Республике Узбекистан разведано значительное количество месторождений пресных подземных вод, которые обеспечивают питьевой водой крупные города и отдаленные поселки. В Узбекистане к настоящему времени разведано около 100 месторождений подземных вод, из которых 77 с пресными подземными водами. Большинство месторождений локализуется в горных и предгорных районах Нуратинского массива (рис. 1).



**Рис. 1. Места локализации месторождений подземных вод на гидрогеологической карте Узбекистана**

В геолого-структурном отношении все разведанные месторождения приурочены к межгорным впадинам, в которых сформировались толщи рыхлых современных осадочных отложений средней мощностью 25–30 метров. Хорошие фильтрационные свойства (коэффициенты фильтрации галечников в среднем составляют 30 м/сут, гравия – 6 м/сут) и благоприятные условия формиро-

вания подземных вод обеспечивают рентабельность использования этих месторождений. При этом прогнозные ресурсы подземных вод с минерализацией до  $5 \text{ г/дм}^3$  составляют около 64 млн. кубометров в год [3]. Утвержденные эксплуатационные запасы пресных и солоноватых подземных вод составляют примерно 17 тысяч кубометров в сутки.

В геологическом строении района наиболее известного и изученного Нуратинского месторождения подземных вод также принимают участие преимущественно осадочные отложения четвертичного, неогенового и палеогенового возраста, а также метаморфические и изверженные породы.

Гидрогеологические условия района характеризуются наличием водоносной зоны трещиноватости в пределах палеозойских горных массивов и гидрогеологических бассейнов во внутригорных впадинах с распространенными в них грунтовыми водами.

Очень вероятно, что в транзите подземных вод и формировании месторождений играют определенную роль и тектонические разломы, но в данной статье этот вопрос не рассматривается.

Общей особенностью разведанных месторождений подземных вод является то, что они приурочены главным образом к межгорным и предгорным впадинам (гидрогеологическим бассейнам), а продуктивными водоносными подразделениями являются делювиально-пролювиальные отложения. Подземные воды месторождений хорошего качества, по степени минерализации относятся к ультрапресным (до  $0,5 \text{ г/дм}^3$ ) и пресным ( $1 \text{ г/дм}^3$ ).

Интересным является тот факт, что разведенные месторождения локализуются в тех же местах где и обнаружены древние водозаборные системы, именуемые в Узбекистане «кяризами».

Кяриз – это традиционная подземная гидротехническая система в городах и селениях Средней и Центральной Азии, также в странах Африки, в Иране, на Кавказе, совмещающая водосборную и водопроводную систему орошения. Она представляет собой подземный канал (глиняная горизонтальная штольня), соединяющий место забора воды с водоносным слоем. Еще не так давно кяризное орошение являлось основным источником воды для сельскохозяйственных полей [1, 3].

На территории современного Узбекистана кяризы расположены в предгорьях Нуратинских гор. Более тысячи подземных каналов имеют общую протяженность свыше 6500 километров, и все они были вырыты вручную с использованием примитивных инструментов [1]. Кяризы по масштабам и сложности сооружения нередко сравнивают с Великой Китайской Стеной.

Основываясь на историческом опыте по организации кяризов и современных знаниях об условиях формирования и распределения подземных вод, в республике Узбекистан целый ряд участков представляется перспективным для сооружения водозаборов галерейного типа.

#### Литература

1. А. Низомов «Ўзбекистонинг қадимни гидротехник иншоотлари географияси», ГИДРОИНГЕО, 2008.

2. Гидрогеология СССР. Т. XXXIX. Узбекская ССР. Гл. ред. А.В. Сидоренко. – М.: Недра, 1971.

3. Усманов У.У., З.С. Саидмурадов, С. Фарди. Особенности формирования запасов подземных вод степи Дашти Баква в Афганистане. Узбек. геолог. журнал, № 4, 1984.

УДК 622.7

## **НЕФТЕПРОВОДЫ. ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Палка Н.Н., студент, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Начало истории трубопроводного транспорта России связано с промышленным освоением нефтяных месторождений Баку и Грозного. У истоков его создания стоял Д.И. Менделеев, считавший, что только строительство трубопроводов обеспечит надежную основу развития нефтяной промышленности и выведет российскую нефть на мировой рынок.

Большой вклад в развитие нефтепроводного транспорта внесли Владимир Григорьевич Шухов, Александр Вениаминович Бари, Конон Иванович Лисенко, Леонид Самуилович Лейбензон, и многие другие русские ученые, инженеры и изобретатели.

В 60-е годы XIX века Бакинский район захлестывает нефтяной бум.

Все там было цвета нефти, даже птицы. Хаос в освоении, огромное количество людей, грязь, пыль – похоже на ад. Много лет спустя побывавший на бакинских нефтепромыслах М. Горький писал: «Нефтяные промыслы остались в памяти моей гениально сделанной картиной мрачного ада. Эта картина подавляла все знакомые мне фантастические выдумки устрешенного разума. Одновременно с добычей нефти строятся и нефтеперегонные заводы по выработке керосина по принципу и схеме завода братьев Дубининых.

В 1869 году в Баку их уже насчитывалось двадцать три, и еще два были в Сураханах. Кроме нефтеперегонных заводов, было много нефтеперегонных установок, размещенных и в жилых домах.

Постоянные пожары, загрязнение жилых кварталов копотью и сажей заставили местные власти сосредоточить переработку нефти на удалении от города в так называемом Черном городе.

Доставка нефти от промыслов к заводам Черного города осуществлялась в бочках и бурдюках на арбах. Более 10 тысяч возчиков было занято доставкой.

С 70-х годов бурдюки были вытеснены деревянными бочками емкостью 20–25 пудов. Этот способ доставки был чрезвычайно дорогим. Так, в 1877 году пуд нефти на промыслах стоил 3 копейки, а его доставка из Балаханов в Черный город обходилась до 20 копеек.

В 1877 году в Баку открылось отделение Строительной конторы инженера А.В. Бари, основное подразделение которой находилось в Москве. Основателем и хозяином этой конторы был предприимчивый организатор технического производства Александр Вениаминович Бари, а главным инженером конто-

ры становится Владимир Григорьевич Шухов, перспективный молодой инженер, работавший до этого в чертежном бюро Управления Варшавско-Венской железной дороги.

Со своими многочисленными идеями по применению новых технических средств и технологий А.В. Бари и В.Г. Шухов знакомят главу компании «Братья Нобель» Людвиг Нобеля, действовавшего на нефтяном рынке Баку очень активно.

Переговоры выявили главную проблему компании – транспорт нефти от промыслов к заводу в Черном городе.

Вскоре контора А.В. Бари получает подряд на строительство трубопровода от Балаханских промыслов к заводу Л. Нобеля в Черном городе пропускной способностью 80 тысяч пудов нефти в сутки. После подписания контракта 25-летний В.Г. Шухов получает полную свободу действий по проектированию и строительству этого трубопровода. Ему предстояло впервые в России спроектировать полный комплекс сооружений трубопровода и воплотить проект в жизнь.

Поездка В.Г. Шухова в Америку накануне прибытия в Баку, безусловно, оказала влияние на эту работу. Ведь американцы практически осуществили идею Д.И. Менделеева, считавшего, что «необходимо, и даже крайне, проложить трубы и по ним вести сырую нефть до морских судов или до заводов, расположенных на море». Несколько позже Д.И. Менделеев писал по этому поводу: «Американцы будто подслушали: и трубы завели, и заводы учредили не подле колодцев, а там, где рынки, и сбыт, и торговые пути».

Шухов активно приступает к организационным работам по подготовке к прокладке трубопровода. Трубы для нефтепровода были выписаны из Америки, поскольку по качеству, низкой цене, скорости поставок они были вне конкуренции. По проекту длина нефтепровода около 10 км, диаметр труб 76 мм. Строительство трубопровода сопровождалось постоянным противодействием его противников – владельцев бондарных предприятий, контор по перевозке нефти и самих возчиков.

Поджог строительного склада в Балаханах, нарушение целостности труб, множество других помех при строительстве вынуждают Л.Нобеля прибегнуть к таким мерам, как охрана трассы, перекупка возчиков, выплата высоких заработков рабочим.

Трудности не сломили В.Г. Шухова, трубопровод был построен, и 1878 год вошел в историю как год строительства первого промышленного нефтепровода в России, а сам трубопровод явился родоначальником гигантской сети магистральных трубопроводов, эксплуатирующейся в настоящее время.

Преимущество нефтепровода быстро было оценено конкурентами Л. Нобеля, и контора Бари получает заказы на строительство новых нефтепроводов.

Уже в 1879 году вводится в эксплуатацию второй нефтепровод Балаханы – Черный город протяженностью 12,9 км, диаметром 70 мм, а затем еще три: Балаханы – Сураханский завод, Сураханский завод – Зыхская коса и Балаханы – Черный город. Проектировал и строил эти нефтепроводы В.Г. Шухов.

В 1879 году он возглавляет проектный отдел Московской технической конторы А.В. Бари.

К 1883 году общая длина нефтепроводов в Бакинском районе составила 96 км с общей пропускной способностью свыше 200 тысяч пудов нефти в сутки. Трубопроводы практически вытеснили все другие виды перевозок нефти. К концу 1914 года общая протяженность нефте- и продуктопроводов в России составляла 1278,7 км. Для сравнения: в США общая протяженность трубопроводов составляла 14,000 км, в том числе магистральных 7,000 км. Уровень развития трубопроводного транспорта был явно не в пользу России, хотя уровень технической оснащенности был примерно одинаков.

События, последовавшие после 1914 года, не были созидательными. Война, революция, вновь война, но уже гражданская, не способствовали строительству трубопроводов.

С 1941 года нефтяная промышленность страны перестраивалась на военный лад. Фронт и тыл надо было обеспечить горючим, для этого следовало: во-первых, всемерно увеличить добычу нефти в старых нефтяных районах; во-вторых, резко повысить добычу нефти в новых нефтяных районах и, прежде всего, между Волгой и Уралом, а также на востоке.

Особое место в истории трубопроводного транспорта занимает прокладка бензопровода по дну Ладожского озера. Этот трубопровод помог ленинградцам выдержать блокаду. Проект был подготовлен в сжатые сроки, поэтому многие узлы и элементы строили по эскизам. Он был сооружен за 43 дня – с 5 мая по 16 июня 1942 года. Ежедневно трубопровод подавал 400-600 тонн топлива в Ленинград. Бензопровод проработал без аварий более двадцати месяцев и отключен после снятия блокады.

Анализируя работу трубопроводного транспорта с 1917 по 1945 год, следует отметить, что пропускная способность отдельных магистральных нефтепроводов использовалась недостаточно. Безусловно, за годы войны произошло ухудшение работы некоторых нефтепроводов, например, кавказских. После войны интенсивный рост объемов нефтедобычи в районе между Волгой и Уралом и в новых районах требовал быстреего развития транспортных коммуникаций. Строятся новые нефтепроводы.

В начале 50-х годов нефтедобыча на Ромашкинском месторождении превысила предположения геологоразведчиков. Нефтяники-промысловики еле успевали обустроить промыслы, сооружать мерники и нефтесборные пункты, прокладывая внутрипромысловые транспортные коммуникации. Нефтяной поток буквально захлестнул междуречье Шешмы и Степного Зая. Существующие нефтепроводы не успевали перекачивать добытую нефть. Поэтому встал вопрос о сооружении вторых ниток нефтепроводов Альметьевск – Карабаш, Карабаш – Ромашкино, Карабаш – Бавлы и Ромашкино – Шугуры – Клявлино. Кроме того, решили проложить дополнительный нефтепровод Альметьевск – Миннибаево – Ромашкино с промежуточной нефтеперекачивающей станцией в Миннибаево. Однако временная схема транспортировки нефти «промысел – нефтепровод – железная дорога (или река) – потребитель» уже не решала проблемы. С воз-

росшими объемами добываемой нефти не справились бы ни железнодорожный транспорт, ни речной танкерный флот.

В 1959 году Совет Экономической Взаимопомощи принял решение о строительстве магистрального нефтепровода из СССР в Польшу, Чехословакию, ГДР и Венгрию. Равных этому нефтепроводу в мире не было. Общая протяженность нефтепровода со всеми ответвлениями превышала 6000 км. Он начинался в Куйбышевской области (НПС «Лопатино») и около города Мозыря (Белоруссия) делился на две части. Северная часть, протяженностью 700 км, проходила через Польшу в ГДР, южная (400 км) – через Чехословакию в Венгрию. Предполагали построить еще одно ответвление до порта Вентспилс. Каждая страна должна была поставить необходимые для строительства нефтепровода материалы, машины и оборудование. Все строительные работы были механизированы. Было уложено более 730 тысяч тонн труб диаметром 530, 630, 720, 820 и 1020 мм. Для обеспечения нормальной работы нефтепровода построили 31 насосную станцию с полностью автоматизацией. К 1990 году упрямая политическая жизнь и экономические перемены привели к остановке строительства новых магистралей. В конце 1991 года с политической карты мира исчезает СССР. Пятнадцать новых государств разделили между собой общее имущество, в том числе и нефтепроводы. Единая нефтепроводная система осталась только в России. В некоторых странах – лишь часть магистральных нефтепроводов. Другие страны осуществляют транзит российской нефти.

Происходит полная реорганизация нефтяной промышленности и в России. Главтранснефть преобразуется в акционерную компанию «Транснефть». К тому времени акционерная компания «Транснефть» эксплуатировала 49,6 тысячи километров магистральных нефтепроводов диаметром от 400...1220 мм, 404 насосные станции, 934 резервуара общей вместимостью 13,2 млн м<sup>3</sup>. Эксплуатацию системы нефтепроводов осуществляли 11 акционерных обществ магистральных нефтепроводов.

С 1992 года Компания оказывает услуги по транспорту нефти по тарифам, устанавливаемым федеральными органами исполнительной власти. Введение тарифов обеспечило стабильную работу в меняющихся экономических условиях. При этом все производители нефти имеют равные права на транспорт своей нефти по магистральным нефтепроводам. Однако загрузка магистральных нефтепроводов АК «Транснефть» в это время составляла 45 % от проектной. 1992 год считается началом эпохи трубопроводного транспорта нефти в России. В условиях постоянно меняющейся политической и экономической ситуации в стране система нефтепроводов АК «Транснефть» обеспечивает стабильную перекачку нефти в необходимых для экономики России объемах.

В настоящее время мир живёт ценой на нефть, в связи с чем исследования, направленные на поиски, разведку и эффективную эксплуатацию месторождений углеводородов в России имеют стратегическое значение.

По словам заместителя Министра природных ресурсов и экологии РФ Д. Храмова в России в период с 2013 по 2030 гг. предполагается весьма значительное увеличение объемов геологоразведочных работ, затраты на которые планируются в размере 1 175,2 млрд руб.

Государственная программа создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР утверждена в сентябре 2007 г. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ. Наиболее перспективных в этом отношении направлений – это газотранспортная система «Сила Сибири», соединяющая Восточную Сибирь с Тихим океаном (ВСТО). Ее общая протяженность – с подключением Ковыктинского газоконденсатного месторождения – составит 3968 км. На первом этапе будет построен магистральный газопровод Якутия – Хабаровск – Владивосток, на втором этапе Иркутский центр будет соединен газопроводом с якутским центром.

Один из крупных ресурсных баз проекта «Сила Сибири» – Чонская группа месторождений, включающая Вакунайский, Тымпучиканский и Игнялинский участки, примыкающие друг к другу и расположенные на границе Иркутской области и Республики Саха (Якутия). Их суммарные запасы оцениваются в 125 млн т нефти и 225 млрд кубометров газа.

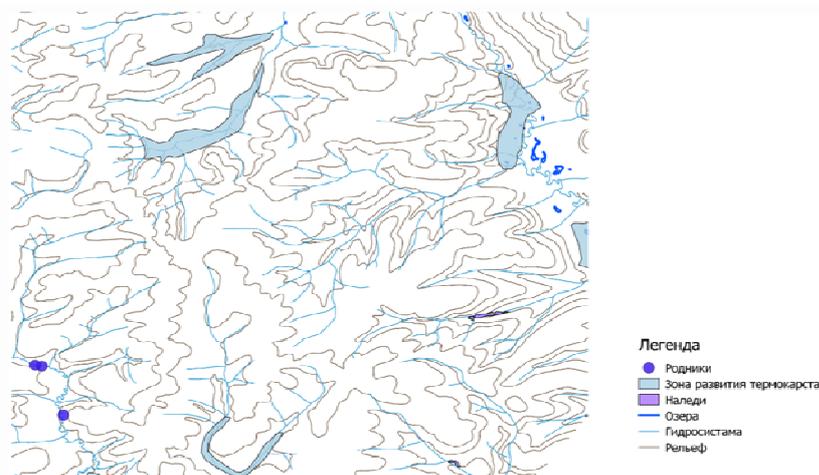
УДК 528, 551.3

### **ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКОВ**

Усманова А.М., техник-гидрогеолог, НИЧ ИРННТУ,  
Аузина Л.И., к.г.-м.н., доц. каф. Прикладной геологии ИРННТУ,  
Бадминов П.С., ведущий инженер ИЗК СО РАН

В пределах Восточной Сибири расположен ряд месторождений и лицензионных участков нефтегазового комплекса: Чонский, Талаканский, Тымпучиканский, Кедровый, Хоронохский и Пеледуйский. Перечисленные объекты находятся на разной стадии исследований и эксплуатации. Их объединяют не только сходные геологические, гидрогеологические и геокриологические условия, но и общая проблема, заключающаяся в потребности значительного количества воды для хозяйственно-питьевого и технологического водоснабжения, основной источник которых – подземные воды. Анализ имеющегося материала по участкам позволил сделать заключение о том, что запасы подземных вод формируются преимущественно за счет атмосферных осадков. В рамках настоящей работы оценка ресурсного потенциала подземных вод производится балансовым методом на основе данных режимных наблюдений и сведений, полученных из государственного водного реестра Ленского бассейнового водного управления (ЛБВУ).

На начальном этапе работ на основе анализа фондовых материалов и уточнения их по данным дистанционного зондирования земли, а также данным аэровизуальной съемки сформирована цифровая модель орографических и гидрографических условий исследуемой территории, что не только визуализирует картографическую информацию по отдельным слоям, но и позволяет более эффективно ее анализировать (рис. 1).



**Рис. 1. Цифровая модель орографических и гидрографических условий**

Затем полученная модель уточнялась при проведении полевых исследований, включающих режимные наблюдения на гидрометрических створах за гидродинамическим режимом поверхностных вод в различные периоды года, в т. ч. межени и паводка. В результате составлена база данных (БД) (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Фрагмент БД, составленных по результатам режимных наблюдений**

Дата замера	Номер гидропоста	Расход, л/с
19.12.2014	41	86
19.12.2014	10	81
27.12.2014	55	82
27.12.2014	12	19
20.12.2014	48	257

Гидрометрические работы в данном случае проводились преимущественно в зимний период, когда питание рек происходило исключительно за счет подземного стока. Расходы рек измерялись практически одновременно в течение короткого периода, поэтому не требовали дополнительного приведения их значений к единому времени.

Анализ многолетних рядов наблюдений (27 лет) на замыкающем створе (рис. 3) показал, что доля подземного стока в общем речном (К<sub>п</sub> – коэффициент подземного питания) изменяется от 5 до 20 %. Для приведения расходов рек к уровню 95 % обеспеченности определены коэффициенты динамичности под-

земного стока (Кд), которые показали близость летних и зимних меженных расходов. Наибольшие значения соответствуют участкам рек с субаквальной разгрузкой подземных вод. На этих участках не происходит резкого снижения жидкого стока в зимний период и, соответственно, сохраняется высокий ресурсный потенциал.

Исследуемый участок – это территории с высокой степенью трещиноватости, распространенной на большие глубины, связанной с трапповым магматизмом. Южные зоны разломов аккумулируют жидкий сток в течение теплого периода года и медленно сбрасывают его в зимнюю межень.

Естественные ресурсы зоны интенсивного водообмена характеризуются модулем подземного стока, определенным по результатам зимних работ, который изменяется в пределах  $0.37\text{--}0.98 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ , что свойственно для территорий с распространением многолетнемерзлых пород, что в целом согласуется с результатами региональных работ и подтверждается результатами опытно-фильтрационных исследований.

Для определения репрезентативности рядов речного и подземного стоков по ГМС построены разностные интегральные кривые и выделены циклы водности (рис. 2). Полный цикл водности для главной дрены исследуемого района равен 12 годам. Период 2013–2014 гг. находится в маловодной фазе, поэтому вышеприведенные предварительные данные являются несколько заниженными, что

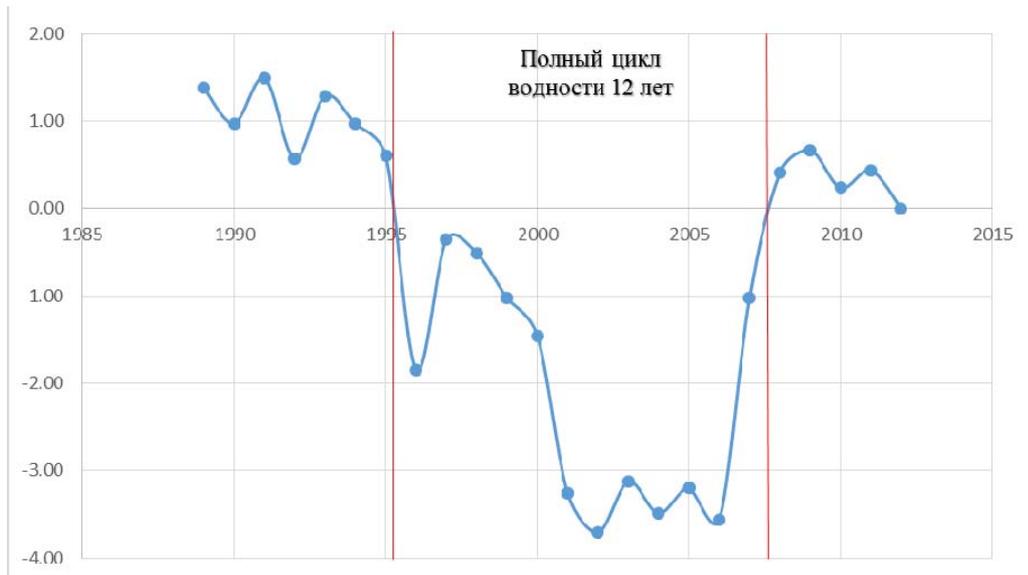


Рис. 2. Интегральная кривая модульных коэффициентов годового стока в замыкающем створе

дает относительно реалистичную характеристику объема естественных ресурсов подземных вод исследуемого участка. В целом его территория характеризуется относительно низкими модулями естественных ресурсов.

Построена схема изолиний модулей зимнего стока (рис. 5). Линейные модули разгрузки подземных вод в реки изменяются от  $3.05$  до  $9.24 \text{ л/с} \cdot \text{км}$ . Значения от  $3\text{--}5$  до  $12 \text{ л/с} \cdot \text{км}$  свидетельствуют о локализации разгрузки подземных вод на отдельных участках речной сети. На этих участках высока вероятность скопления естественных ресурсов подземных вод, что в основном подтверждается результатами геофизических работ. В ходе проведения зимних

гидрометрических работ были выявлены не только места разгрузки, но и поглощения речного стока (рис. 4).

Год	Месяцы												Σ годовой расхода
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1987	2.21	2.21	2.04	1.96	330	164	39	41.5	7.33	6.62	3.31	3.04	603.22
1988	2.31	1.93	2.28	6.3	307	153	84.3	16.2	16.1	23.9	9.91	5.14	628.37
1989	3.33	3.13	3.25	3.84	528	168	44.1	27.1	47.5	19.8	5.99	4.03	858.07
1990	4.16	3.83	3.5	3.5	426	33.3	39.9	4.52	5.63	6.2	3.26	2.94	536.74
1991	3.28	6.03	4.99	4.79	296	95.7	20	6.46	15.1	13.9	5.29	3.45	474.99
1992	3.65	2.7	1.76	1.68	567	52.2	7.45	3.96	5.8	11.3	6.1	4.71	668.31
1993	3.97	2.53	1.87	1.72	192	135	11.4	2.12	2.4	2.64	1.58	1.4	358.63
1994	1.47	1.24	0.93	1.46	359	328	6.74	1.24	1.64	1.95	1.33	1.01	706.01
1995	2.16	2.96	2.42	1.99	225	180	29.2	19.2	15.4	11.3	3.99	3.76	497.38
1996	2.3	2.02	2.92	3.92	392	71.1							474.26
1997							7.39	8.31	24.2	10.4	2.46	2.16	54.92
1998	2.34	2.38	2.58	2.96	446	281	76.7	15	17.3	16	6.14	4.37	872.77
1999	6.32	6.57	6.38	6.36	384	39.3	39.1	9.97	9.18	8.46	4.08	3.05	522.77
2000	2.72	2.32	2.32	3.4	336	43.8	11	11.4	21.1	10.6	3.44	2.34	450.44
2001	2.21	2.64	2.68	2.99	376	38.4	9.04	6.1	11.2	10.6	4.2	2.23	468.29
2002	2.22	2.55	2.44	2.69	45.4	48.6	35.6	8.8	16.4	12.6	3.48	1.86	182.64
2003	1.27	1.44	1.08	1.26	335	72.7	12.1	10.5	13.6	10.8	5.44	2.98	468.17
2004	3.67	3.17	3.16	3.79	432	167	18.4	11	13	15	6.94	4.95	682.08
2005	4.05	3.73	3.48	3.9	325	49	47.5	8.33	12.3	20	6.09	3.71	481.09
2006	2.26	1.55	1.78	1.69	393	181	6.46	6.08	8.3	6.08	4.12	5.62	617.94
2007	6.36	6.6	8.52	8.75	362	40.9	14.5	6.38	7.94	12.3	5.09	5.17	484.51
2008	3.38	2.89	3.83	4.73	494	173	36	182	106	69	22.4	11.8	1109.03
2009	9.84	7.73	6.67	98.1	465	98.5	36.4	37	33.4	27.2	8.22	5.2	833.26
2010	3.22	3.29	3.21	3.79	183	54.8	114	36.6	31.3	16.5	5.32	3.22	458.25
2011	2.75	2.64	2.77	76.7	251	54.9	31.5	7.18	10.1	20.8	9.82	5.24	475.4
2012	5.15	4.59	4.13	5.11	387	55.9	81.4	12.4	15.2	13.1	5.78	3.8	593.86
2013	1.44	0	0	1.24	311	63.4	39.7	16.4	15.9	7.85	4.39	4.57	465.89

Рис. 3. Ряд многолетних наблюдений на замыкающем створу поверхностных водотоков исследуемого участка. Красным цветом выделен гидрологический год где не велись наблюдения, желтым цветом выделен типовой год со средним суммарным расходом

В замыкающем створе жидкий сток отсутствует, хотя он зафиксирован выше и ниже по течению, то есть происходит трансформация речного стока в подземный и обратно. Такая ситуация не является уникальной, а достаточно часто встречается на северо-востоке России, где широко развиты многолетнемерзлые породы. По результатам работ выявлена зона поглощения речного стока, на этом участке долина основного водотока заложена по разлому, являющимся водопоглощающим. Ниже по течению, за пределами исследуемого участка, происходит выклинивание подземного стока и трансформация его в речной.

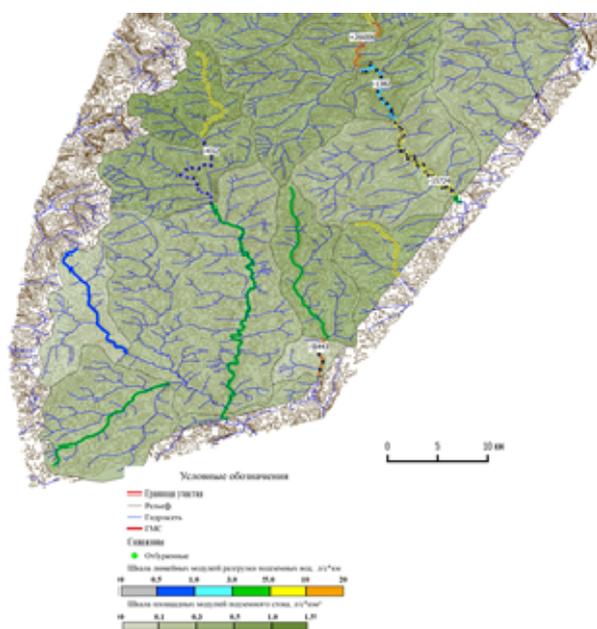


Рис. 4. Схема площадного и линейного стоков

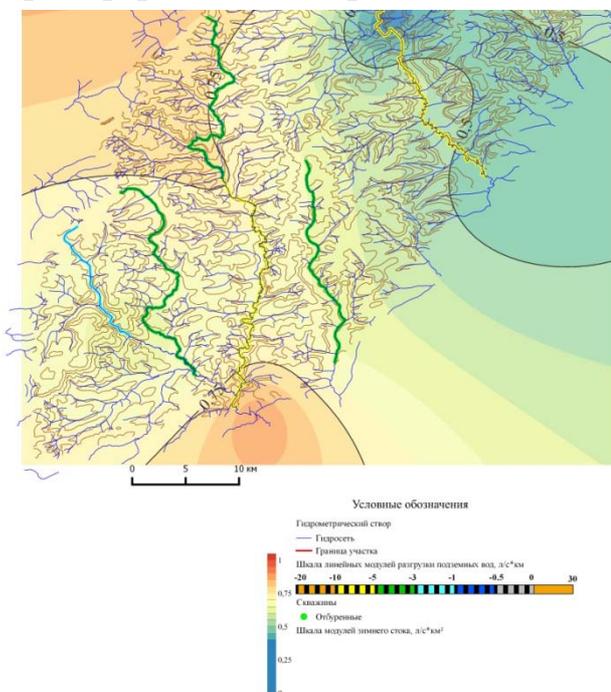


Рис. 5. Схема изолиний площадного подземного стока

Расход, измеренный на выделенном участке и модуль зимнего стока являются истинными для расчетного водотока. Данный вывод подтверждается результатами бурения и визуальных наблюдений.

На основе рассчитанных характеристик строится схема линейных и площадных модулей подземного стока (рис. 4), и схема изолиний модулей площадного стока на определенный период года (рис. 5), что позволяет выделить наиболее перспективную часть участка с точки зрения ресурсного потенциала.

Такая методика позволяет произвести оценку прогнозных ресурсы для исследуемых площадей, а также других объектов, находящихся в сходных геологических, гидрогеологических и геокриологических условиях.

Литература:

- 1) Гинин В.В., Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории листа Р-49-XXXII, Иркутск, 1994.
- 2) Информационный геологический отчет об объемах и результатах работ на объекте «Поиски и оценка подземных вод для водоснабжения объектов Тымпучиканского лицензионного участка», Этап I (Подготовительный), подэтап – I.2. Аэровизуальные наблюдения, Иркутск, 2014.
- 3) Информационный геологический отчет об объемах и результатах работ на объекте «Поиски и оценка подземных вод для водоснабжения объектов Тымпучиканского лицензионного участка», Этап I (Подготовительный), подэтап – I.2. Аэровизуальные наблюдения, Иркутск, 2014.
- 4) Данные многолетних наблюдений за гидрометрическим режимом Якутской Гидромет. Службы.

УДК: 504.72(282.256.341)504.05

## **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

Верхозина Е.В., к.б.н., Институт Земной Кору СО РАН, г. Иркутск

Исследователи всего мира сталкиваются с общей проблемой, – выделение антропогенных изменений на фоне естественной природной изменчивости в экосистемах. Высокая значимость экологических исследований и заинтересованность общественности, к сожалению, не только не стимулируют экономистов и политиков, но зачастую вынуждают принимать поспешные, неподтвержденные, зачастую принципиально неправильные решения.

Проблемы воды и водных ресурсов становятся в мире все более острыми. Особое беспокойство мировой общественности вызывает загрязнение чистой воды и связанные с этим здоровье и продолжительность жизни людей. Проблема чистой воды выходит на первое место в мире и опережает многие глобальные проблемы человечества. Это обусловлено той особой ролью воды, которую она играет в становлении биосферы и развитии жизни. Геология воды в широком понимании этого термина в значительной мере утрачена и не служит центром целенаправленного исследования. Потенциальный объем водных ресурсов составляет 37,5 тыс. км<sup>3</sup> в год, или около 9 тыс. м<sup>3</sup>/год на каждого жителя Зем-

ли. Между тем, в мире быстрыми темпами надвигается водный кризис. Пришло время разработки рационального использования пресных вод и сохранение экологической чистоты гидросферы в целом.

В оз. Байкал содержится 20 % всей жидкой пресной поверхностной воды, объем его водной массы составляет 20 тыс. км<sup>3</sup>. Значительное число притоков Байкала на территории Иркутской области представлено небольшими ручьями и временными водотоками, исчезающими в отдельные периоды года. Наиболее короткие водотоки находятся на северо-западном побережье, где водораздельная линия байкальского хребта местами проходит в нескольких километрах от берега. Основной водосбор озера сосредоточен в южной и юго-восточной частях бассейна, причем большая часть его (83 %) приходится на р. Селенгу и ее притоки. Бассейны двух других наиболее крупных по величине притоков Байкала (р. Верхняя Ангара и р. Баргузин), занимающие северо-восточную часть водосбора, составляет всего около 8 %. Средний речной сток с территории Прибайкалья (2) составляет 677 м<sup>3</sup>/с, а его модуль – 17,8 л/с·км<sup>2</sup>. В целом, для Прибайкалья на площади 38 тыс. км<sup>2</sup> (без площади акватории озера) ресурсы подземных вод, поступающих в реки, составляют 180 м<sup>3</sup>/с, а средний модуль подземного питания равен 4,7 л/с км<sup>2</sup> [4].

Экологические условия формирования качественной пресной воды создаются в результате взаимодействия основных сфер Земли. Биогеохимические циклы планеты действуют по биосферным законам, как в природных экосистемах, так и в природно-техногенных. Реализация циклов осуществляется совокупностью связанных между собой функционально различными микроорганизмами, которые и обеспечивают все круговороты элементов на Земле. Известно, что на протяжении длительного исторического времени микроорганизмы формируют сообщества в относительно стабильных условиях среды. При этом, осуществляя биогеохимические реакции, они поддерживают среду своего обитания.

Состав микрофлоры и характер микробиальных процессов в водоемах тесно связаны с экологической обстановкой окружающей среды, ее физическими и химическими особенностями и со всем комплексом гидробионтов. Именно жизнедеятельность бактерий в огромной мере обеспечивает солевой и газовый режим водоемов, а также состав донных осадков. Главной причиной ухудшения качества пресных природных вод являются различные виды хозяйственной деятельности, каждой из которых присущ свой вид водопользования. Для Прибайкальского региона, основные виды антропогенного влияния, – это: промышленность, туризм, судоходство, сельское хозяйство. Кроме того, река Селенга, являющаяся одним из основных источников загрязнения оз. Байкал, также привносит до половины всего загрязнения в озеро, что самый страшный загрязнитель для экосистемы Байкала – это микроорганизмы. Попадая в озеро с бытовыми и техногенными стоками, судоходством, они размножаются в озере, изменяя качество воды. Особенно остро встал вопрос в последнее время, в связи с интенсивным развитием туризма. Удручающая ситуация складывается в прибрежной полосе и водоохран-

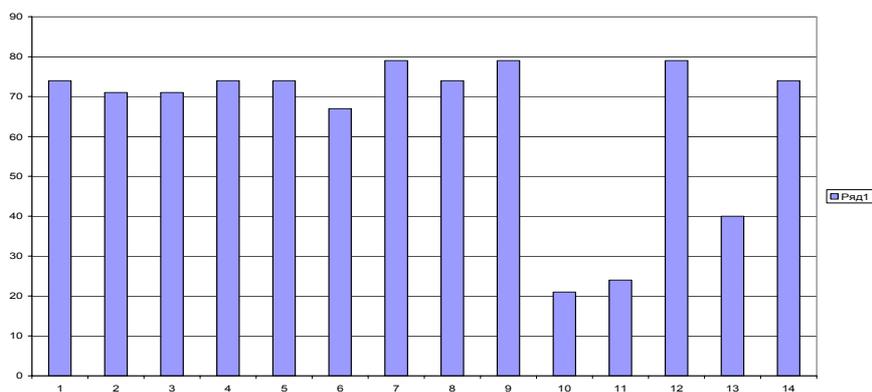
ной зоне оз. Байкал особенно в летний период. Многие населенные пункты, расположенные на берегу озера, не имеют организованных мест складирования твердых бытовых отходов, санкционированных свалок, отсутствует плано-регулярная система очистки территории. Прибрежные воды экосистемы озера Байкал, а также подземные воды интенсивно загрязняются.

Нами проводились исследования в районах: п. Листвянка, г. Слюдянка, залива Малое Море с 2001 по 2014 гг. Пробы воды были отобраны в стерильные флаконы. Общее количество микроорганизмов определялось на чашках Петри после посева на мясопептонный агар. Инкубация составляла 3 сут. при температуре 22 °С. Результаты анализа выражали количеством бактерий на 1 мл исследуемой воды. За окончательное количество бактерий принималось среднее арифметическое результата подсчета на трех параллельных чашках. При определении градаций чувствительности микроорганизмов к антибиотикам мы пользовались приказом Минздрава СССР от 13.03.75 обновлено, что санитарно-биологическая характеристика байкальской воды в районе п. Листвянка и в истоке реки Ангары характеризуется явно выраженной сезонной динамикой. Количество, растущих при 22 °С и считающихся естественным и обитателями водоемов, достигает максимума в летний период. Количество бактерий–сапрофитов, растущих при 37 °С (общее микробное число – ОМЧ) и считающихся условно-патогенной микрофлорой, во все сезоны было примерно на порядок ниже, чем показатель сапрофитов, растущих при комнатной температуре, но максимальные значения были отмечены также в летний период. То же касается и бактерий группы кишечной палочки. Полученные результаты показали, что в литоральной (прибрежной) части озера: район п. Листвянка, г. Слюдянка, г. Байкальск количество бактерий составляло 1000–3000 кл/мл, что относится к удовлетворительной чистоте по классификации качества воды по В.Н. Жукинскому [3]. В районе Малого Моря вода характеризуется как слабо загрязненная (3000–7000 кл/мл). Проследив во временном интервале, можно отметить, что численность бактерий в литоральной части исследуемых районов за последние 12 лет увеличилась на два порядка. В пелагиали вода относится к предельно чистой воде (10–100 кл/мл). Кроме того, проводились исследования по антибиотикоустойчивости микроорганизмов вод оз. Байкал. В последние годы применение антибиотиков повлекло за собой изменение биологических свойств возбудителей заболеваний и способствовало распространению множественной лекарственной устойчивости бактерий. Результаты исследований показали, что антибиотикоустойчивые штаммы были выявлены на всех станциях в районе п. Листвянка. В летний период из озера Байкал были выявлены грамотрицательные бактерии, устойчивые ко многим антибиотикам: тетрациклину, ампицилину, левомецитину, гентамицину, бисептолу, но чувствительны к клафорану и стрептомицину. Штаммы, выделенные на водозаборе в п. Листвянка грамположительные, тем не менее в зимний период они устойчивы ко многим антибиотикам. В истоке р. Ангара выявлены штаммы наиболее устойчивые к бисептолу, клафорану, диоксидину. В прибрежной воде п. Листвянка антибиотикоустойчивость выявлена к тетра-

циклину, ампицилину, левомецитину, стрептомицину, бисептолу, клафорану, диоксидину и канамицину [рис.1]. Следует отметить, что в антибиотикоустойчивость штаммов возрастала в зимний период.

Количество штаммов, устойчивых к 6 и более антибиотикам в озере Байкал составило 26 %, в истоке Ангары 18 %, на водозаборе 45 %. Микроорганизмы, выделенные из истока Ангары, обнаруживают большую чувствительность, чем микроорганизмы озера Байкал, которые, в свою очередь, более чувствительны, чем микроорганизмы, выделенные с водозабора [1, 2].

Общий анализ чувствительности бактерий к действию каждого антибиотика в отдельности показал, что наиболее эффективное воздействие обнаруживали гентамицин и цефазолин. Количество штаммов, чувствительных к ним, составило 67 % и 59 %. Устойчивых к действию всех антибиотиков был 1 % от всех выделенных штаммов, чувствительных ко всем антибиотикам 6 %. Появление в воде антибиотикоустойчивой микрофлоры говорит не только о человеческом загрязнении, но и возможной патогенности этой микрофлоры. В чистых районах озера все выделенные штаммы микроорганизмов чувствительные ко всему спектру антибиотиков.



**Рис. 1. Чувствительность к антибиотикам штаммов бактерий в (%), выделенных из прибрежной зоны оз. Байкал, 2013 г.**

1 – тетрациклин, 2 – ампициллин, 3 – стрептомицин, 4 – полимиксин,  
5 – хлорамфеникол, 6 – невидграмон, 7 – гентамицин,  
8 – рифамицин, 9 – цефазолин, 10 – котримаксозол,  
11 – цефатоксин, 12 – пefлоксацин, 13 – диоксидин, 14 – канамицин

В результате проведенных исследований выявлено, что в литоральной зоне озера, испытывающей антропогенное влияние, появляется все больше штаммов микроорганизмов, устойчивых к широкому спектру антибиотиков.

Таким образом, имеющиеся данные показывают, что микробный фон Байкала неоднороден и зависит во многом от района озера, впадающих притоков и от использования водоема человеком. Район южной оконечности озера Байкал район Малого моря наиболее подвержен влиянию антропогенного фактора. Наблюдается увеличение численности гетеротрофных бактерий в на 2 порядка во временном периоде. Также в летне-осенний период в воде выявлена группа кишечной палочки. Кроме того, установлено, что в литоральной зоне оз. Байкал, испытывающей антропогенное влияние, появляются штаммы микроор-

ганизмов, устойчивые к широкому спектру антибиотиков. Появление в воде антибиотикоустойчивых бактериальных штаммов говорит не только о человеческом загрязнении, но и возможной патогенности этой микрофлоры.

Встал вопрос о контроле поступления хозяйственно- бытовых стоков частных гостиниц, бань, саун, построенных прямо на берегу озера. Также, немаловажное значение имеет утилизация пищевых отходов от ресторанов и закусочных в береговой зоне. Наблюдается не только привнос посторонней микрофлоры в воду озера, но и поставка легко минерализуемого органического вещества, являющегося питательной средой для микроорганизмов.

#### Литература

1. Верховина Е.В., Верховина В.А., Савилов Е.Д., Верхотуров В.В. Антибиотикоустойчивость микробного сообщества экосистемы озера Байкал в районе п. Листвянка, г. Слюдянки и г. Байкальска // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН № 3, 2014. С. 62–65.
2. Верховина В. А., Верховина Е. В., Верхотуров В. В., Сафаров А. С. Мониторинговые исследования микробного сообщества литоральной зоны в районе южного Байкала // Вода: химия и экология. 2014. № 3. С. 66–70.
3. Жукинский В.Н., Оксюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1981. Т. 12. № 2. С. 38–49.
4. Писарский Б. И. Закономерности формирования подземного стока бассейна озера Байкал. Новосибирск. Наука. 1987. – С. 155.

## Секция «ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»

УДК 543.4 + 7.02

### КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ «В СВЕТЕ» РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

Канева Е.В., Ph.D in Earth Science, Институт геохимии им. А.П. Виноградова  
СО РАН, г. Иркутск

Применяемый в материаловедении на протяжении 100 последних лет рентгено-дифракционный анализ является одним из методов, использование которого в последние годы неизменно возрастает и в таких областях исследований, как археология, искусствоведение и изучение предметов культурного и исторического наследия. Результаты анализа дают возможность получить информацию о материальном составе объектов и помогают найти ответы на вопросы где, когда и кем были изготовлены артефакты. Кроме того, такие исследования способствуют выяснению способа изготовления предметов искусства и других археологических находок и, следовательно, образа жизни исследуемых культур. Научные исследования также являются полезными, а в некоторых случаях необходимыми для того, чтобы отличить оригинальные детали объекта от более поздних добавлений, совершенных при реставрационных работах, а также выявить фальсификации и подделки.

Рентгено-дифракционный метод основан на явлении рассеяния рентгеновских лучей веществом, в результате чего возникают вторичные пучки, направление и интенсивность которых зависят от строения объекта. В список задач, решаемых этим методом, входят [1]: качественный, количественный и структурный анализы, а также исследование текстуры и размеров микрочастиц образца (Таблица 1). Некоторые из примеров успешного применения рентгеновского анализа для этих целей описаны в данной статье.

*Таблица 1.*

#### Информация, получаемая при рентгено-дифракционных исследованиях предметов культурного наследия

Методика	Информация	Пример
Качественный анализ	Идентификация состава	Красители, продукты окисления и др.
Количественный анализ	Происхождение, техника изготовления или фальсификации	Керамика, древние строительные цементные растворы, металлы и др.
Структурный анализ	Методика изготовления, структурные преобразования	Синий краситель Майя, техника глазирования и др.
Анализ текстуры и размеров микрочастиц	Микроструктура, физический анализ	Косметика Древнего Египта, металлография и

### 1. Качественный анализ

Огромный вклад в проведение реставрационных работ над картиной «Даная» кисти Рембрандта (1636) после акта вандализма, произошедшего в Эрмитаже летом 1985 года, внесло микронзондовое исследование шлифов – очень тонких поперечных срезов с поврежденных участков. Этим рентгеновским методом были выявлены химические элементы, входящие в состав веществ, которыми пользовался Рембрандт, с целью восстановления утраченных из-за воздействия на них серной кислоты частей картины. В результате физико-химических исследований выяснилось, что художник использовал несколько пигментов неорганического происхождения, а богатство оттенков и цветов достигал смешением красок; кроме того, в смесях красок присутствовало некоторое количество измельченного стекла [2]. По одной из версий оно добавлялось для того, чтобы сделать краски более прозрачными. Помимо рентгеновской техники для реставрации использовали инфракрасную спектроскопию для определения состава лака, и калориметрию.

### 2. Количественный анализ

Рентгеновский дифракционный анализ находит всё большее применение для характеристики материала в практике археологов. Он позволяет разобраться в происхождении некоторых материалов, выявлении подделок, а также выяснить количественный состав используемых материалов и даже способы их изготовления.

**2.1. Керамика.** Довольно эффективно рентгено-дифракционный метод был использован при изучении древней керамики [3]. С помощью этого анализа можно фиксировать минералы, которые образуются при обжиге глиняной массы при сравнительно высоких температурах, и по ним определять температуру, при которой производился отжиг керамики. Так, если на рентгенограммах отсутствуют линии карбоната – значит, температура обжига была выше 850 °С, так как кальцит разлагается при 550–850 °С. Присутствие галенита и анортита говорят о высоких температурах обжига, так как галенит образуется при 800–840 °С, а анортит – при 840–900 °С. Наличие линий тридимита указывает на еще более высокую температуру обжига – около 1000 °С.

**2.2. Римский бетон.** Изучением образца бетонного римского волнореза, в течение последних 2000 лет находившегося в Средиземном море, занималась группа исследователей из лаборатории Беркли [4]. Изучение свойств образцов привело к выводам о том, что римский бетон превосходит современный по прочности. Рентгено-дифракционный анализ показал, что последний состоит из соединения: кальций-силикат-гидрат, тогда как римский бетон изготовлен из чрезвычайно стабильного соединения: кальций-алюминий-силикат-гидрат. Таким образом, римский образец включает в себя меньше кремниевых соединений и больше алюминия. Ученые выяснили, что прочность и долговечность древнему бетону обеспечивает Al-тоберморит, входящий в его состав [5]. Для подготовки раствора вместе с известью римляне использовали также пуццолан (вулканический пепел, пемза и туф), взятый из вулканических регионов Неапо-

литанского залива. Раствор погружался в деревянные формы, находящиеся в воде, после чего морская вода вступала в химическую реакцию с известью, а гидратированная известь, в свою очередь, взаимодействовала с пеплом и скрепляла всю смесь вместе [6].

Вулканический пепел защищает также стены древнеримских зданий от эрозии – он образует структуру, которая предотвращает распространение крошечных трещин. Бетон как строительный материал, использовался Римской империей при возведении таких памятников, как Пантеон, Рынок Трояна в Риме и многих других.

Современный бетон изготавливается на основе портландцемента, для производства которого смесь известняка и глины нагревают до 1450 °С. Древние римляне использовали меньшее количество извести, а известняк нагревали до 900 °С, таким образом, затрачивая значительно меньше энергии для своего производства.

### *3. Структурный анализ*

*Синий краситель Майя.* Более 1700 лет назад индейцы майя использовали яркий синий краситель для раскрашивания гончарных изделий, скульптур, окрашивания стен, а также для украшения человеческих жертв с целью проведения ритуалов жертвоприношения. Этот краситель, получивший название Maya Blue, удивил археологов своей яркостью и долговечностью. Известно, что краситель получали, нагревая синий пигмент индиго, выделяемый из листьев травянистого растения вайда, с минералом палыгорскитом, имеющим волокнистое строение. В процессе нагрева пигмент каким-то образом адсорбировался минералом, что и приводило к многократному улучшению его свойств. Недавно удалось выяснить причины такого изменения свойств, применяя рентгеноструктурный анализ:

1) «Волокна» палыгорскита пронизаны узкими порами, которые при обычных условиях заполняются водой. При нагревании эта вода испаряется, структура расширяется, а поры заполняются молекулами индиго. После остывания структура принимает свои прежние размеры, а молекулы индиго при этом застревают в порах и уже не могут изменить своё положение [7].

2) Обычный индиго под воздействием различных факторов окружающей среды меняет свой цвет с синего на желтый, при этом в его структуре происходит разрыв двойных связей между атомами углерода. Когда этот пигмент «прячется» в порах палыгорскита, эта связь становится надежно защищенной и изолированной от внешних воздействий, поэтому цвет индиго не изменяется, а его яркость сохраняется столь долгое время [8].

Исследователи уже создали новый синтетический материал на основе индиго и минерала цеолита, цвет которого оказался очень устойчивым. Данный метод, разработанный еще индейцами Майя, возможно, позволит создавать различные новые более стойкие красители.

### *4. Анализ текстуры и размеров микрочастиц.*

*Косметика Древнего Египта.* Четыре тысячи лет назад в Египте представители всех слоев общества, включая мужчин, женщин и детей, пользовались

косметикой. Исследование древнеегипетских порошков – содержимого сосудов для хранения косметических средств и палочек для нанесения макияжа из коллекции египетских древностей Лувра – помогло пролить свет на то, как жители Древнего Египта за тысячелетия до нашей эры изготавливали различную косметику, и в том числе известную во всём мире подводку для глаз [9]. В результате проведенной порошковой рентгено-дифрактометрии учёными было выявлено, что материал для косметики подвергался толчению, просеиванию и даже отжигу. Анализы показали, что основным сырьем при изготовлении косметики служили сульфид или карбонат свинца. Известно, что ширина рентгеновских пиков находится в прямой зависимости от размеров кристаллитов: образец, состоящий из частиц меньшего размера, будет иметь более широкие пики на дифрактограмме. В итоге, исследовав размеры частиц, из которого состоят порошки, ученые выяснили [10], что Египтяне использовали два типа косметики для глаз:

- 1) черную, состоящую из мельчайших кристалликов до 140 нанометров в сечении, которые получали методом отжига,
- 2) серую, которая изготавливалась обычным толчением и просеиванием материала, а потому была более дешевой.

В гораздо меньших количествах для подведения глаз в Египте использовали синайский малахит, а также соединения железа, сурьмы и копоть. Причем эти вещества могли применяться как в виде порошка, так и в виде пасты, получаемой при добавлении жиров или вязких жидкостей. Для нанесения макияжа использовали специальные деревянные, костяные или металлические палочки. Куски свинцовых минералов или малахита нередко клались в гробницы, по-видимому, чтобы умерший мог изготовить из них для себя косметику уже в загробном мире.

В современных условиях развития технологий и приборостроения особенно актуальным становится научный подход в изучении предметов искусства и архитектуры, при этом история искусств все больше приобретает междисциплинарный характер, используя как гуманитарный, так и естественнонаучный методы познания. Основные цели исследований предметов, относящихся к мировому культурному наследию, включают в себя диагностирование и выявление условий хранения предметов искусства, а также исследование, описание и толкование археологических находок, дающих вклад в изучение истории человечества. Рентгено-дифракционный анализ успешно применяется для решения этих задач.

#### Литература:

1. Artioli, G. (2013) Science for the cultural heritage: the contribution of X-ray diffraction. *Rendiconti Lincei*, 24, 1, 55 – 62.
2. Пинчук, М. (1988) Судьба «Данаи». *Наука и жизнь*, 7, 108 – 126.

3. Тетерина, Т.И. (2011) Археоминералогические исследования неолитической керамики Вычегодского края. Вестник ОНЗ РАН, электронный мультимедийный журнал, 11, 203, 12 – 15.
4. Jackson, M.D., Moon, J., Gotti, E., Taylor, R., Chae, S.R., Kunz, M., Emwas, A.-H., Meral, C., Guttman, P., Levitz, P., Wenk, H.-R., and Monteiro, J.M. (2013) Material and elastic properties of Al-tobermarite in ancient Roman seawater concrete. Journal of the American Ceramic Society, 96, 8, 2598 – 2606.
5. Jackson, M.D., Chae, S.R., Mulcahy, S.R., Meral, C., Taylor, R., Li, P., Emwas, A.-H., Moon, J., Yoon, S., Vola, G., Wenk, H.-R., and Monteiro, P. (2013) Unlocking the secrets of Al-tobermorite in Roman seawater concrete. American Mineralogist, 98, 1669 – 1687.
6. Brandon, C., Hohlfelder, R.L., Oleson, J.P., Stern, C. (2005) The Roman maritime concrete study (ROMACONS): the harbor of Chersonisos in Crete and its Italian connection. Méditerranée, 104, 25 – 29.
7. Chiari, G., Giustetto, R., Druzik, J., Doehne, E., and Ricchiardi, G. (2008) Pre-columbian nanotechnology: reconciling the mysteries of the maya blue pigment. Applied Physics A, 90, 3 – 7.
8. Giustetto, R., Levy, D., and Chiari, G. (2006) Crystal structure refinement of Maya Blue pigment prepared with deuterated indigo, using neutron powder diffraction. European Journal of Mineralogy, 18, 629 – 640.
9. Walter, P., Martinetto, P., Tsoucaris, G., Bréniaux, R., Lefebvre, M.A., Richard, G., Talabot, J., and Dooryhee, E. (1999) Making make-up in Ancient Egypt. Nature, 397, 483 – 484.
10. Ungár, T., Martinetto, P., Ribárik, G., Dooryhée, E., Walter, Ph., and Anne, M. (2003) Microstructure determined by X-ray diffraction peak profile analysis: a fingerprint in archaeology. Molecular and Structural Archaeology: Cosmetic and Therapeutic Chemicals, NATO ASI Series 117, 211 – 220.

УДК 622.7

### **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАБОШОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛЯННЫХ ОТХОДОВ И БРАКА ПРИ ВИТРАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Шаульский С., студент ТХб-14; Павлова Е. Г., доцент;  
ИРНИТУ, г. Иркутск

*Аннотация:* рассмотрены проблемы утилизации стеклянных отходов витражного производства, проведены практические эксперименты и предложены способы их утилизации, дано описание технологии создания кабошонов.

*Ключевые слова:* стеклянные отходы, утилизация, витраж, витражное производство, кабошон.

Стекло – материал, с которым человек работает с древних времен. Его используют в строительстве, мебельном производстве, фото-индустрии, технике, ювелирных изделиях, витражах. Благодаря уникальным свойствам стекла, ему находят самое широкое применение от повседневных принадлежностей в быту до незаменимых инструментов в медицине.

Недостатком данного материала является его хрупкость. Утилизация стеклянных отходов, брака – одна из важнейших проблем. На сегодняшний день стеклянный лом подвергают вторичной переработке - его переплавляют. С каждой переплавкой стекло становится всё более хрупким, поэтому стеклянную крошку используют для создания строительных материалов.

Витражное стекло – стекло особое. Такое стекло жалко пускать в переплавку и тем более использовать в строительных целях. Стеклянные отходы витражного производства, образующиеся при самом производстве и последующем монтаже готовых изделий, составляют до 60 %, поэтому проблема их утилизации является актуальной.

Разработка оптимальной технологии вторичной переработки стеклянных отходов витражного производства без использования температурной обработки для создания ювелирных вставок – является *целью* данного исследования. Были поставлены следующие *задачи*: изучить способы вторичного использования стеклянных отходов витражного производства, разработать способы создания вставок для изготовления украшений, определить какие оптические эффекты образуются при использовании различных технологий, определить природные камни, имитациями которых могут служить получаемые кабошоны.

Витражный лом соответствует всем характеристикам исходного сырья.

Для работы были использованы стекла из одного витража, поэтому они уже подобраны по цвету, фактуре, толщине: разные по степени прозрачности с ровными и рельефными поверхностями.

Весь технологический процесс создания вставок можно разделить на несколько этапов:

1. Подбор стеклянных отходов для создания склейки (рис. 1, а).
2. Подготовка двухкомпонентного эпоксидного состава и соединение стеклянных отходов эпоксидным составом (рис. 1, б).
3. Сушка заготовки.
4. Огранка заготовки кабошоном (рис. 1, в).



а)



б)



в)

**Рис. 1. Основные этапы создания ювелирной вставки:**

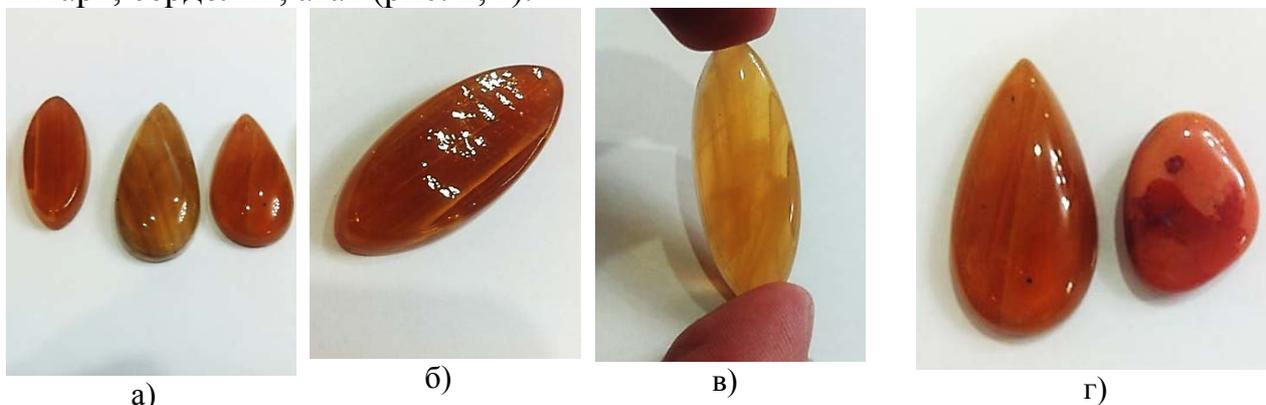
а) подбор отходов; б) создание склейки; в) огранка

В зависимости от высоты склеек и расположения в них стеклянных отходов были получены различные оптические эффекты, позволяющие создавать имитации различных природных камней.

Если располагать стеклянные отходы горизонтально, то в получаемых кабошонах слои эпоксидного состава между стеклами будут практически незаметны, что создаст эффект целостности исходного сырья (рис. 2, а). Если высота склейки не велика (2 слоя отходов), то верхнюю поверхность кабошона можно не обрабатывать, а оставить рельефной (рис. 2, б).

Удачно смотрятся склейки, прозрачность слоев которых уменьшается от верхнего слоя к нижнему. Такое расположение обеспечивает максимальное раскрытие текстуры каждого слоя в получаемом кабошоне, создающее эффекты включений (рис. 2, в).

Кабошоны, выполненные из склеек с горизонтальным расположением слоев стекла, могут служить имитациями таких природных камней как кварц, янтарь, сердолик, агат (рис. 2, г).



**Рис. 2. Отличительные черты кабошонов с горизонтальным расположением стеклянных слоев:** а) эффект целостности сырья; б) необработанная верхняя часть кабошона; в) эффект включений; г) кабошон, выполненный из склейки с горизонтальным расположением слоев стекла и природный сердолик

Если располагать стеклянные отходы вертикально, то в получаемых кабошонах будут наблюдаться переходы между различными по цвету и текстуре слоями стеклянных отходов (рис. 3, а). Однако, чем больше высота и неровность поверхностей отходов, тем заметнее становятся слои эпоксидного состава (рис. 3, б).



**Рис. 3. Отличительные черты кабошонов с вертикальным расположением стеклянных слоев:** а) переходы между различными по цвету и текстуре слоями; б) чем больше высота

кабошона, тем заметнее становятся слои эпоксидного состава

Если располагать стеклянные отходы под углом, то в получаемых кабошонах будут наблюдаться эффекты как горизонтальных, так и вертикальных склеек. Переходы между различными по цвету и текстуре слоями стеклянных отходов выражены намного ярче, чем в кабошонах из вертикальных склеек, что делает слои эпоксидного состава практически незаметными и придает эффект целостности исходного сырья (рис. 4, а). Однако, чем больше высота кабошона, неровность поверхностей отходов и меньше контраст между слоями стекла, тем заметнее слои эпоксидного состава (рис. 4, б).

Кабошоны, выполненные из склеек с вертикальным и косым расположением слоев стекла, могут служить имитациями таких природных камней как тигровый глаз, кварц, агат (рис. 4, в).



**Рис. 4. Отличительные черты кабошонов с косым расположением стеклянных слоев:**  
а) переходы между различными по цвету и текстуре слоями; б) чем больше ровность поверхностей отходов и больше контраст между слоями стекла, тем менее заметными становятся слои эпоксидного состава; в) образец кабошона, выполненного из природного агата

Также в кабошонах, выполненных по данной технологии можно наблюдать интерференцию света, сходную с эффектом иризации в различных природных камнях.

Продукт, получаемый по данной технологии, отличается следующими качествами: низкой себестоимостью, прозрачностью, быстротой и простотой изготовления, возможностью компоновать различные по прозрачности и толщине стеклянные отходы, а также элементы текстур различных стекол.

Данная технология позволяет предприятию решить ряд важных вопросов: утилизировать отходы производства с привлечением к этому неквалифицированных кадров и социально незащищенных групп населения, создать новую продукцию, которая принесет дополнительный доход при низкой себестоимости.

По результатам работы можно сделать несколько выводов:

1. Своевременное использование стеклянных отходов позволяет создавать новую продукцию, объединенную композиционно-цветовым решением

2. Предложенная технология доступна в исполнении даже людям без специального образования и позволяет обойтись без применения температурной обработки

3. Разработанная технология может быть использована для создания недорогих украшений.

4. Кабошоны, выполненные по данной технологии могут служить имитациями таких природных камней как кварц, агат, сердолик, янтарь, тигровый глаз.

5. Наиболее удачные образцы были оправлены в касты (рис. 5.)



**Рис. 5. Наиболее удачные образцы, оправленные в касты**

УДК 7.05

### **ОБЕРЕГИ ВЕДИЧЕСКОЙ РУСИ**

Василевич А.В. студентка ИРНИТУ, Иванова Г.Н., доцент Иркутского научно-исследовательского технического университета, г. Иркутск

Испокон веков люди стремились к гармонии с природой, пытаясь найти единство тела, разума и души. Эти же интересы были и у наших предков, древних славян.

Историки полагают, что сведения о жизни древних славян сохранились по большей части в Велесовой книге. Это древнейшая летопись славянских народов обо всем, где записывалась различная информация, носившая, правда, беспорядочный характер. Здесь могли находиться и записки по хозяйству, и произведения, схожие с балладами, и молитвы [4].

Уже тогда, много веков до нашей эры у славян имелась собственная систематизированная знаково-буквенная письменность. Откуда она взялась, что за символы применялись для нее сказать сложно, но зато сохранились отдельные руны славянского происхождения.

**Руна – это сакральный символ, отражающий связь Человека, Мира и Божественной энергии в их неделимости.** Каждая воплощает в себе один из законов вселенной, доступный для осознания. Славянский рунический алфавит содержит 18 знаков, которые, как известные всем скандинавские руны, имеют свое значение. Руны используют и сейчас, так как их сила действительно помогает решить ряд физиологических и внутренних проблем. На славянских рунах можно гадать, а можно использовать их в качестве оберега. Но для того, чтобы применять силу этих древнейших символов, необходимо знать значение каждой руны [1, 4].

**В мировоззрении славян, руны отражают в повседневности триединство божественной силы.** Оно заключалось в единстве противоположностей: Жизнь – Смерть, Порядок – Хаос и Человек – Воин, прокладывающий свой путь в равновесии двух этих сил. По преданиям руны славянам подарил бог Велес. В ведической традиции Велес имеет другое священное имя – Рамна (в ирано-

арийской традиции бог Раман, а в индуизме Рама). На санскрите слово «гоман» переводится, как «волос на теле». Отсюда возникают ассоциации со словом «руно» и «руна», родство которых доказано лингвистами. То есть слово «руна» и «волос» образуют имя бога Волоса Рамны, от которого получили руны славянские и арийские племена. Именно Велес-Волос почитается, как творец рун [4].

В старину рунами украшали различные предметы быта, одежду, посуду, оружие, высекали на камне, писали над входом в дом и на носу корабля, их использовали повсеместно (рис. 1).



Рис.1. Изображение рун на кухонной утвари, оружии

Материал для изготовления рун должен быть природным. Чем ближе к природе – тем лучше. Хорошо подходит для изготовления рун дерево – его просто достать и несложно обрабатывать. Глина – тоже подходящий материал для этой цели. Глина удобна тем, что легко менять ее форму, а после обожжения она становится твердой как камень. Еще один природный материал – камень. Можно вырезать на камне руны, можно рисовать на камне.

**Белобог (Мир), буква м.** Руна символизирует мироздание и внутреннее состояние человека. Это гармония всего сущего. В магическом понимании славянская руна Мир представляет собой покровительство Богов.

У

**Чернобог, буква ц,ч.** Эта руна противоположна руне Чернобог. Она имеет разрушительную силу, приводящую мир в хаос. Руну Чернобог полезно использовать в качестве оберега для разрушения старых связей и разрушения привычного образа жизни.

Л

**Алатырь, буква а.** Руна Алатырь представляет собой центр мира. Это баланс сил добра и зла, гармонии и хаоса. Она дана для упорядочения всего сущего.

Л

**Радуга, буква р** Эта руна – путь к Алатырю, дорога к равновесию. Ее используют в качестве оберега для достижения поставленных целей.

Р

**Нужда, буква н** Руна Нужда обладает магией ограничения, неволи и стеснения. Она сковывает человека и не дает ему двигаться дальше. Это руна запрета и уз.

Т

**Крада, буква г,к.** Славянская руна Крада – это воплощение энергии. Она раскрывает возможности человека и помогает реализовать желания. Отличный оберег для совершения задуманного дела.

У

**Треба, буква т.** Руна Треба символизирует жертвенность. Она дает человеку все, что он только пожелает, но взамен требует лишения чего-либо.

↑

**Сила, буква с.** Это руна могущества, власти и сила. В ней заключена невероятно мощная энергия, направляющая человека на победу и достижение цели. Это руна настоящих воинов.

И

**Есть, буква е.** Эта руна представляет собой природные силы, жизнь. Если вы хотите получить покровительство стихий, то руна Есть поможет вам в этом. Она дает энергию и восстанавливает силы.



**Ветер, буква в.** Руна Ветер символизирует творческий порыв. Она подходит творческим людям. С ее помощью можно получить вдохновение на воплощение новых идей.



**Берегиня, буква б.** Это исключительно женская руна, символизирующая материнство, женскую энергетику и начало жизни. Она защищает беременных, детей и придает сексуальность и женственность.



**Уд, буква у.** Это мужская руна, связанная с мужской силой, страстью. Она защищает энергетическое поле представителей сильного пола и наделяет их здоровьем.



**Леля, буква л.** Эта славянская руна связана с водой, очищением и радостью. Она наделяет интуицией и привлекает удачу во всех делах.



**Рок, буква х.** Эта руна символизирует путь от начала до конца. Это руна судьбы, которая может повлиять на жизнь человека как негативно, так и положительно.



**Опора, буква о.** Значение этой славянской руны – помощь, поддержка, защита. Это сильнейший оберег, который поможет преодолеть любые трудности.



**Дажьбог, буква д.** Это руна достатка и изобилия. С ее помощью можно привлечь удачу во всех сферах жизни. Основное ее предназначение – привлечение денег и семейного благополучия.



**Перун, буква п.** Руна Перун – это символ начала движения. Данная славянская руна – оберег помогает сдвинуть с мертвой точки какое-либо дело, изменить жизнь, привлечь перемены и новых людей.



**Исток, буква и.** Это руна застоя энергии. Она обездвиживает все действия и приводит все сущее в покой и умиротворение. Как оберег данная славянская руна поможет привести мысли в порядок, стать более уравновешенным и спокойным человеком.



Очень долгое время руны использовались наряду с латинским алфавитом. Они обозначали не только отдельные звуки, но и целые понятия. Пользуясь руническими символами и заключенными в них понятиями, составляли сообщения, с их помощью наносили на личные предметы (оружие, кольца, гребни). Люди вырезали рунами какие-либо заветные слова, например на кольце (для завоевания любви), оружии (для победы в сражениях) и т. д. Также считалось, что на действие руны может влиять и конкретный вид камня.

Многим камням приписывались свойства оберега, способность снять сглаз, оградить от порчи или хотя бы уменьшить силу вредоносного воздействия. Нанесение символа на камень, усиливает это влияние [2, 3].

Помимо рун у славян существовали символы и знаки, которые тоже часто использовались в повседневной жизни. Они делятся на многие типы. Солярные – огненные, солнечные, являются олицетворением прямой Силы Богов, небесные – несут в себе силу стихий и законы Небосвода, свастические – напо-

минают о единстве Родов и их могуществе, непоколебимости и непрерывном круговороте времени.

Главные славянские символы и знаки использовались в обозначении Святилиц, Капищ, Священных Деревьев. Носить и выдерживать их силу могли Ведуны и Жрецы, а также Старшие Рода. Также ставились славянские символы и на жилища или хозяйственные постройки как оберег и знак покровительства Богов. Мало какой вор или недруг решался навлечь на себя их кару и обходил стороной дом с воротами, на котором были Печати Рода. Некоторые из этих символов также использовались в быту при украшении кухонной утвари или вышивке одежды. Таких символов существует гораздо больше, чем рун. Ниже приведены некоторые из них

**Грозовик** – славянский Огненный символ, помогающий управлять Природными Стихиями, погодой и оберегающий от Непогоды храмы Богов и жилища Родов наших, отводящий карающий Гром и призывающий Грозу при долгой Засухе.



**Дерево Жизни (Мировое Дерево)** – символ новой жизни. Мировое Древо олицетворяет в себе единство всего Мира. Это древняя модель Вселенной и человека, где для каждого существа, предмета или явления есть своё место.



**Цветок Папоротника (Огнецвет)** – огненный символ чистоты Духа, обладает мощными целительными силами. В народе его называют Перунов Цвет. Считается, что он способен открывать скрытые в земле клады, исполнять желания. На самом деле он дает человеку возможность раскрыть Дух.



Представлен изготовленный комплект каменных рун и несколько оберегов из камня, использованы славянские символы. В изготовлении рун использована однородная по форме и размерам речная галька из мрамора. Она от галтованная природой. Символы на рунах всегда рисовали красной краской, приmeshивая к ней свою кровь для единения с руной. Красной краской на гальке были изображены 18 символов. Так как природный материал гораздо лучше передает энергию, и при использовании человек будет находиться в гармонии с руной он, считается, получит более точный ответ на свой вопрос. Для хранения рун использовались маленькие мешочки, которые нужно носить при себе, заряжая их своей энергией. Такие мешочки обычно изготавливались из белых льняных тканей.

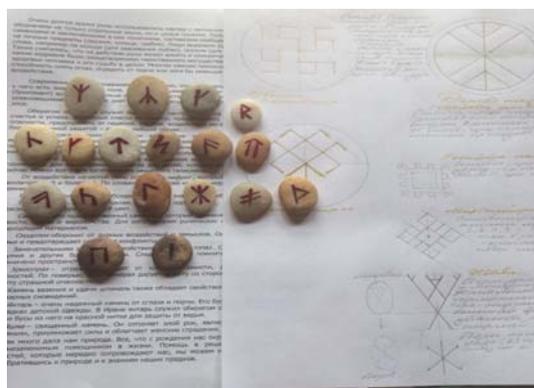


Рис. 2. Комплект рун

Для оберегов из камня выбрано 2 знака: Цветок папоротника и Дерево жизни, представленные выше. Вырезаны на камне – офиокальците. Как и все камни, он имеет свои свойства. Твердость 3,5, микрозернистый желтого цвета.

Он очищает пространство и нейтрализует негативные воздействия. В жизни такой камень помогает сохранить привлекательность и уверенность в себе. Имея изначально 2 пластинки офиокальцита, сделав предварительно эскизы, металлической чертилкой намечены двойной линией знаки (рис. 3).

Этот инструмент используется для начальной разметки на камне.



**Рис. 3. Намеченный рисунок**



**Рис. 4. Готовое изделие**

После этого этапа приступаем к глубокому нанесению символов на камне. Для этого используем бормашинку. С помощью различных насадок с алмазным покрытием выбираем материал между двумя намеченными линиями.

Эти обереги можно будет разместить на видном месте в квартире, чтобы пространство очищалось благодаря свойствам камня. Символ цветка папоротника будет исцелять владельца и исполнять желания, а Дерево жизни приносить гармонию единства в дом.

Как много дала нам природа. Все, что с рождения нас окружает, на самом деле, может быть незаменимым помощником в жизни. Помощь в решении проблем и различных трудностей, которые нередко сопровождают нас, мы можем найти, как ни странно, всего лишь обратившись к природе и к знаниям наших предков.

#### Литература:

1. Асов, А. Велесова книга / М. : АСТ, 2010.
2. Асов, А. Славянские руны и Боянов гимн / М. : Вече, 2000.
3. А. Платонов, Н. Таранов. Руны славян и глаголица.
4. Википедия.

УДК 7.05

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАМНЕРЕЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МОЗАИКИ**

Носова Н.Н. студентка, Берман Е.А., Иванова Г.Н. – доценты Иркутского научно-исследовательского технического университета, г. Иркутск

*Аннотация:* рассмотрена технология создания флорентийской мозаики из отходов предприятия ОАО «БКС». Произведен анализ камнесамоцветного сырья, представляющего неиспользуемые отходы, хранящиеся на складах предприятия в настоящее время. Создана схема соответствия минералов по цветовой гамме, предложено использование отходов в изготовлении флорентийской мозаике.

*Ключевые слова:* деловые отходы, флорентийская мозаика, цветовой круг.

Работающее на сегодняшний день предприятие ОАО «Байкалкварцсамоцветы» начало свою работу с поисковой партии 16 сентября 1966 года приказом по Министерству геологии СССР № 452 для усиления поисковых и разведочных работ на ювелирные, ограночные и поделочные камни на предприятии.

В течение 30 лет активной работы предприятия, геологами были разведаны и открыты десятки месторождений. В ходе работы, производилась добыча и переработка таких основных ювелирных камней как: нефрита, лазурита, жадеита, чароита, берилла, турмалина, топаза, хризолита, аметиста, сердолика, амазонита, офиокальцита, мраморного оникса, микрокварцита и гранулированного кварца.

На протяжении 50 лет работы предприятие становится лидером камнеобработки не только в Восточной Сибири, но и среди себе подобных во Всесоюзном объединении по ассортименту изделий, по новаторским решениям в камнерезной промышленности, по объему выпускаемой продукции. В связи с многолетней переработкой сырья по государственному заказу по определенной номенклатуре, в настоящее время на складах скопилось большое количество деловых отходов.

Для использования деловых отходов на производстве ведется большая работа художниками и технологами по выпуску новых направлений. Готовятся на производстве к запуску второй линии по изготовлению плитки и плоскостных изделий крупного размера с наполнителем из отходов ювелирных камней, хранящихся на складах.

В связи с большим количеством используемых ювелирных камней в производстве и их разнообразной окраской, которая соответствует в полной мере палитре цветового круга, была создана схема цветового круга (рис. 1).



Рис. 1. Цветовой круг

Схема включает в себя цветовой круг, в который входят основные цвета, напротив каждого из которых расположены ювелирные камни соответствующего оттенка, например лазурит – синий, чароит – фиолетовый, нефрит – зеленый, сердолик – красный, офиокальцит – желтый. Представленные на цветовом круге ювелирные камни, являющиеся в свое время сырьем для предприятия ОАО «БКС» имеются в достаточном количестве как деловые отходы для дальнейшего использования в производстве изделий.

Благодаря тому, что цветовая гамма деловых отходов разнообразна, и минералы имеют по шкале твердости параметры в пределах 5–7, данные деловые отходы хорошо подходят для изготовления высокохудожественных изделий, например флорентийской мозаики.

Флорентийская мозаика зародилась во Флоренции, данная технология представляет собой создание художественного изображения из сочетания цветных камней разных цветов, оттенков и геометрических форм (рис. 2) [1].



а)



б)

Рис. 2. а) Шкатулка «Вьюнки» камень яшма флорентийская мозаика;  
б) рисунок Панно из флорентийской мозаики в фойе на полу театра «Новая Опера». Сад «Эрмитаж». Москва

Для предприятия ОАО «Байкалкварцсамоцветы» были разработаны эскизы флорентийской мозаики с мотивами пейзажей Байкала. Так как многие виды имеющего сырья добыты в Сибири, они будут хорошо подчеркивать особенность и уникальность данного региона (рис. 3.)



**Рис. 3. Эскиз флорентийской мозаики «Пейзажи Байкала»**

При переработке камнесамоцветного сырья по определенной номенклатуре, возможно появление большого количества деловых и неиспользуемых отходов, которые накапливаются на складах предприятия и требуют дальнейшего использования. Только при внедрении методик безотходной переработки и включение многих этапов изготовления разнообразных изделий можно существенно подойти к уменьшению отходов.

На протяжении многих столетий флорентийская мозаика, выполненная из камня, считалась высокохудожественным произведением искусства с высокой прочностью и долговечностью, которое могли позволить себе только люди высшего сословия в украшениях дворцов и палат[2,3].

Изготовление флорентийской мозаики является одним из перспективных способов реализации данных отходов. Так как геометрическая форма и размеры камней разнообразны и при правильном подборе и сборке они приобретут эстетичный вид и высокую художественную ценность. Для создания одной мозаики требуется большое количество разнообразных ювелирных камней по цветовой гамме, что будет положительно сказываться на использовании отходов в промышленном производстве.

**Список литературы:**

1. Воронцова Н. В., Буйволова М. А. Технология огранки ювелирных камней: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
2. Демина М. Живущая в веках/ М. Демина// Химия и жизнь.- XIX в. – 2013. – № 9. – с. 48 – 51.
3. Шлякова Е. А. Мозаика. – М.: РИПОЛ классик, 2011. – 31 с.

УДК67.02

**ИСТОРИЯ И ДИЗАЙН СИБИРСКИХ ТОЛИ**

Орлова К.Г., гр. ТХМ-10, Павлова Е.Г., доц., ИРНТУ, г. Иркутск

Издревле шейным украшениям придавался мистический смысл – кулоны, ожерелья, подвески и бусы различные народы носили в качестве защиты от дурного глаза или талисмана на удачу. Действительно среди всех прочих видов украшений, ожерельям и подвескам предписывают максимальное количество волшебных и магических свойств.

Такие украшения могли быть очень простыми – с камнями или резьбой, другие же наоборот были роскошными, украшенными множеством драгоценных камней и выполненными из ценных металлов. По всей вероятности, ожерелья и подвески были придуманы с явной целью отвлечь внимание недруга от лица владельца и его глаз, в особенности, и, таким образом, защитить хозяина. Например, египетская пектораль или православный крест. Исключением не стал и шаманизм со своим колоритным костюмом и большим количеством металлических подвесок. Объектом внимания дипломной работы стала одна из видов подвесок именно сибирских шаманов – шаманское зеркало – толи.

В настоящее время спрос на нестандартные решения в ювелирном искусстве, несомненно высок, но при этом ощущается дефицит на единство дизайнерских и технологических решений, в изготовлении, набирающего популярность шаманского украшения – толи, не требующие чрезмерно высоких затрат и особых ювелирных навыков на их создание. Шаманское зеркало сочетает в себе два удивительных качества: с одной стороны, для изготовления толи необходимо соблюдать ряд неписанных правил (только тогда оно будет нести в себе защиту), а с другой, обладает большим разнообразием дизайнерских решений. Толи лучше изготавливать в единичном количестве, на заказ, учитывая индивидуальные пожелания, это украшение-защитник является личной вещью отдельного шамана или человека, желающего приобрести защиту с помощью шаманизма. Именно поэтому, на сегодняшний день, рынок предлагает скудный ассортимент на этот вид ювелирного украшения.

Были изучены фотографии из музея антропологии и этнографии, размещенные в трудах Екатерины Дмитриевны Прокофьевой «Шаманские костюмы народов Сибири», на которых изображены шаманские костюмы, вместе со всеми металлическими подвесками, в числе которых есть и толи. Также проанализированы современные шаманские зеркала. Что позволило систематизировать данные о нем. Дизайн очень разнообразный, но есть ряд негласных правил в изготовлении толи.

Форма. Для толи типична круглая форма. Литые толи имеют более четкую округлость. Изделия, изготовленные ковкой, чеканкой имеют несовершенную, т.е. приблизительно округлую форму.

Размер толи по приблизительным подсчетам от 2,5 см до 20 см (сила зеркал несоразмерна их величине; больше всего ценятся небольшие зеркала). В одеянии шамана, как правило, были одно или два крупных толи и несколько маленьких.

Материал. Для изготовления толи использовали нефрит или металл. «Желтую» палитру металлических поверхностей составляют медь, латунь, бронза, «белую» – серебро, сталь, железо.

Дополнительными материалами в изготовлении толи служат бахрома из ниток, или нарезанных лоскутков ткани или кожи, которыми обрабатывают края изделия, также возможно обрамление натуральным мехом.

По дизайну все толи можно разбить на две группы.

1. Внешняя сторона отполирована до зеркального блеска, петля для веревки, находится внутри.

2. Внешняя сторона украшена орнаментом, рисунком и др., петля для веревки находится снаружи по центру (чаще всего называют кузунгу, так же как и толи – шаманское зеркало, зеркало ума).

Для изготовления шаманского зеркала было принято решение сочетать старинные ручные ювелирные техники с высокотехнологичным компьютерным 3D моделированием. Это позволит создавать сложные рисунки и орнаменты на поверхности зеркал, в связи с тем, что спрос на этот вид ювелирного украшения есть и возможно будет расти, т.к. большое количество молодежи интересуется шаманизмом (такой вывод позволило сделать интернет-исследование шаманских сообществ).

Красивые и сложные рисунки рациональнее располагать, так чтобы это было видно окружающим, поэтому для собственной разработки была выбрана вторая дизайнерская группа. Была поставлена задача разработать эскиз внешней стороны толи, учитывая некоторые тонкости.

1. Рисунок должен располагаться на изогнутой поверхности.

2. Центральная часть толи – это круглая петля (в диаметре около 4 мм).

3. Диаметр самого толи 5 см.

4. Материал – серебро 925°.

5. Рисунок должен иметь отношение к шаманской или бурятской символике.

6. Наличие вставки из натурального камня.

Источником бурятских орнаментов послужила книга «Бурятский орнамент в творчестве Лубсана Доржиева». В работах Лубсана большое количество буддистской символики, но это неизбежно, т. к. шаманизм, буддизм и другие религии живут буквально в пределах каждой бурятской семьи, переплетаясь, так что порой стираются границы. Используя детали предметов искусства, эскизов росписи, орнаментов были созданы свои эскизы. По ходу рисования эскизов, был сделан вывод, что простой рисунок нерационально рисовать на 3D станке, поэтому каждый последующий эскиз создавался более сложным и мелким, чтобы было оправдан частичный отказ от ручной работы. Первые эскизы рисовались без окантовки (по краю), последующие такую приобрели все, но в

различном исполнении, что смотрится гармоничнее, заключая рисунок еще в один круг. Были использованы растительные орнаменты, а также абстрактные изображения.



Рис. 1. Герб Бурятии

Помимо рисунков Лубсана Доржиева, в поиске бурятской символики было обращено внимание на герб Бурятии. Сочетание луны и круга появилось в нескольких эскизах, как символы мужского и женского начала.

При выборе эскиза фильтрующим фактором являлось наличие вставок из натуральных камней, который было решено доработать в 3D программе.

Технологический процесс изготовления изделия толи состоит из двух отдельных частей: 3D моделирование верхней части («Деталь-1») и изготовление нижней пластины («Деталь-2») с использованием ручных ювелирных технологий; и соединяющих эти две части и отделочных операциях окончательного изделия (рис. 2).

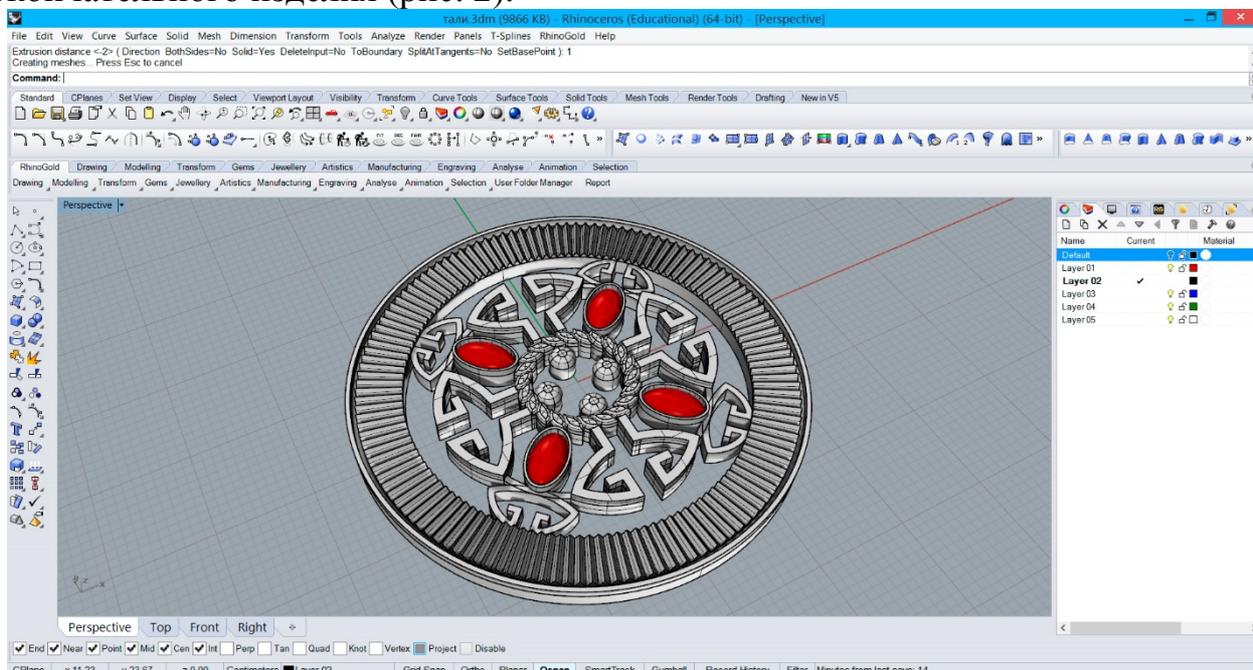


Рис. 2. Готовое изделие в 3D

Технологический процесс ручной работы заключается в подготовительных операциях, гибке, пайке, закрепки вставок и отделочных операциях. Проект изделия толи, сочетая старинные ручные ювелирные техники с высокотехнологичным компьютерным 3D моделированием, полностью отве-

чающее всем правилам изготовления защитного украшения и нанесения орнаментов, относящихся к шаманизму, удовлетворяющее потребности современного ювелирного дизайна.

УДК 7.05

## **ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИИ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГСТЕКЛА И ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ**

Автор разработки: Пермякова Л.П., студентка гр. ТХМ-10 кафедры геммологии института недропользования ИРНТУ

Научный и художественный руководитель: Анисимова Т.В. – доцент кафедры геммологии института недропользования ИРНТУ, Иркутск

Рассмотрена технология создания ювелирного украшения с использованием органического стекла и искусственного камня в стиле барокко. Создан эскиз ювелирного украшения в стиле барокко, который затем был воплощен в материале.

**Целью** данной работы является разработка дизайна и создание ювелирного украшения с применением оргстекла и искусственного камня в стиле барокко.

В ходе работы были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить исторические аналоги стиля барокко;
2. Разработать собственный дизайн-проект украшения в стиле барокко;
3. Изучить общие сведения об органическом стекле и искусственном камне;
4. Освоить технологию выпиливания лобзиком и работу с бормашиной.

**Актуальность** данного исследования заключается в применении органического стекла и искусственного камня в качестве ювелирного материала, которые не использовались ранее для создания ювелирных украшений. Эти материалы легко обрабатываются, благодаря чему изделию можно придавать любые формы, имеют большую цветовую гамму. Из этих материалов можно изготавливать не только широкий спектр ювелирных украшений, но и различного рода сувениры, миниатюрные скульптуры. Такие украшения будут пользоваться большим спросом из-за невысокой стоимости.

### **Характерные черты стиля барокко**

Барокко, как стилевое направление, зародилось в конце XVI века в Италии и спустя некоторое время этот яркий, и роскошный стиль охватил Францию, а за ней и большинство стран Европы. Этому стилю присущи, прежде всего, яркая помпезность, строго симметричные формы и сложный силуэт. В орнаментике барокко преобладали ленточные орнаменты гирлянд цветов и плодов, маскароны и волюты, мотивы акантового листа, прихотливых бантов, картушей. Костюм эпохи барокко был украшен почти сплошь кружевом, лентами, шнурами, вышивкой, оставалось место и для драгоценностей. Открытую шею дамы обвивали нити прекрасного жемчуга, очень модного в эпоху барокко. В конце XVII века появился новый тип украшений – многодельные серьги с тремя жемчужными подвесками формы «жирандоль». Наличие многочисленных

драпировок в costume требовало различных заколок. Крупные броши, декорированные яркими камнями – изумрудами, рубинами, сапфирами, жемчугом (рис. 1).



**Рис. 1. Брошь-склаваж**

Изучив исторические аналоги данного стиля, выявив и проанализировав характер композиционного расположения элементов, был предложен собственный дизайн-проект украшений в стиле барокко.

В качестве материалов для изготовления украшений в данном стиле были выбраны не традиционные материалы, такие как оргстекло яркого цвета в сочетании с кабошонами искусственного камня. Эти материалы широко применяются при строительстве, ремонте и декоре интерьеров и экстерьеров, и не использовались ранее для создания ювелирных украшений.

#### **Основные характеристики органического стекла.**

Органическое стекло (оргстекло), или полиметилметакрилат (ПММА) – синтетический полимер метилметакрилата, термопластичный прозрачный, матовый или цветной пластик.

Основные преимущества это высокая светопропускаемость – 92 %, которая не изменяется с течением времени, сохраняя свой оригинальный цвет; сопротивляемость удару в 5 раз больше, чем у стекла; при одинаковой толщине оргстекло весит почти в 2,5 раза меньше, чем стекло; устойчиво к действию влаги, бактерий и микроорганизмов; экологически чистое, при горении не выделяет никаких ядовитых газов; механическая обработка осуществляется почти с такой же лёгкостью, как и обработка дерева; подлежит утилизации; множество способов обработки: сверление, нарезание резьбы, выпиливание, резьбовое соединение, фрезерование и обработка по заданному профилю, обработка на токарном станке, обработка резанием, шлифование, полирование, формование, штамповка, склеивание, сварка, окрашивание.

#### **Основные характеристики искусственного камня**

Искусственный камень (акриловый камень) – современный композитный материал. В его состав обязательно входит минеральный наполнитель, цвето-

вые составляющие, а также цементирующий материал, представленный акриловой смолой. Благодаря чему акриловый камень сочетает в себе функциональность и практичность искусственно изготовленных материалов и красоту натурального камня.

### **Свойства**

Акриловый камень очень прочен и имеет однородную структуру; не расслаивается, и обладает всеми свойствами натурального камня; особый состав акрилового камня (акриловая смола) позволяет производить изделия любой сложности, не теряя при этом целостности изделия; за счет добавления в состав акрилового камня различных красителей он может обладать широкой цветовой палитрой.

### **Технология изготовления ювелирного украшения из органического стекла со вставками из искусственного камня в стиле барокко**

Выбор цветовой гаммы среди органического стекла и искусственного камня велик. Основываясь на принципах цветового круга, выбираем цвета расположенные друг напротив друга, так называемые дополнительные цвета. В данном случае это красное оргстекло и зеленый искусственный камень трех оттенков и тонов. Кабошоны из камня располагаем по цветовой растяжке от светлого к наиболее темному.

Перед тем как приступить непосредственно к изготовлению изделия изначально выполняются эскизы от первоначальной зарисовки карандашом до воплощения в векторной программе CorelDraw. Данная модель вполне готова для производственного создания модели (рис. 2).



**Рис. 2. Модель, выполненная средствами программы CorelDraw**

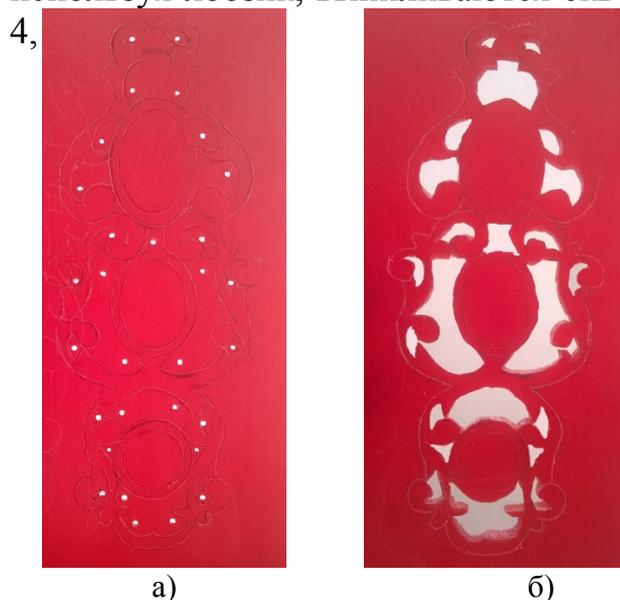
Далее векторный эскиз распечатывается в необходимом размере. Затем берется лист органического стекла размером 8x14 см. и толщиной 4 мм. С помощью копировальной бумаги эскиз переносится на оргстекло, которое предварительно обрабатывается наждачной бумагой (см. рис. 3, а). Рисунок будет четким и ярким, но в последующем процессе обработки может легко стереться,

поэтому с помощью инструмента чертилки процарапываются все элементы украшения, как показано на рис. 3, б.



**Рис. 3. Процесс переноса эскиза на органическое стекло**

Далее применяется бормашина со сверлом диаметром 2 мм. Просверливаются небольшие отверстия в местах, где присутствуют сквозные элементы, для последующего выпиливания лобзиком (см. рис. 4, а). Затем, используя лобзик, выпиливаются сквозные отверстия, так как показано на рис.



**Рис. 4. Процесс выпиливания сквозных отверстий**



**Рис. 5. Выпиленный подвес**

Затем так же применяя лобзик, выпиливаем контур подвеса (рис. 5).

По размерам заранее заготовленных кабошонов из искусственного камня, делаются углубления на подвесе для их последующего закрепления, используя при этом бормашину с различными насадками (рис. 6).



**Рис. 6. Подвес с готовыми кастами**

Недостатки в обработке органического стекла, оставленные после выпиливания лобзиком, удаляются при помощи надфилей различных форм. Вновь берется бормашина и, используя различные насадки, скругляются все острые ребра подвеса, придавая ему изящную форму. Для того чтобы подвес выглядел более гармонично и каждый материал подчеркивал достоинства друг друга, поверхности оргстекла придается матовая фактура, а вставки из искусственного камня полируются до глянцевого блеска. Теперь с помощью прозрачного клея вставляются кабошоны в касты и получается готовый подвес (рис. 7).



**Рис. 7. Подвес «Отголосок барокко»**

**Вывод:** Изучив свойства, достоинства и недостатки оргстекла и искусственного камня, можно сделать вывод об их пригодности для использования в ювелирном деле. Современные ювелирные украшения изящны по форме, достаточно крупные, но одновременно легкие. Данные материалы предполагают как ручное, так и промышленное исполнение. Материалы позволяют акценти-

ровать детали путем обработки поверхности и придания ей соответствующей фактурности.

Украшения из этих материалов будут прекрасно сочетаться с современным модным костюмом, и вполне подходит для создания мобильных дизайн моделей для молодежной целевой аудитории, несомненно, эта идея очень интересна и имеет перспективы дальнейшего развития.

**Список литературы:**

1. Брагин В. П., Булатов Н. П. и др. Техническое творчество. Изд-во Молодая гвардия, 1956. – 526 с.
2. Шаталова И.В. Стили ювелирных украшений. Изд-во 6 карат, 2004. – 153 с.
3. Соколов Ю. Художественное выпиливание. Изд-во Лесная промышленность, 1987. – 68 с.
4. [stroitelniyperepoloh.com/stroitelnie-materiali/iskusstvenniy-kamen.html](http://stroitelniyperepoloh.com/stroitelnie-materiali/iskusstvenniy-kamen.html)

УДК 739.5

**СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИЙ САМОРОДКОВ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В ЮВЕЛИРНОМ ДИЗАЙНЕ**

Сорокина В.Е., аспирант, Иркутский государственный технический университет, Лобацкая Р.М., д. г.-м. н., профессор, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

В ходе многочисленных экспериментов, направленных на разработку технологии литья для получения имитаций самородков золота и серебра, были получены латунные и оловянные отливки различных форм и строений, которые благодаря своему внешнему облику имеют с ними удивительные сходства. Подробное описание самих экспериментов и полученных результатов было изложено в предыдущих статьях [1, 2].

Среди полученных латунных отливок наибольший интерес представляют те, что имеют формы с ярко выраженными неровностями на поверхностях, нарушающими правильность их контуров, углублениями, порами и наименьшим количеством следов окислов. Подобные образцы, максимально схожие с самородками золота, как уже отмечалось, образуются в результате литья расплавленной латуни в холодную воду (6-8°C) на некотором расстоянии (около 10 см) от поверхности жидкости.

Данные имитации легко использовать в качестве вставок в ювелирные изделия, не подвергая их какой-либо дополнительной обработке, поскольку они получают достаточно прочными и твердыми и имеют яркий, металлический, соломенно-желтый блеск. Для закрепки вставок таких форм в изделия можно использовать крапановую закрепку. Латунные образцы с фактурным рисунком на поверхностях, полученные в ходе первой серии экспериментов, также могут быть использованы в качестве вставок в украшениях. Для их использования можно изготавливать касты, крапаны и другие всевозможные закрепки.

Если латунные образцы возможно использовать в качестве вставки непосредственно в изделия, то с образцами, полученными из олова, дело обстоит

немного иначе. Отливки, представляющие собой плотные неправильные формы и не имеющие в своем строении хрупких дендритных элементов, могут быть использованы в изделии без дополнительной обработки. В отличие от латунных вставок способы закрепки оловянных отливок не так разнообразны. Для этого лучше всего использовать крапановую закрепку, поскольку столь неровные контуры формы такой вставки и низкая твердость материала не позволит поместить ее в каст.

Однако наибольший интерес представляют образцы, полученные при более сильном переохлаждении расплавленного металла и содержащие вследствие этого в своей структуре хрупкие тонкие элементы, внешне напоминающие древовидные дендриты, или состоящие из многочисленных мелких металлических крошек разной фракции. Но использование таких вставок невозможно без создания дополнительной защитной среды. Материалом, способным создать такую среду, защищающую хрупкие оловянные «дендриты», не нарушая их целостности, была выбрана эпоксидная смола. Эпоксидные смолы относятся к низкомолекулярным полимерам линейного строения, которые под действием веществ, химически с ними взаимодействующих (отвердители) способны переходить из термопластического в термореактивное состояние, превращаясь в неплавкие нерастворимые продукты. Такие смолы получают в основном путем конденсации эпихлоргидрина с двух- и полиатомным фенолом, обычно «дианом» (это сокращенное название дифенилолпропана, впервые полученного в 1891 году русским ученым А.Н. Дианиным) или аминами в щелочной среде [3]. Для создания дополнительной защитной среды для оловянной отливки, имитирующей самородок серебра, была использована эпоксидная смола компании NAS под торговым названием «Клей универсал эпоксидный». Этот продукт, как утверждает производитель, позволяет склеивать предметы с большими сколами и трещинами, с шероховатыми и пористыми поверхностями. Им склеивают предметы интерьера и сантехнику из стекла, керамики, фарфора, спортивный инвентарь, он также является основным компонентом при ремонте и изготовлении стеклопластиковых поверхностей, изделий и конструкций, используется в техническом моделировании для изготовления пластиковых и стеклопластиковых деталей, матриц, пресс-форм и т.д. Данный клей состоит из двух компонентов: самой смолы – достаточно вязкой жидкости с желтоватым оттенком и отвердителя темно-коричневого цвета, имеющего едкий запах. Оба компонента смешиваются в весовом соотношении 100 частей эпоксидной смолы и 10-12 частей отвердителя. Приготовленный состав жизнеспособен примерно в течение одного часа после смешивания. В качестве формы был использован обычный пластиковый стакан объемом 0,2 литра, на дно которого был помещен испытуемый оловянный образец, а затем залита полученная смесь. По завершении двух суток с момента заливки смеси в емкость, полученная и уже полностью затвердевшая смола, была подвергнута обработке, необходимой для придания нужной формы и создания окончательного вида вставки. Процесс обработки эпоксидной смолы ничем не отличался

от обработки природных камней при создании кабошонов: отпиливание лишнего материала на алмазном диске, придание нужной формы на крупнозернистой планшайбе, затем доработка поверхности на более мелком зерне, доводка и полировка. Поскольку используемый материал достаточно мягкий и весьма вязкий отполировать его до необходимого блеска используя алмазную пасту невозможно. Поэтому полировку необходимо завершать на войлочном круге с применением порошка церия. В результате проделанных операций был получен кабошон овальной формы, прозрачный с насыщенным янтарным цветом и запакованной внутри имитацией самородка серебра (рис. 1).



**Рис. 1. Кабошон из эпоксидной смолы с запакованным внутри оловянным образцом, имитирующим самородок серебра**

Затем был найден другой способ создания подобных вставок. Он заключался в создании резиновой формы или *молда* (от англ. слова *mold* - отливать), при заливке в которую эпоксидной композиции, получался бы готовый кабошон, не требующий долгой обработки на планшайбах ограночного станка. Такой способ создания вставок нацелен на сокращение количества необходимого времени и человеческих сил, а также экономии эпоксидной смолы. Для создания подобной формы была использована синтетическая силиконовая резина, представляющая собой плотную пластичную массу зеленого цвета. Ее торговое название «Резина силиконовая GS Silicone72», она входит в серию резин «Gold Star», разработанных для тиражирования восковых моделей ювелирных изделий. В качестве мастер-формы можно использовать уже готовый кабошон из камня с гладкой ровной поверхностью.

Использовать такую резину достаточно просто, нужно лишь подобрать удобную по размеру форму или емкость, в которую бы она поместилась и из которой ее легко можно будет извлечь. В нашем случае формой послужила пластина мельхиора длиной около 10 см, шириной на сантиметр больше высоты камня (мастер-формы). Ее края были спаяны в виде пустого цилиндра. Затем с одной стороны была прижата плотная металлическая пластина, и в пространство образовавшейся емкости были плотно уложены нарезанные куски резины. После в нее с усилием был вдавлен кабошон дымчатого кварца лицевой стороной внутрь, покрыт второй такой же металлической пластиной и зафиксирован струбциной (рис. 2, а). Далее вся эта конструкция была помещена в предварительно разогретую до 90 °С муфельную печь. Учитывая толщину слоя резины,

вулканизация продолжалась 40 минут. В результате, после извлечения кварца была получена резиновая форма (рис. 2, б).



а)



б)

**Рис. 2. Изготовление резиновой формы: а) подготовка к термообработке; б) готовая форма после извлечения кабошона**

Таким же образом были изготовлены разные молды из других кабошонов, различных по форме и размерам.

В настоящее время много производителей предлагают прозрачные эпоксидные смолы, называемые ювелирными. Их использование для создания различной бижутерии становится все более популярным. Для дальнейшей работы была найдена смола Ероху 520 («Spolchemie», Чехия). Она также как и предыдущая является аналогом известной марки Crystal Resin и смолы ЭД-20 отечественного производства. Эта эпоксидная смола (эпоксидный клей) предназначена для ремонта и изготовления лодок, яхт, самолетов, планеров, в авто-тюнинге (ремонт бамперов), строительстве, моделировании, электро-, радио-технике (заливка схем, катушек), изготовлении сувениров, бижутерии. Основными сложностями, с которыми можно столкнуться при изготовлении прозрачных заливок, являются:

- пузырьки в толще изделия, возникшие на этапе перемешивания смолы с отвердителем или в процессе заливки в форму;
- некачественная поверхность отвержденного изделия: масляные разводы, не идеально гладкая поверхность и т. п.

Температура в помещении должна быть в пределах 25–30 °С, желательна низкая влажность (влага из воздуха может реагировать с компонентами отвердителя, что приводит к браку поверхности изделия), минимальное содержание пыли в воздухе. Разумеется, все рабочие поверхности должны быть выставлены строго горизонтально и в процессе высыхания изделий не должны подвергаться перемещениям, тряске и пр. Полное высыхание изделий, как правило, происходит в описанных выше условиях в течение 1–1,5 суток, однако этот срок относителен, поскольку зависит от качества и характеристик смолы. Необходимо помнить, что любое прикосновение к не до конца высохшему изделию приведет к браку.

В приготовленные резиновые формы были помещены оловянные отливки, а затем залиты смолы. Прозрачная ювелирная смола также как и «янтарная»

полимеризовалась за сутки, и тогда же все полученные кабошоны были извлечены из форм. Поверхность кабошонов ровная, но недостаточно глянцевая, однако это можно легко исправить, доработав ее на войлочном круге с использованием порошка церия. На некоторых заготовках присутствуют дефекты в виде нескольких открытых круглых пор на поверхности. Чтобы в дальнейшем избежать подобного, после смешивания смолы и отвердителя, смесь следует поместить в вакуум для наиболее быстрого и надежного удаления пузырьков воздуха. Для удаления поверхностных пузырьков на поверхность уже залитой в форму смолы можно распылить тонким слоем этиловый спирт. Он уменьшает поверхностное натяжение и облегчает схлопывание поверхностных пузырьков.

Кроме этого дополнительной обработки требует нижняя часть кабошонов, поскольку из-за усадки смолы там образовалась вогнутая плоскость с неровными «рваными» краями по периферии. В результате проделанных операций были получены несколько кабошонов из бесцветной прозрачной смолы и смолы с янтарным оттенком, которые могут быть использованы в качестве вставки в любом изделии (рис. 3).



**Рис. 3. Готовые кабошоны из разных эпоксидных смол с запечатанными внутри оловянными отливками, полученные в резиновых формах**

#### **Библиографический список:**

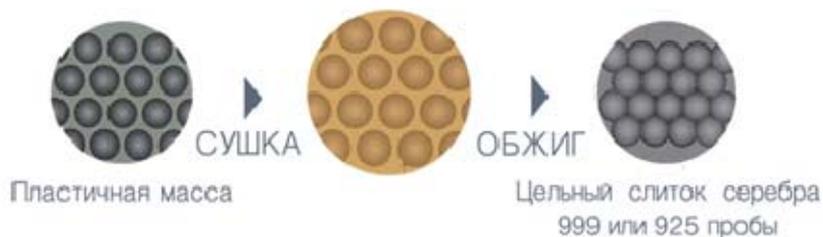
1. Сорокина В.Е., Лобацкая Р.М., «Использование цветных металлов в качестве вставок в дизайне ювелирных украшений»; *Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геонауки-2013»*, 2013г, вып. 13, С. 207–211.
2. Сорокина В.Е., Лобацкая Р.М., «Эксперименты по получению имитаций самородных металлов для использования в ювелирном дизайне»; *Дизайн. Теория и практика. [Электронный ресурс]*. Режим доступа: <http://www.enidtp.ru>, 2014 г, Вып. 15.
3. Матвеев И.И., Настай Н.Н., *Эпоксидные смолы и их применение*. Листок новатора № 6. Ленинград : Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1957. – 29 с.

УДК 745/749

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ГЛИНА)  
В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**Бердникова С.Е., Смирнова Е.М., студенты гр. ТХб-13, ИРНИТУ,  
Анисимова А.А., к.т.н., доцент каф. геммологии ИРНИТУ, г. Иркутск

Способы изготовления художественных изделий из металлов весьма многообразны, а технология их производства может быть как простой, так и достаточно сложной. Но ювелирное дело не стоит на месте – наряду с традиционными, появляется множество новых материалов (например, полимерная глина, нетрадиционные ювелирные камни), которые становятся общедоступными и легко уходят в массы.

На этом фоне особый интерес представляет такой малоизвестный, но быстро набирающий популярность материал как металлическая глина. Она была разработана в Японии в начале 1990-х годов и представляет собой смесь микрочастиц драгоценных металлов, пластификатора и воды [1]. По свойствам материал напоминает обычную глину, хорошо моделируется и позволяет создавать ювелирные украшения из чистого металла, не прибегая к сложным техникам и не используя дорогостоящее профессиональное оборудование (рис. 1). Также металлическая глина применяется для создания различных по сложности изделий: как уникальных ювелирных работ, авторских украшений, так и просто для хобби.



**Рис. 1. Принцип работы с металлической глиной**

Яркими представителями в области работы с металлической глиной являются: Gordon Uyehara [2], Nadar Jacobson [3], и Anna Mazon [4]. Стоит отметить, что все работы выполнены вручную.

На сегодняшний день существует четыре формы выпуска металлических глин. У каждой разновидности глины различное время обжига и метод использования.

**1) Комковая глина**

Этот вид глины считают самой универсальной и широко используемой формой металлической глины. Её можно формировать рукой, раскатать и нарезать трафаретом, прессовать с помощью формы или скатать в шарики или цилиндры. Так же можно сделать текстурную поверхность: прижимая к глине текстурный предмет или раскатывая её на текстурной плитке. Если разбавить

водой, то комковатая глина станет жидкой, и её можно использовать с помощью шприца.

#### 2) Бумажная или листовая глина

Бумажная глина представляет собой тонкие листы, очень похожие на бумагу. Текстура листовой глины может быть разной, что может определять внешний вид изделия. С помощью такой глины можно делать аппликации, обратные аппликации или плести узоры из тонких серебряных или медных полосок, например, создавая эффект ткани. Глину такого типа используют и для создания оригами, и в других техниках, пригодных для складывания фигурок из бумаги.

#### 3) Паста

Она применяется в качестве клея для соединения других кусочков из металлической глины или же для заполнения трещин в необожжённой глине. Её можно наносить на поверхность изделия, чтобы оно выглядело металлическим, или покрыть его толстым слоем, получив похожую на гипс текстуру. Можно сделать самостоятельно пастообразную металлическую глину, добавляя постепенно по капле воды к комковатой глине.

#### 4) Глина для шприцевой техники

Эта глина продаётся в виде одноразового шприца со сменными насадками. Её консистенция представляет собой нечто среднее между комковатой и пастообразной глиной. Этот вид металлической глины находит много областей применения, особенно для создания мелких деталей. С помощью шприца можно из металлической глины сделать филигрань, решётку или сетку. Удобно с помощью шприца создавать точки и линии.

Задачами данной работы является подробное изучение материала и его свойств, сравнение технологии изготовления изделий, выявление недостатков и достоинств металлической глины.

Технология изготовления изделий из данного материала схожа с работой из обычной глины [5]. На подготовительном этапе следует приготовить место для работы – смазать рабочую поверхность, инструменты (лезвия, штампы, формочки) и руки небольшим количеством подсолнечного или оливкового масла – металлическая глина довольно липкая. Работать удобно на стекле, вощеной бумаге или любой другой водоотталкивающей поверхности.

После того, как изделие было продумано, от брикета отделяется небольшое количество глины для непосредственной работы с ним.

Металлическую глину разминать не надо – необходимо наоборот быстро её раскатать скалкой на нужную толщину и вырезать все, что задумано. А если используются штампы, быстро вжать глину в форму, пока она влажная и пластичная. Металлические глины очень быстро сохнут, особенно медь – с ней нужно работать довольно быстро, иначе она твердеет и начинает крошиться твердыми кусочками, которые потом нельзя использовать. Серебро сохнет не так быстро как медь, и его можно немного оживить водой, если оно подсохло.

После формования и перед тепловой обработкой, глине нужно дать выстояться и высохнуть. Сушить нужно до тех пор, пока вся вода не испарится, и

заготовки не станут сухими и твердыми (несколько часов или сутки). Тонкие маленькие детали сохнут быстро, толстые (толще 3 мм) сушатся дольше. Плохо высушенная глина будет пузыриться и лопаться при запекании. В высушенном состоянии глина может лежать сколь угодно долго.

Засохшую глину нужно обработать надфилем и наждачной бумагой – подпилить все неровности, выровнять края, ошкурить поверхность, высверлить и пропилить отверстия, линии и пр. В сухом и еще незапеченном состоянии металлические глины очень легко обрабатывать – они очень легко пилятся напильниками, надфилями, запросто сверлятся. Запеченный металл обрабатывать уже гораздо сложнее.

Запекают глину в муфельной печи или бутановой горелкой на огнеупорных кирпичках. Сначала образуется небольшое пламя – это выгорает пластификатор. Потом заготовка сжимается (на 10–12 %) и начинает светиться. Свечение нужно поддерживать около 3-х минут. При этом серебро плавится очень быстро. Медь же запекается при большей температуре, поэтому сплавить ее горелкой сложнее.

На заключительном этапе готовое изделие достают из печи или удаляют пинцетом с кирпича. Горячую серебряную заготовку кладут остывать на огнеупорную поверхность. А вот медь надо сразу из-под горелки погружают в холодную воду, чтобы она не окислилась. Часть нагара от меди остается в воде. Чтобы полностью удалить нагар медь надо еще пиклевать в специальном растворе кислоты. Для этого необходимо смешать аскорбиновую кислоту с водой в эмалированной или стеклянной посуде, довести раствор до кипения и опустить медные заготовки в кипящую воду. Через несколько минут в растворе медь посветлеет.

После этого готовые изделия из металлической глины чистятся щёткой до появления металлического блеска. Серебряные изделия уже готовы – их можно оставить блестящими, полировать или чернить. Медные изделия при необходимости можно окислить парами аммиака, чтобы оттенить впадины и подчеркнуть текстуру, рисунок и придать налёт старины. Можно прогреть горелкой до появления радужных разводов или до изменения оттенка. Также запеченные изделия можно штамповать, гнуть, делать чеканку, гравировку, и пр. В изделия из металлической глины можно вставить камни-самоцветы. Вставка производится еще на этапе лепки. Поэтому важно учитывать, что некоторые камни не выдерживают температурного воздействия, то есть при обжиге они чернеют, повреждаются или разрушаются (табл.1). По этому, такие камни, как аметист, аквамарин, малахит, розовый кварц, голубой топаз, бирюза вставлять в такие изделия не рекомендуется.

Таблица 1.

#### Результаты обжига изделий с камнями

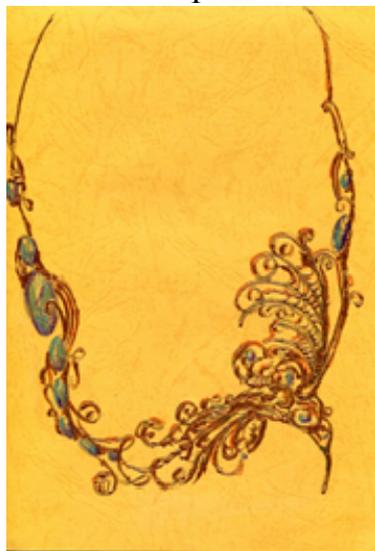
Удачный обжиг вместе с металлической глиной	Неудачный обжиг – сильные повреждения при обжиге
Хромдиопсид, лунный камень, то-	Авантюрин, агат, аметист, родохро-

паз, турмалин, сапфир, перидот, гематит, гранат, лабрадорит	зит, тигровый глаз, бирюза, оникс, цитрин, сердолик, кварц
--	---

Изучив свойства и возможности металлической глины, была разработана серия эскизов ювелирных изделий из этого материала с камнями и без них. Дизайн украшений создавался с учетом технологии их изготовления. Каменный материал подбирался в соответствии с рекомендациями в табл.1.



**Рис. 2. Колье «Рыбка»,  
серебряная глина,  
лабрадорит**



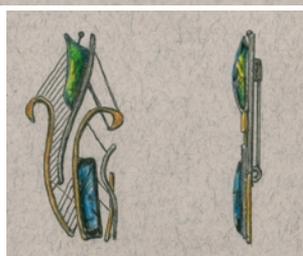
**Рис. 3. Колье «Колибри»,  
медная глина, лабрадорит**



**Рис. 4. Колье «На природе»,  
серебряная глина**

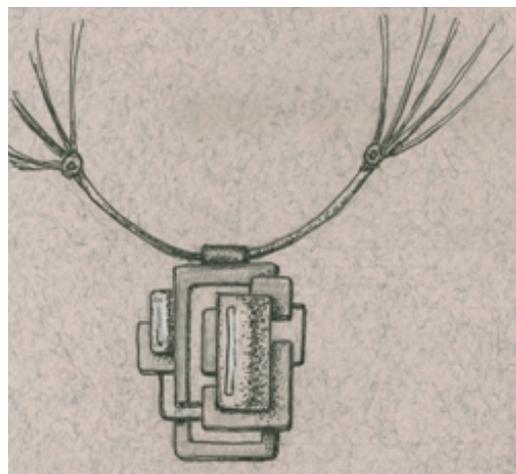


а



б

**Рис. 5. а - кольцо «Атом»  
из медной глины с топазом, б - брошь  
«Каменный тюльпан» из медной глины  
с лабрадоритом и турмалином**



**Рис. 6. Подвес «Лабиринт»  
из серебряной глины**

Колье «Рыбка» и «Колибри» (рис. 2, 3) будут выполнены в шприцевой технике из серебряной и медной глины соответственно. В качестве вставок выступают разные по форме кабошоны лабрадорита. Подвес «На природе» (рис. 4) также выполняется в шприцевой технике, материал – серебряная глина, но не предполагает вставок из камня. Кольцо «Атом» и брошь «Каменный тюльпан» (рис. 5) планируется изготовить из медной глины с топазом в первом

изделии и с лабрадоритом и турмалином – во втором. Подвес «Лабиринт», представленный на рис. 6, выполняется в листовой технике из серебряной глины без вставок.

Широкое применение металлической глины и ее популярность вполне обоснованы, т.к. в ней удачно сочетаются простота работы с обычной глиной и результат – полученное украшение, соответствующее лучшим ювелирным традициям.

Список литературы:

1. <http://worldhobbies.ru/idei-rukodelija/ideya-rukodeliya-art-kley-izdeliya-iz-metallicheskoj-glinyi>.
2. <http://matushka-j.livejournal.com/9575.html>.
3. <http://www.livemaster.ru/topic/148347-metallicheskie-gliny-hadar-jacobson>.
4. <http://www.livemaster.ru/topic/1135475-guru-serebryanoj-gliny-elfijskie-ukrasheniya-ot-anna-mazon>.
5. <http://www.liveinternet.ru/users/4153190/post300645858>.

УДК 745/749

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РИТУАЛЬНЫХ ПРЕДМЕТОВ  
КУДИНСКИХ ШАМАНОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ ПРИ ОБРЯДАХ**

Бунаева А.Г. студентка гр. ТХБ-11 ИРНИТУ,

Воронцова Н.В., доцент каф. геммологии ИРНИТУ, г. Иркутск

Ритуальные предметы шамана – очень важный компонент шаманизма. Они связаны не только с религиозной идеологией и обрядовой системой, но и с материальной культурой и искусством.

Шаманские орудия представляют собой вспомогательные инструменты, каждый из которых выполняет определенную функцию.

Традиционной религией бурят является шаманизм – форма общественного сознания, реализуемая в поведении людей и образующая особую систему обрядовых действий. Главное и характерное в этой религии – обоготворение сил природы и умерших предков, вера в то, что в мире существует множество богов и духов и с помощью шаманов можно влиять на них для обеспечения счастья, благополучия и здоровья, отворачивания беды.

Начальный этап истории развития шаманизма в Бурятии восходит к первобытному строю, когда охота, рыболовство и собирательство были основными средствами добывания пищи. Об этом свидетельствуют материалы археологических раскопок, наскальные рисунки, реликты древнейших обрядов и традиций, сохранившиеся у бурят.

Чтобы стать шаманом, человек должен был, прежде всего, обладать наследственностью – утха (шаманский корень), т.е. иметь предка шамана. Подтверждением его "избранности" являлся какой-либо отличительный знак на теле – тэнгэрийнтэмдэг (божественная отметина): необычное пятно на коже, раздвоенные пальцы, странности в поведении. Считалось, что истинный шаман

должен был иметь лишнюю кость и, что лишь люди, чьи души учились на том свете шаманской грамоте, могут сделаться хорошими шаманами (рис.1.).



**Рис. 1. Бурятский шаман**

Стать шаманом по желанию было невозможно. Духи приходили к избранным сами, не подчиняясь ничьей воле. За время своей жизни шаманы в зависимости от своих способностей получали посвящения. Степеней посвящения у сибирских шаманов насчитывалось девять. В зависимости от звания шаман мог иметь свой бубен, железную корону, боевой плащ и проводить все более сложные обряды. Самое высокое звание – заарин (9 посвящение) было редкостью уже в XIX в. Чтобы убедить зрителей в своих духовных силах, шаман девятого посвящения мог возноситься в воздух и

Первые шаманы, согласно древним преданиям, действительно летали в облаках на своих конях и совершали чудеса, которые их современные потомки повторить не могут.

Первая ступень: Ябаган-боо (начинающий познавать шаманскую науку), обычно помощник более известного шамана. Мог только совершать возлияния молоком или чаем простым духам, ублажая их, чтобы они не препятствовали чему-нибудь.

Вторая ступень: Дуһалган-боо (имеющий право обращаться к духам огня, эжинам местности и духам предков). Мог совершать возлияния в добавок к молоку и чаю, тарасуном и топленным маслом.

Третья ступень: Хаялгын-боо (имеющий право обращаться к более высоким духам – Хаатам и брызгать вверх). Он имел право делать кровавые жертвоприношения белым бараном.

Четвертая ступень: Ёдоотой-боо (законный шаман). Принявший присягу у священного места и имеющий право делать жертвоприношение всем духам, которых знал. Ему разрешалось делать жертвоприношение, как белым, так и черным или любой другой масти бараном.

Пятая ступень: Хусэтэ-боо (получивший бубен и способный уходить в транс). Мог совершать шаманское путешествие для исцеления души больного и делать жертвоприношение бараном или козлом любой масти всем хаатам, заянам и эжинам.

Шестая ступень: Хорьботой-боо (получивший шаманский посох с конскими копытами). Имел право делать жертвоприношение конем, быком. Умел впускать в себя духа Лонго без бубна и без призываний, лишь немного сосредоточившись.

Седьмая ступень: (получивший железную корону с оленьими рогами и шаманский плащ с железной накидкой). Имел право делать все необходимые обряды и посвящал в шаманы начинающих. Мог иметь до трех бубнов. Только после седьмого посвящения шаман имел право посвящать в шаманские степени других шаманов.

Восьмая ступень: (имеющий все). Имел всю необходимую шаманскую атрибутику и бубны разных размеров. У выдающихся шаманов было по несколько десятков бубнов. Знал глубоко всю шаманскую науку и имел право проведения сложных шаманских обрядов. Мог вызывать дождь и ветер.

Девятая ступень: (высший сан посвящения, познавший истину в шаманизме). Мог быть вестником Тэнгэри, способен был проявлять различные чудеса, в том числе левитировать, подниматься в состоянии *Lonго* – выше верхушек деревьев, пророчествовать и свободно общаться со всеми духами и путешествовать между всеми мирами.

К Кудинским шаманам относят шаман Эхирит-Булагатского района. Главной особенностью Кудинских шаман является способность принадлежать и к белым, и к черным шаманам, то есть в одном лице сливаются и белый и черный шаманы.

Белые шаманы – представители добрых духов (заянов). Шаман (*хариутхатай*), т. е. черный, мог выступать в роли защитника, ибо он имел право совершать жертвоприношение чужеродным божествам. Поэтому главной функцией черного шамана считались лечебная или защитная.

Обряды, молитвы и другие магические действия в шаманизме бурят были весьма разнообразны, и имели определенный порядок. Существовали коллективные, индивидуальные молебствия и обряды жертвоприношения, которые были как обязательные, так и необязательные, регулярные и

Коллективные молебствия назывались "*тайлган*" и "*сасли*". *Тайлганы* – молебствия, устраиваемые всем обществом улуса или улусов одного рода. Тайлганы являлись обрядами жертвоприношения, в жертву приносили обычно баранов и лошадей, всё это сопровождалось ритуальными действиями и окроплениями спиртным. Устраивались тайлганы, начиная с конца мая, и кончая осенью, в октябре. Каждый тайлган посвящался конкретному божеству или группе эжинов, покровительствующих какой-либо одной стихии или явлению, скажем, духам воды. Из всех тайлганов самым значительным и популярным был ЕхэТайлган – Большой Тайлган, на который собирались все жители какой-либо местности.

У бурят существуют также священные места, где устраиваются молебствия, которые часто можно встретить на видных местах, у дороги в Бурятии, и округах, в особенности в Усть-Ордынском округе. Их сразу можно отличить по столбам – *сэргэ* или *бариса*, обвязанных разноцветными платками и лентами, также обвязанными лентами и платками деревьям, священными камням-*обо*. У значительных капищ стоят скамейки, навес. Буряты, да и не только буряты, проезжая мимо священного места со спиртным, или просто в знак уважения, останавливаются у священного места, капают спиртным, повязывают на свя-

щенные столбы-бариса ленточки – *залаа*, бросают сигареты, спички, мелочь. Помимо этих мест, шаманисты могли проводить молебствия просто на открытом воздухе или дома, на улице.

Шаманские орудия представляют собой нечто большее, чем вспомогательные инструменты; каждое из них одновременно и выражение внутреннего потенциала и средство проявления этого потенциала.

У бурят бубен (*хэсэ, кэцэ* – аларские буряты) были сравнительно больших размеров, круглой формы, с широкой обечайкой подобно алтайским и тофаларским бубнам или с узкой, как у забайкальских эвенков. На обтяжку употребляли выделанную конскую шкуру. На обечайке имелось семь резонаторных бугорков. У окинских и аларских бурят рукоять представляла собой деревянную выточенную пластину; у забайкальских бурят, как и у забайкальских эвенков, рукоятью служило кольцо на ремнях

Шаманские трости (*хорьби*). Различали три вида тростей: конные (*морин*), змеиные (*могой*) и "человеческие" (*хун*). В соответствии с названиями верхние их концы изображали голову коня, змеи или человека. Изготавливались трости из специально отобранного дерева и железа, обязательно освящались, украшались ленточками, колокольчиками, полыми конусами из жести.

Шаманский костюм (*оргой*) – одна из главных принадлежностей шамана. Он мог быть двух цветов – белого и темно-синего. Белый *оргой* носил шаман "белого" происхождения, а темно-синий – "черного". Шили костюм из шелковой или бумажной ткани, а до появления таких материй, вероятно, из выделанных тонких звериных шкур. На костюм пришивали металлические фигурки человека, коня, птиц, змей, кружки, молоточки, ленточки и прочие.

Шаманская корона (*майхабши*) – священный головной убор, изготовленный из кожи головы животного или зверя (оленя, волка, рыси), снятой вместе с рогами (у оленя) и ушами. К нему привешивались ленточки, железные пластинки, холбого, миниатюрные ложечки, колотушечки, фигурки зверей, животных, птиц и рыб.

Шапка (*малгай*). Помимо короны (*майхабши*), шаман имел специальную шапку, сшитую из кожи с околышем из медвежьего меха, надеваемую под корону. Шапка имела наглазник (*харабши*) из медвежьей шкуры или бахромы, на нее прикреплялись птичьи перья – вороньи, орлиные, ленты.

Зеркало (*толи*) – неременная принадлежность шамана, некоторые имели их два-три. Толи бывали бронзовые и нефритовые, привозные и местного производства, имели изображения одноглавого орла, дракона, 12 знаков зодиака, различных животных и зверей. Считалось, что толи делают небесные кузнецы.

При изготовлении ритуальных предметов использовались различные материалы. Например, кожа, войлок, конский волос, дерево, шкуры животных. Из металлов



Рис. 2. Ритуальное облачение шамана

преимущество имели железо, латунь, медь.

Камни в шаманском костюме были янтарь и гагат. Среди шаманов Эхирит – Булагатского района камень гагат считается защитником от злых духов. Металлические элементы или конструкции изготавливали в основном в техникековки. Предки бурят умели добывать металл и являлись хорошими мастерами по его обработке. Кузнечное искусство считалось почётным занятием и божественным даром. Оно имело большое значение в жизни предков бурят.

Согласно преданию бурят, по повелению западных *тэнгриев* кузнец *Божинтой* отправил на землю своих детей, чтобы обучить людей кузнечному ремеслу, это искусство стало передаваться по наследству потомкам.

В бурятской среде образовались так называемые кузнечные роды – «*дарханутха*», что, несомненно, являлось свидетельством монополии отдельных родов в области обработки железа, культ кузнецов у бурят сохранился почти до Октябрьской революции.

Особым почитанием пользовалось не только кузнечное ремесло, но и самый металл – железо, из которого изготавливались различные предметы вооружения и домашнего обихода.

Различались белые (по цветным металлам) и черные (по железу) кузнецы, что служит указанием, что, были и ювелиры. Белые кузнецы делали главным образом из серебра, украшения для одежды, головных уборов, делали насечки орнамента на ножи, кубки, огнива, различные серебряные накладки на кольчуги и шлемы. Некоторые кузнецы изготавливали предметы шаманского культа. Работа кузнецов была очень искусна, работы по нанесению насечек по железу не уступают по красоте и качеству, дагестанским и дамасским изделиям.

Вхождение бурятских земель в состав России в XVII веке отразилось как на состоянии кузнечества, так и шаманства. Бурятский шаманизм вследствие ослабления связей между бурятами и остальным монгольским миром получил самостоятельное развитие от центрально-азиатского шаманизма, что выразилось в зарождении новых культов и обрядов, в усложнении представлений о пантеоне божеств и духов и т.д. Новый кузнечный культ первоначально зарождается в XVIII веке у хори-бурят, а в XIX веке появляется у прибайкальских, закаменских и тункинских бурят. Культ “черных” кузнецов местами сохранялся до XX столетия. Отдалению кузнечества от шаманства способствовала также трансформация металлообработки бурят в условиях России, переход к глубокой специализации в ремесле, вовлечение ремесленников в рыночные отношения и другое.

Список литературы:

1. Воронцова Н.В., Буйволова М.А. Технология изготовления ювелирных изделий: учеб. пособие / Воронцова Н.В., Буйволова М.А. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – Ч.1. – 216 с.

2. Михайлов Т.М. Бурятский шаманизм: История, структура и социальные функции / Т.М. Михайлов. — Новосибирск: Наука, Сибир. отделение, 1987. – 96 с.

УДК 745/749

## ЭТНИЧЕСКИЕ МОТИВЫ ЮЖНОАФРИКАНСКИХ ПЛЕМЕН В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Михалева М., студентка гр. ТХМ-10, ИРНИТУ,  
Анисимова А.А., к.т.н., доцент каф. геммологии ИРНИТУ, г. Иркутск

Африка – таинственная страна, на сегодняшний день наименее затронутая цивилизацией. Здесь проживает множество племен с богатой мифологией и символикой. Африканские драгоценности – это то, чем всегда мог похвастаться африканский народ. Самые древние украшения, которые выглядели как бусы из морских раковин, были обнаружены именно в ЮАР. Каждое африканское племя отличается своими неповторимыми украшениями. Наиболее распространенными материалами для изготовления этих изделий являлись дерево, слоновая кость, зубы животных, рог, раковины, золото, медь.

Бисероплетение является самой популярной технологией изготовления украшений среди многих восточных и южных африканских народов. В XIX веке цветные стеклянные бусы из Европы пришли на континент и их стали использовать для создания удивительных изделий, которые играли важную роль, не только декоративную, но и социальную. Само украшение, как и где оно носится, выбор цвета и его комбинаций – всё это несёт определённое послание в общественной жизни племен Африки.

Представители племени *Зулу* (рис. 1) отмечают важные события жизни путём ношения определённых бисерных украшений. Например, когда девушка впервые влюбляется, она своими руками делает ожерелье и дарит его возлюбленному. Себе же она делает браслет и пояс такого же цвета. Таким образом сообщается окружающим, что они пара.

В племени *Масаи* (рис. 2) девушек на выданье можно узнать по жёстким, плоским воротникам из бисера, нанизанного на проволоку. Преобладают красный, белый и синий цвета. Обритые головы девушек украшают повязки из нескольких нитей бисера. На руках – плотно прилегающие браслеты.



Рис. 1. Девушки племени Зулу



Рис. 2. Девушка племени Масаи

В масайском языке по крайней мере 40 слов, обозначающих различные типы украшений из бисера, и носят их не только женщины, но и мужчины, даже воины. Это могут быть узкие повязки на голову, ожерелья, пояса, ручные и ножные браслеты, перевязи.

**Ндебеле** активно используют бисер в своих костюмах – ленту на голову, воротники, пояса, фартуки с орнаментом, браслеты на руки и ноги, подвески. Особенностью костюма Ндебеле являются металлические и бисерные кольца, которые носят на шее, запястьях и лодыжках. Их первичное предназначение – имитировать складки жира, "добавлять тела", так как худоба в племени считается некрасивой. Женская часть племени Ндебеле носит фартуки с геометрическими узорами, вышитыми бисером (рис. 3, 4). По фартуку сразу можно сказать: это девочка, девушка на выданье, замужняя дама или замужняя дама с детьми.



Рис. 3. Девушки племени Ндебеле с фартуками



Рис. 4. Женщины племени Ндебеле с фартуками

Любовь Ндебеле к четким геометрическим формам проявляется не только в одежде, но и в быту – дома племени расписаны яркими геометрическими фигурами (рис. 5, 6). Изначально геометрические узоры на домах служили средством связи между подгруппами внутри народа **Ндебеле**, смысл был известен лишь внутри народа, остальные же рассматривали это в качестве народного искусства.



Рис. 5. Дом Ндебеле



Рис. 6. Дом Ндебеле

Вдохновившись этническим стилем, пришла идея разработать дизайн нашейного украшения. За основу были приняты яркие и необычные мотивы росписи стен домов племени **Ндебеле**. Первоначально нужно изучить характерные особенности орнамента – цветовую гамму, значение символов. На первый взгляд кажется, что это абстрактный геометрический узор, но в ходе анализа литературы по данной теме было выяснено, что художники изображают на стенах то, о чем слышали или хотели бы иметь – прислугу в доме, электрическое освещение, бассейн, многоэтажный дом, телефон, самолет, воду в кране. Стилизованное изображение наносится на белый фон, поэтому белый цвет преобладает. Цвета используются различные – красный, желтый, зеленый, голубой, синий, розовый, оранжевый, коричневый и их оттенки, контурные линии планируются выполнить в технике бисероплетения «Фриформ» (рис. 6, 7). Суть этой техники заключается в том, что украшение плетет-

ся не по схеме, а в свободной форме, используя бисер, бусины и галтованный каменный материал различных цветов, размеров и фактур.



Рис. 6. Украшение в технике «Фриформ»      Рис. 7. Украшение в технике «Фриформ»

Несмотря на всю заманчивость свободного плетения, начинать работу необходимо с создания эскиза, в котором все же будет прослеживаться мотив выбранного племени. В процессе работы было выполнено четыре эскиза (рис. 8, 9, 10, 11).



Рис. 8. Эскиз шейного украшения



Рис. 9. Эскиз шейного украшения



Рис. 10. Эскиз шейного украшения



Рис. 11. Эскиз шейного украшения

Украшения на рис. 8, 9 большие и объемные, предназначенные для выставки, представляют собой широкие, плоские воротники. Кроме этого, были разработаны два эскиза украшений для повседневной носки (рис. 10, 11). На всех эскизах просматриваются характерные особенности настенной росписи *Ндебеле* - яркие цвета, черный контур, симметричность, комбинации вертикальных, горизонтальных и диагональных линий. Элементы украшений были переняты с изображений на стенах.

Африканские украшения имеют особое значение в современной моде. Многие дизайнеры подчеркивают их важность для модной индустрии. Так, например, Жан Поль Готье говорил о том, что этнические, в том числе африканские украшения могут стать «свежей кровью» для современной моды и дать жизнь новым направлениям. Chanel и Giorgio Armani призывают модниц дополнять образ этническими украшениями, чтобы быть яркими, неповторимыми и женственными.

#### **Список литературы:**

1. ОвузуХайке. Символы Африки / Х. Овузу – изд. Диля, 2006.
2. Powell Ivor. Ndebele: A people and their art / I. Powell – NY: Cross River Press, 1995
3. Elliot Aubrey. The Ndebele: Art and culture / A. Elliot – Cape Town: Struik Publishers, 1993.
4. [http://africamoyalubov.blogspot.co.il/2013/09/blog-post\\_4120.html](http://africamoyalubov.blogspot.co.il/2013/09/blog-post_4120.html).

УДК549.091.7

#### **МЕТОДЫ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ХРОМДИОПСИДА**

Москалева В.А., студентка гр. ТХМ – 10, ИрНИТУ

Иванова В.А., Медведев В.Я. к.т.н. СО РАН Геохимия, г. Иркутск

Облагораживание – это процесс улучшения физических и внешних свойств камня, для повышения его ювелирной ценности. В результате обработки камни становятся значительно привлекательнее, приобретают насыщенный цвет, прозрачность, прочность.

Проблема облагораживания самоцветов известна с древних времен. По сей день, она остается востребованной, так как образцов высокого ювелирного качества остается все меньше, что повышает интерес к данной проблеме.

Основные виды облагораживания:

- Термообработка;
- Пропитка различными веществами;
- Окрашивание;
- Ионизирующее облучение;
- Ионная имплантация

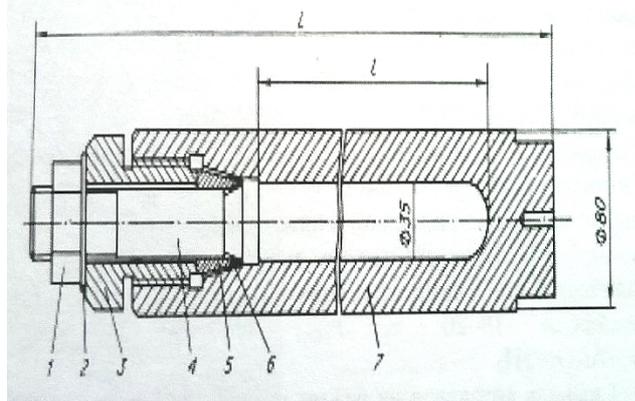
Залечивание трещин – один из современных методов облагораживания, подразумевающий заполнение трещин и пустот в минерале аналогичным или близким по составу к минеральной матрице веществом.

Начало исследований в области залечивания трещин было положено Г.Г. Леммлейном на примере кристаллов каменной соли и квасцов. Дальнейшие исследования продолжили О. Смит, Б. Эванс и З.А Котельникова [1] на примере кварца гидротермальным методом.

Гидротермальный метод – метод изобарно-изотермической выдержки при повышенных температурах и давлениях в контролируемых условиях.

Аппаратура и методика экспериментов

При постановке опытов использовалась обычная схема гидротермального синтеза и выращивания монокристаллов. Исследования проводились в стандартных автоклавах объемом  $200 \text{ см}^3$ , изготовленные из легированных низкоуглеродистых сталей, которые представляют собой цельнометаллический сосуд. Давление в автоклавах создается разогревом рабочей смеси до заданной температуры. При постановке экспериментов использовалась обычная схема гидротермального синтеза и выращивания монокристаллов. Эксперименты осуществлялись в интервале температур  $450\text{--}500 \text{ }^\circ\text{C}$  и при давлении  $1000 \text{ атм.}$  с температурным градиентом  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Рабочей средой были смеси состава С-О-Н с разным соотношением компонентов [2]. В качестве рабочих сосудов высокого давления использовались стандартные автоклавы (рис. 1) объемом  $200 \text{ см}^3$ , которые представляют собой цельнометаллический сосуд с уплотнением некомпенсированной площади. Давление в автоклавах создается разогревом рабочей смеси до заданной температуры и определяется расчетным путем.



**Рис. 1. Лабораторный автоклав, используемый в эксперименте**

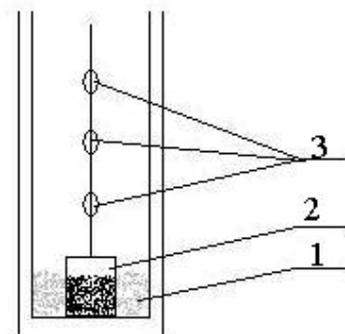
Устройство автоклава: 1,3 – гайка, 2 – шайба, 4 – обтюратор, 5 – гродбука, 6 – прокладка, 7 – корпус

На дно автоклава помещается тигель с фракцией  $0,5\text{--}0,25 \text{ мм}$  соответствующего минерала, автоклав заполнялся необходимым раствором или водой, в центре автоклава располагалось по три образца исследуемого минерала. Раствор, реагируя с фракцией в горячей зоне автоклава, насыщался по отношению к ней и, при наличии температурного перепада, перемещался в верхнюю, холодную, зону, где оказывался перенасыщенным и взаимодействовал с затравкой. Затем, возвращаясь в нагретую зону уже несколько недосыщенным, раствор вновь вступал во взаимодействие с шихтой, вновь насыщался всеми ее компонентами и снова поднимался к затравке, т. е. создавался непрерывный конвекционный поток. Загрузка автоклавов производилась следующим образом (рис. 2):

**Рис. 2. Схема загрузки автоклава:**

1 – реагирующая шихта; 2 – тигель с фракцией; 3 – образцы

Эксперименты проводились в восстановительных ( $90 \text{ \% H}_2\text{O} + 10 \text{ \% H}_2$ ) и окислительных ( $90 \text{ \% H}_2\text{O} + 10 \text{ \% O}_2$ ) условиях.



Для создания газовой смеси  $\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$  применялось восстановление воды металлическим алюминием по реакции  $3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$  с последующей гидратацией незначительной части вновь образованной окиси  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Al}(\text{OH})_3$ . Создание бинарной смеси  $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  производилось за счет разложения перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Подготовленные для эксперимента образцы в тиглях из окиси алюминия помещались в автоклав.

Восстановительная среда, как указано выше, создавалась за счет взаимодействия с водой расчетного количества металлического алюминия, помещаемого в автоклав. Водород выделяется при реакции окисления его водой, начиная с температуры  $400^\circ\text{C}$ .

#### Методика экспериментов

Эксперименты проводились с образцами хромдиопсида (рис. 3) Инаглинского месторождения. Хромдиопсид – силикат из группы пироксенов [4], считается одним из редких и ценных сортов диопсида. Цвет зеленый различной густоты и оттенков от травяно-зеленого до изумрудно-зеленого (реже бурый, желтоватый, буровато-зеленый). Химическая формула  $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , цвет зависит от примесного содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,2–3,5 %). Твердость 5,5–6 по шкале Мооса, плотность  $3,22\text{--}3,28 \text{ г/см}^3$ , блеск стеклянный. Трещиноват. По внешнему виду хромдиопсид похож на изумруд, хризолит, от которых его нелегко отличить. Признак, помогающий его диагностировать – это твердость. Она ниже, чем у изумруда, турмалина и хризолита: не



Рис. 3. Хромдиопсид Инаглинского массива

#### Эксперимент 1. Окислительная среда

Состав флюида:  $\text{H}_2\text{O}$ – $10 \text{ см}^3$ ;  $\text{NaCl}$  (1 %) – $70 \text{ см}^3$ ;  $\text{NaOH}$ – $10 \text{ см}^3$ ;

Время выдержки образцов 168 часов.

Исходные образцы имеют густо травяно-зеленый цвет. На образцах наблюдаются трещины различных размеров как внутри камня, так и на поверхности. Вес образцов около 3 граммов.

В результате первого эксперимента получены образцы с тонкодисперсными образованиями разных оттенков. Рентгенофазовым анализом установлено наличие кварца –  $\text{SiO}_2$ , канкринита –  $\text{Na}_6\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_2$ , парагони-

та  $\text{--NaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$  и гиббсита –  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Вес и цвет образцов остались неизменным.

Эксперимент 2. Восстановительная среда

Состав флюида:  $\text{H}_2\text{O}$ –80 см<sup>3</sup>;  $\text{NaOH}$  (5 %) –5 г;  $\text{NaCl}$  (2 %) –2 г;  $\text{Al}$ –5 г.

Время выдержки образцов 168 часов.

Образцы просвечивают. Имеют темно-зеленый цвет, в тонких слоях – светло-зеленые. Дефекты – трещины различных размеров, как внутри, так и на поверхности образцов. Имеются выколы и сколы. Вес образцов от 2 до 3 граммов.

В результате пятого эксперимента получены образцы с тонким слоем налета, белого цвета, мягкий. Цвет и вес образцов остался прежний. Образовавшаяся новая фаза представляет собой хлорсодержащий алюмосиликат натрия – содалит  $3\text{Na}_2\text{O}\cdot3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot6\text{SiO}_2\cdot2\text{NaCl}$ .

Последующие три эксперимента проводились с добавлением силикатного клея.

Эксперимент 3.

Состав флюида:  $\text{H}_2\text{O}$ –50 см<sup>3</sup>;  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ – 40см<sup>3</sup>.

Время выдержки образцов 168 часов.

Цвет исходных образцов бутылочно-зеленый, образцы полупрозрачные. На поверхности камней имеются сколы, трещины незначительных размеров. В тонких слоях образцы просвечивают. Вес образцов около 2 грамм.

После выдержки образцов, на отдельных участках можно наблюдать образование белого хлопьевидного налета с зеленоватым оттенком. Мягкий, непросвечивающий. Налет идет по сколам и трещинам на поверхности образцов. Образование налета незначительное. Прозрачность у камней снизилась, вес и цвет остались неизменными.

Новообразования на дне автоклава представляют собой тонкодисперсную смесь корунда – $\text{Al}_2\text{O}_3$ , диоксида – $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  и кварца – $\text{SiO}_2$ .

Эксперимент 4.

Состав флюида:  $\text{H}_2\text{O}$ –80 см<sup>3</sup>;  $\text{HCl}$  (50 %) –10 см<sup>3</sup>;  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ –5 см<sup>3</sup>

Время выдержки образцов 72 часов.

Цвет образцов темно-зеленый, просвечивают в тонких сколах. Образцы имеют большое количество дефектов, которые можно наблюдать только на поверхности образца – сколы, трещины и микротрещины.

После эксперимента окраска образцов не изменилась, на поверхности образцов в незначительном количестве наблюдаются белые выделения вновь образованного вещества. Прозрачность образцов снизилась, появились мутины внутри камня.

Эксперимент 5.

Состав флюида:  $\text{H}_2\text{O}$ –80 см<sup>3</sup>;  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ –10 см<sup>3</sup>;  $\text{NaOH}$ –0.3 г

Время выдержки образцов 168 часов.

Цвет образцов до эксперимента темно-зеленый. Образцы имеют множество дефектов – сколы, выколы, микротрещины, покрывающие поверхность камней. В тонких слоях цвет доходит до светло-зеленого. Вес образцов колеблется от 3 до 4 граммов.

После эксперимента образцы изучались под биноклем и с помощью рентгенофазового анализа. Образцы неравномерно покрыты белым слоем налета, который имеет вид радиально лучистых кристаллов. После эксперимента образцы сохранили свой прежний цвет, но снизилась прозрачность.

Вновь образованное вещество представляет смесь: Na-амфибола, следовые количества ауссингита  $\text{Na}_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{17} \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

В результате проведенных экспериментов отмечен перенос компонентов системы с образованием тонкодисперсных минеральных фаз. В системе  $\text{H}_2\text{O}-50 \text{ см}^3$ ;  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n-40 \text{ см}^3$  отмечено новообразование диопсида, который может являться полезным компонентом при залечивании трещин. Визуально залечивание трещин в эксперименте не наблюдается. Поэтому для успешного завершения данной работы необходимо продолжить исследования в данной области.

Авторы глубоко признательны ведущему инженеру аналитического центра Института земной коры СО РАН Зинаиде Федоровне Ущуповской за проведение рентгенофазовых анализов.

#### Список литературы

1. Плечев П.Ю., Граменицкий А.Р., Котельников А.Р. Искусственные расплавные включения в гранитной системе, 1996
2. Медведев В.Я., Иванова Л.А. Флюидный режим нефритообразования. Новосибирск «Наука» Сибирское отделение, 1989
3. Иванова Л.А., Медведев В.Я. Природа окраски и методы облагораживания минералов : учеб. пособие. - Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. - 216 с.
4. [Электронный ресурс]. URL: <http://pro-kamni.ru/diopsid/> свойства диопсида.

УДК 745/749

### **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ**

Сухоручкина К.О., студентка группы ТХМ-10 ИрННТУ,  
Воронцова Н.В., доцент каф. геммологии ИрННТУ, г. Иркутск

Еще в древние времена ювелирные изделия обладали особой значимостью в жизни человека. Так и в наше время найдется мало людей, способных оставаться равнодушными при виде драгоценных камней в ювелирных украшениях. Они являются символом прекрасного и вечного, соединяют в себе человеческую мечту, мастерство автора и красоту природы.

Наука и техника находятся в постоянном развитии. Научно-технический прогресс не прошел мимо и ювелирной отрасли. Ювелирное дело всегда являлось трудоемким и кропотливым занятием, и новейшие изобретения направлены на облегчение работы мастера.

С открытием лазерного луча в 1962 году, ученые с каждым экспериментом все больше усовершенствовали лазерные установки. Сейчас лазерные технологии обработки материалов широко применяются в промышленности для различных технологических операций – сварки, резки, маркировки и гравировки, термообработки и сверления отверстий. Хотелось бы более подробно остановиться именно на лазерной сварке. Все технологические операции по соединению деталей выполняются на настольной лазерной установке Jeeg 120 (рис. 1). Компактная настольная модель Jeeg 120 предназначена для небольшого производства. Установка представляет собой металлический короб с выведенным дисплеем и рабочей зоной внутри корпуса. Кроме этого составными частями являются бинокляр с 6х-ти кратным увеличением и педаль.



**Рис. 1. Работа на лазерной установке Jeeg 120**

Принцип работы лазерной установки заключается в том, что под действием сфокусированного лазерного луча свариваемый металл расплавляется в считанные миллисекунды в месте, куда направлен луч. Аппарат предназначен для сварки всех ювелирных металлов и сплавов. В их числе золото, серебро, медь, алюминий. Широкий выбор рабочих параметров позволяет осуществлять сварку стальных сплавов. Встроенный сенсорный дисплей русифицирован. Законом-производителем предусмотрено 20 стандартных программ для работы со сталью, белым, желтым и красным золотом, а также серебром. Параметры лазера устанавливаются на сенсорном дисплее в зависимости от светоотражательной способности металла и теплоемкости. С помощью лазерной установки Jeeg 120 можно исправить дефекты, полученные в результате непрофессионализма мастера.

Сварка с применением лазера имеет множество преимуществ, в сравнении с самым распространенным способом соединения деталей ювелирного изделия – пайкой. Лазерная сварка позволяет соединять металлические конструкции с нагревом лишь сварочного шва, размер которого можно регулировать настройками, исключая любое механическое или тепловое воздействие на оставшийся материал. Это позволяет спаивать детали с уже установленными камнями или иными вставками без ущерба для них. Учитывая это свойство лазерной сварки, стало возможным наращивание сломанных во время закрепки камней крапанов без ухудшения свойств вставок, расположенных рядом (рис. 1, рис. 2).



Рис. 2. Изделия, со сломанными крапанами



Рис. 3. Готовые изделия

Кроме того, не применяется припой при соединении конструкций, достаточно лишь проволоки идентичного металла, либо дополнительный металл не нужен вовсе. Это экономит время и силы, затраченные при заготовке припоя, так же помогает улучшить и сохранить внешний вид изделия; ведь нередко в серебряном украшении место пайки окисляется быстрее основного металла и становится заметным. При работе с золотом тоже возможны цветовые расхождения в месте пайки.

Учеными проведены ряд исследований, в результате которых сделаны выводы, что сварной шов на 260 % прочнее, чем аналогичные стыки, спаянные горелкой.

Хотелось бы отметить, что лазеры не так давно стали применять в реставрационном деле – ведь не портится внешний вид изделия, сварной шов мал и незаметен, а патина, образовавшаяся за долгое время на старинных украшениях так же остается не тронутой. Примером могут послужить ножны Кавказской сабли, изготовленные в XIX веке из серебра (рис. 4).





**Рис. 4. Реставрация старинных ножн Кавказской сабли середины XIX века, серебро**

В современном мире часть технологических процессов лазерной обработки полностью отработана и внедрена в ювелирной отрасли, но некоторые процессы и технологии все же находятся на стадии разработки, и возможно, в скором времени будут применены для обработки изделий в ювелирной промышленности, ведь, как известно, совершенству нет предела.

Список литературы

1. З. Блащук В. Е. Металл и сварка: учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп./ В.Е. Блащук, М.: Стройиздат, 2006. – 144с.
2. Григорьянц А.Г. Лазерная сварка металлов./ А.Г. Григорьянц, М.: «Высшая школа», 1988. – 207с
3. Малащенко А.А. Лазерная сварка металлов./ А.А. Малащенко, М: Машиностроение, 1984, – 47с.

УДК 745

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ В ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЯХ**

Рыжова А.А., студентка ИРНИТУ

Буйволова М.А., доцент кафедры геммологии, ИРНИТУ, г. Иркутск

*Аннотация:* В статье рассматриваются геометрические формы в ювелирных украшениях, их разделение по форме на две группы: геометрические фигуры и тела. Дизайн и разработка ювелирных украшений в форме правильных многогранников из листового материала в развертке.

*Ключевые слова:* Геометрические формы, фигуры, тела, ювелирные украшения, развертка, дизайн.

Геометрические формы можно разделить на два вида: на геометрические фигуры – плоскостные или плоские фигуры такие как (круг, квадрат, треугольник и т.д.) и геометрические тела – объемные тела (цилиндр, куб, призма). Геометрические фигуры могут быть различных форм и имеют глубокую историю и символику. Ювелирные изделия тоже имеют форму и их можно вписать в геометрическую фигуру, таких плоских изделий много (рис. 1).



**Рис. 1. Ювелирные изделия, серьги в форме геометрических фигур**

Круг – этот солнечный знак одновременно воплощения и постоянства, и динамизма, круг олицетворяет полноту, законченность, совершенство, единство, вечность и равенство.

Квадрат – является символом безопасности, равновесия, прочности и самая статическая геометрическая фигура, противоположная кругу. Также сюда могут относиться любые прямоугольники, ромбы, параллелограммы и трапеции.

Треугольник – один из наиболее мощных и универсальных символов. Могут обозначать любые тройственные понятия.

Многоугольники – число сторон или углов фигуры также несут свою символику. Пятиугольник – очень часто используют как символ во многих религиях. Шестиугольник представляет собой символ целостности вселенной.

*Геометрические тела* разделяются на многогранники (призмы) и тела вращения (конус, цилиндр, шар), в ювелирных изделиях они встречаются очень редко, в основном их форму передают вставки из камней, стекла и др. материалов (рис. 2).



**Рис. 2. Геометрические тела в ювелирных изделиях:  
а – тела вращения; б – призмы**

Тела вращения это объёмные тела, возникающие при вращении плоской геометрической фигуры, ограниченной кривой, вокруг оси, лежащей в той же плоскости. В форме шара – в основном бусины, из камней и других материалов. В форме Конуса металлические вставки и камни. Цилиндр, полусфера – это формы вставок из ювелирных камней, без которых ювелирные изделия не обходятся.

Разнообразные призмы в изделиях в основном представляют собой призматические кристаллические минералы, которые являются вставками в различные ювелирные изделия.

Все многогранники являются производными от пяти основных форм правильных многогранников. Это тела Платона (рис. 3). Платон сопоставил каждую из четырёх стихий определённому правильному многограннику. Земля сопоставлялась кубу, воздух – октаэдру, вода – икосаэдру, а огонь – тетраэдру. И все сущее или вселенная додекаэдру. Правильный многогранник – это выпуклый многогранник, состоящий из одинаковых правильных многоугольников и обладающий пространственной симметрией. Многогранники встречаются в природных минералах кубической сингонии.



Рис. 3. Тела Платона

*Тетраэдр* – геометрическое тело, основой которого служат четыре правильных треугольника. В природе встречаются минералы этой формы, например минерал гельвин.

*Икосаэдр* состоит из двадцати правильных треугольников. По форме подходит минерал кобальтин.

Самая распространенная форма многогранника это куб. Основа куба это квадрат. Этой формы встречается пирит

В *Октаэдре* восемь правильных треугольника. Эта форма считается идеальной формой алмаза.

*Додекаэдр* состоит из двенадцати правильных пятиугольников. Очень четко передает форму октаэдра сернистый колчедан.

Все эти многогранники можно изготовить из развертки, для одной фигуры развертки могут быть разные.

Дизайн изделий может быть любой, формы многогранников легко вписать в любую фигуру и понять закономерности формообразования изделия. Разработан дизайн броши «Трек» в графическом редакторе с наложенной на нее сеткой (рис. 4).

Выполнены макеты ювелирных изделий из бумаги. Они собирались из развертки и покрывались серебряной краской. Кольцо «Икосаэдр» состоит из шинки кольца и верхушки - икосаэдра (рис. 5, а). Колье «Додекаэдр» состоит из двух половинок додекаэдра соединенных между собой гранью (рис. 5, б).

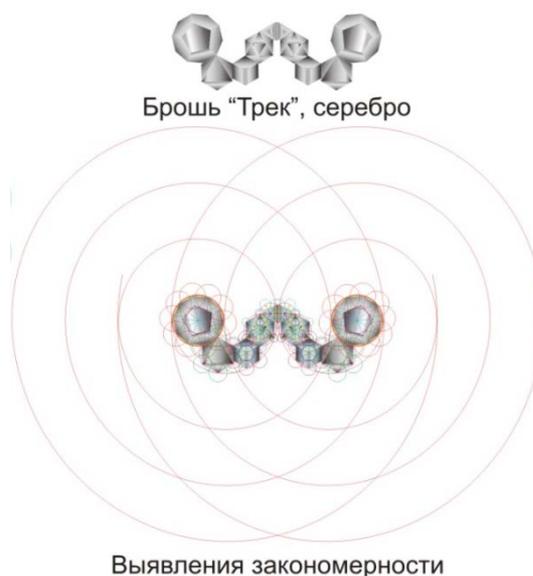
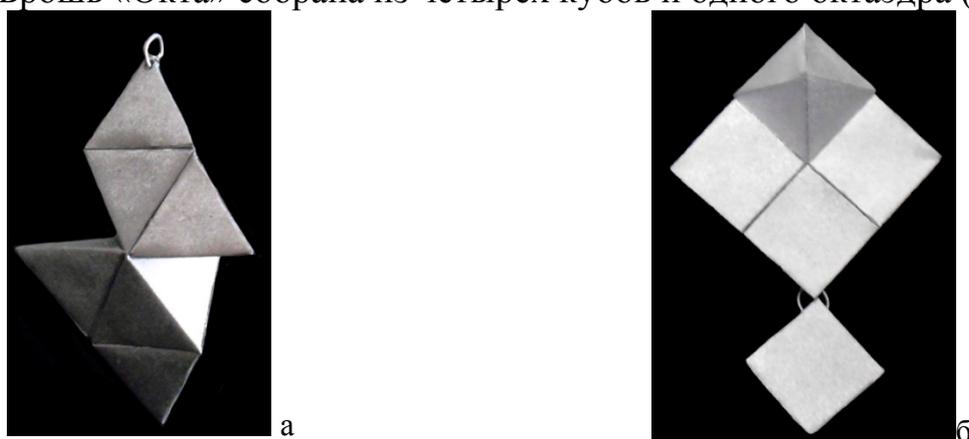


Рис. 4. Эскиз броши «Трек»



**Рис. 5. Макеты ювелирных украшений: а – кольцо «Икосаэдр»;  
б – кольцо «Додекаэдр»**

Следующие разработки ювелирных изделий собраны из нескольких многогранников. Подвес «Птица» состоит из двух октаэдров и семи тетраэдров (рис.6, а). Брошь «Окта» собрана из четырех кубов и одного октаэдра (рис. 6, б).



**Рис. 6. Макеты ювелирных украшений: а – подвес «Птица»;  
б – брошь «Окта»**

В изделиях из многогранников есть свои плюсы и минусы.

**Плюсы:**

1. Форма многогранника придает изделию неповторимость, четкость, прямолинейность и лаконичность.
2. Изделия из многогранников оригиналы, их форму можно создать и с помощью плоскостей (граней), они ассоциируется с кристаллами минералов и с помощью ребер, как легкая пустотелая решетка.
3. Ювелирных изделий в форме многогранников на современном рынке очень мало, в связи с этим спрос на них велик.

**Минусы:**

1. Технологический процесс изготовления, который очень трудоемкий и требует особой аккуратности, внимания и терпения.
2. С эксплуатационной точки зрения, изделия могут деформироваться при носке, поэтому их лучше всего изготавливать в виде подвесок на всевозможные изделия и не одевать под одежду. Их можно изготавливать в виде подвесок

**Литература**

1. Гумилевский С.А., Киршон В.М. Кристаллография и минералогия / С.А. Гумилевский, В.М. Киршон. – Изд-во: Высшая школа, 1972. – 112 с.: ил.
2. Дизайн: учеб. пособие/ Е.В. Хохрин, Н.В. Воронцова; под ред. Р.М. Лобацкой. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 128с.

3. Бреполь, Э. Теория и практика ювелирного дела / Э. Бреполь – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.: ил.

4. Воронцова, Н. В., Буйволова, М. А. Технология изготовления ювелирных изделий: учеб. Пособие / Н. В. Воронцова, М. А. Буйволова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – Ч. 1. – 216 с.: ил.

УДК 7.05

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЫХ И ТРАДИЦИОННЫХ КАМНЕЙ В ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ**

Тугаринова А.А. студентка, ИРНИТУ

Иванова Г. Н. – доцент кафедры геммологии ИРНИТУ, г. Иркутск

*Аннотация:* Рассмотрены сравнительные характеристики александрита и султанита-диаспора по изменению цвета. Произведен анализ геммологических характеристик двух ювелирных камней.

*Ключевые слова:* александрит, султанит, изменение цвета, геммологические характеристики, ювелирные изделия.

Мир ювелирной промышленности расширяет свои возможности введением не только совершенного дизайна ювелирных изделий, но и новыми ювелирными камнями, которые своим видом, свойствами заставляют расширять торговые возможности. В торговле появились изделия с торговым названием ювелирного камня «султанит», или минералогическое название диаспор. Султанит это «диаспор» по-гречески – рассеяние, растрескивание при нагревании. Но султанит как и александрит обладает удивительным свойством эффектом смены цвета в зависимости от освещения, диаспор меняет цвет с очень светлого сероватого или ярко зеленого на светлый красновато пурпурный или розовый, александрит от зеленого до красного при электрическом

Диаспор был известен с начала 1 800 годов, впервые был установлен на Урале. Тонко пластинчатые агрегаты диаспора не представляли интереса для ювелирной промышленности [1].

До середины 1980-х годов диаспор – султанит являлся коллекционным камнем. В это время в Турции в Анатолийских горах на высоте около 1300 метров найдено месторождение зеленого ювелирного диаспора с александритовым эффектом, оно находится в 11 километрах от населенного пункта Белимлик. Геологический Институт Америки (GIA) поставил султанит в группу ювелирных камней в один ряд по редкости нахождения с александритом, рубином и сапфиром, это природные ювелирные ограночные драгоценные камни в сырье имеют природные включения. На ювелирном рынке 100 % ограненных султанитов являются природными, камень не подвергается облагораживанию и нет синтетических аналогов.

Редкость султанита на ювелирном рынке обусловлена не только единственным месторождением, но и особенностям его обработки. Чтобы максимально ярко выразить оптические эффекты камня, его необходимо очень строго

ориентировать при огранке. При огранке султанита, из-за его хрупкости и средней спайности выход ограненного ювелирного материала составляет 2 %.

Так как султанит-диаспор и александрит (рис. 1, 2) имеют изменения цвета при различном освещении. В таблице №1 приведены сравнительные характеристики по геммологическим свойствам этих двух минералов.

Таблица 1

Наименование свойства	Диаспор султанит	Хризоберилл александрит
Химический состав	$\text{HAlO}_2$ $\text{Al}_2\text{O}_3$ – 85 %. $\text{H}_2\text{O}$ 15 %; $\text{F}_2\text{O}_3$ – 7 %. $\text{Mn}_2\text{O}_3$ . $\text{SiO}_2$ – 4 %, $\text{Cr}^{3+}$ 5–6 % (дает александритовый эффект)	$\text{BeAl}_2\text{O}_4$ $\text{BeO}$ – 19,8 %. $\text{Al}_2\text{O}_3$ – 80,2 % $\text{F}_2\text{O}_3$ – 3,5–6 %. $\text{TiO}_2$ – 3 %. $\text{Cr}_2\text{O}_3$ – 0,4 %
Сингония	Ромбическая, ромбо-пирамидальный	ромбическая
Облик кристаллов	Тонко-пластинчатые, иногда таблитчатые, иногда столбчатые, наблюдается вертикальная штриховка граней. Кристаллы до 8 см	Толстотаблитчатый, иногда коротко или длиннопризматический, тройники прорастания, на гранях часто наблюдается штриховатость
Цвет	Желтовато-бурый, белый, светло фиолетовый, зеленовато-серый	Изумрудно-зеленый, при электрическом освещении-фиолетово-красный
Блеск	Стекланный, на плоскостях спайности перламутровый	Стекланный, в изломе жирный
Черта	белая	
Показатель преломления	$n_g=1,750$ $n_m=1,722$ $n_p=1,702$	$n_g=1,753$ $n_m=1,747$ $n_p=1,744$ , двуосный
Твердость	6-7, очень хрупкий	8.5, хрупкий
Спайность	средняя	Ясная, несовершенная
Удельный вес	3,3-3,5	3,50 – 3,84
происхождение	Контактово-метасамотических и гидротермальных месторождениях среди метаморфизованных Экзопленитовых бокситах. В метаморфических породах с корундом, наждаком. (Урал, США, Греция)	Распространен в пегматитах или контактово-пневматолитовых образованиях на границе сланцев с гранитными интрузивами. (Бразилия) Встречается в россыпях до нескольких см в поперечнике (Цейлон, Мадагаскар)
ассоциации	Корунд, мусковит, гематит, рутил.	Изумруд, полевой шпат, шпинель, апатит, топаз, горный хрусталь, турмалин
синтез	отсутствует	Корунд с александритовым эффектом, александрит метод из раствора в расплаве, метод Чохральского, гидротермальный.



**Рис. 1. Александрит в сырье.  
Александрит в ювелирных изделиях**

**Рис. 2. Ювелирное изделие  
с султанитом. Султанит в огранке**

Стоимость султанита приравнена к весу золота, и изделия с камнем в один карат и более доступны для большинства покупателей по стоимости, стоимость 1 карата султанита равна 100 долларам. Александриты природные довольно редки на рынке, вес их редко бывает 1 карат и стоимость александрита равна более 1000 долларов за карат.

В лаборатории кафедры геммологии проведены исследования александрита и султанита. По спектрам поглощения окрашивающих элементов у александрита наблюдается широкая полоса хрома 580 нм, отсюда равновесие цвета между зеленым (дневном) и красным (искусственным), дуплет из линий 680,678 нм. Для султанита мы наблюдаем тоже широкую полосу хрома в этом же диапазоне 560–580 нм, линия железа в диапазоне 470 нм камень имеет изменение цвета зеленого (при искусственном) на коричневый (при дневном

Литература

1. В. В. Буканов. Из-во «Гранит», Прага, 2008г. 416 стр.

**Секция «ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

Материалы выступлений этой секции представлены в сборнике «Геология, поиски и разведка рудных месторождений» Известий Сибирского отделения секций наук о Земле Российской академии естественных наук №7(50).

**Секция «ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ»  
(геофизика, геоинформатика и бурение скважин)**

УДК 622.7

**РЕЗУЛЬТАТ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПО  
КОМПЛЕКСУ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЮГЕ ЯКУТИИ**

Лаврентьева Н.А., м.н.с., ИРНИТУ;

Давыденко Ю.А., к.т.н., доцент, ИРНИТУ;

Бухалов С.В., студент, ИРНИТУ, г. Иркутск

На участке работ, расположенном на юге Якутии, прослеживаются зоны тектонических разломов с выходом траппов на поверхность. Наличие водопритоков в гидрогеологических скважинах во многих случаях напрямую зависят от наличия таких разломов, при этом необходимо учитывать геологические предпосылки и характер тектонических нарушений.

В 2014 г. сотрудниками ИРНИТУ были проведены площадные электроразведочные работы методом электромагнитного зондирования и вызванной поляризации (ЭМЗ-ВП) на трех участках в районе проектируемых скважин. Идея ЭМЗ-ВП заключается в максимально полном использовании информации от переходных процессов, возбуждаемых прямоугольными разнополярными импульсами, которые применяются в традиционных методах постоянного тока [2, 4]. Опорная модель для подбора кривых ЭМЗ-ВП формировалась по ранее проведенным электроразведочным работам МПП и данным глубокого бурения, в результате чего были построены площадные карты УЭС (удельное электрическое сопротивление) и поляризуемости.

Для выявления зон развития траппового магматизма и картирования тектонических нарушений были использованы данные аэромагнитной съемки, проведенной в 2006–2008 гг. Данные аэромагниторазведки обрабатывались в программе GelioSMI64 [3]. Локальная составляющая магнитного поля  $T_B$ , преимущественно отражающая развитие разрывной тектоники и траппового магматизма в осадочном чехле, была найдена исключением из исходного поля  $T_a$  составляющей  $T_R$ , обусловленной более глубоко залегающими неоднородностями осадочного чехла и кристаллического фундамента. Эта задача была решена трехмерной линейной инверсией магнитного поля  $T_a$  с определением составляющих вектора суммарной намагниченности для параллелепипедов с размерами в горизонтальной плоскости  $4000 \times 4000$  м и заполняющих пространство на глубину тремя слоями: 0–2000; 2000–5000 и 5000–9500 м. При этом за составляющую магнитного поля  $T_R$  был принят эффект магнитных неоднородностей в диапазоне глубин: 2000–5000 и 5000–9500 м. В результате было получено локальное аномальное магнитное поле, где аномалии имели линейный характер, приуроченные к тектоническим нарушениям.

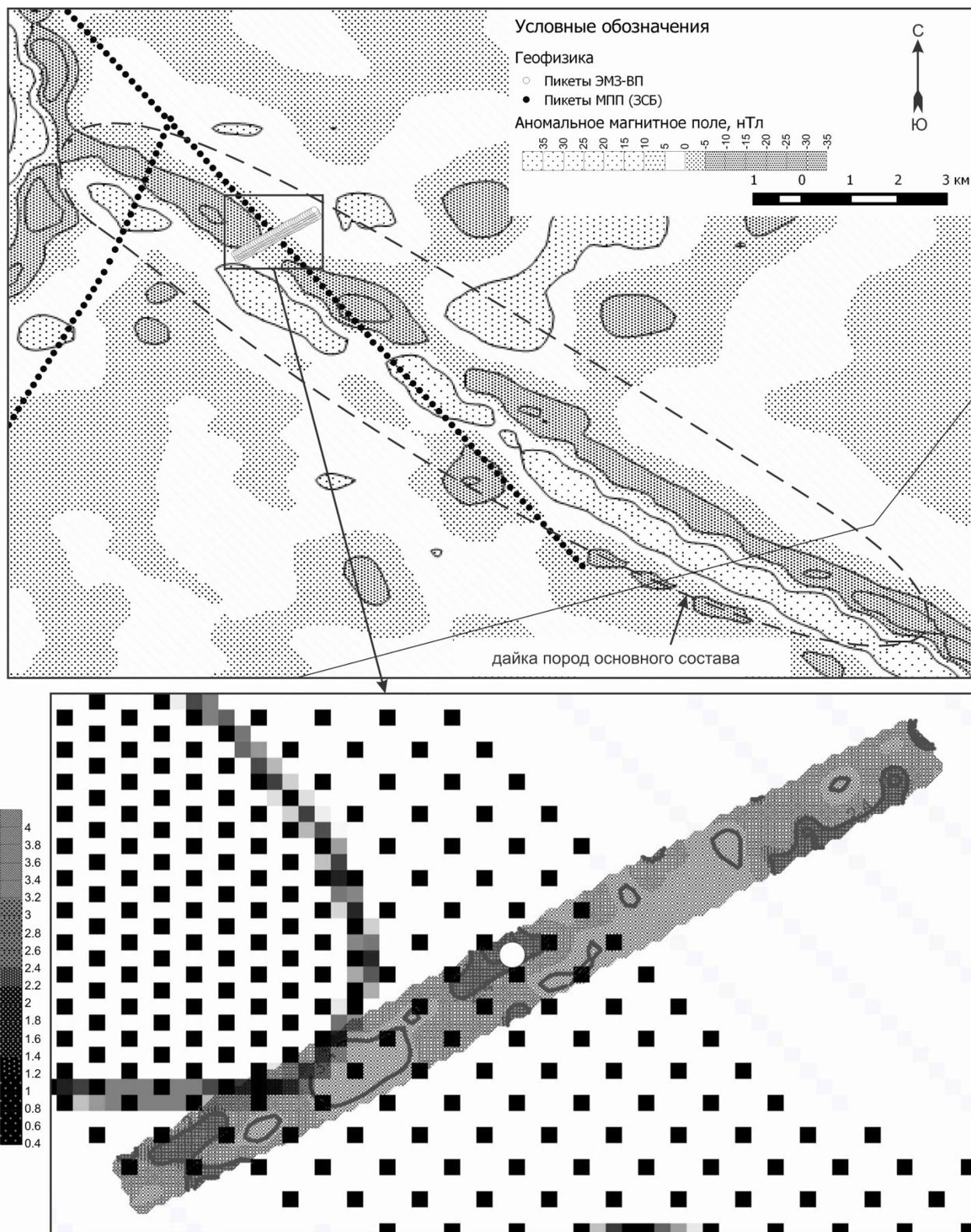


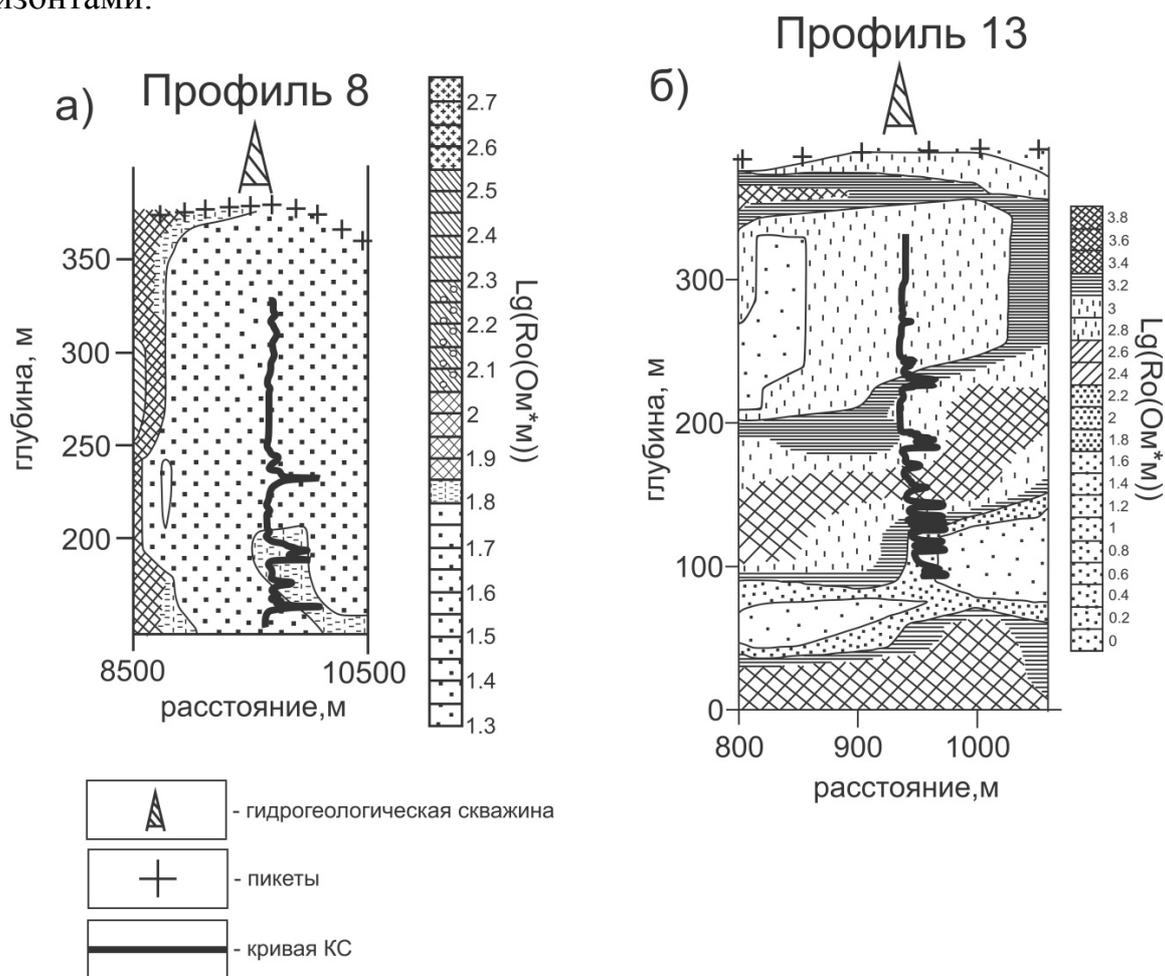
Рис. 1. Схема распределения локальной составляющей поля  $T_L$  по результатам аэромагниторазведки и УЭС на участке №3 в районе гидрогеологической скважины

С северо-запада на юго-восток прослеживается хорошо выраженная интрузия (рис. 1). При сопоставлении карты УЭС и данных магниторазведки видно поднятие северо-восточной части и опускание центральной. В крайней юго-западной части участка прослеживается разломная зона.

По прогнозам данных ЭМЗ-ВП и магниторазведки проектные скважины на участке 1 и 3 располагаются в разломной зоне, не попадая в ММП, а обводненные водоносные горизонты находятся на глубине 350 м, что позволяет выполнить их заверку бурением, имеющимися на участке техническими средствами.

После подтверждения перспективности водоносных горизонтов на двух участках были пробурены скважины.

При сопоставлении геоэлектрических разрезов с данными КС пробуренных скважин (рис. 2) выявлена корреляция с верхними низкоомными горизонтами.



**Рис. 2.** Сопоставление данных КС и геоэлектрических разрезов:  
а) на профиле 8 (МПП); на профиле 13 (ЭМЗ-ВП)

По данным ЭМЗ-ВП нижний низкоомный обводненный слой находится глубже 400 м, приток возможен только с верхних водоносных горизонтов.

Выводы: В результате обработки данных аэромагниторазведки, выполненной с использованием методов робастного многомерного статистического анализа в сочетании с алгоритмами инверсии [1], получен набор карт, который используется для определения зон развития траппового магматизма, блокового строения территории и наличия тектонических нарушений. Сопоставление площадной съемки ЭМЗ-ВП с локальными аномалиями, выделенными в результате обработки аэромагнитной разведки, подтверждают блоковое строение

территории и наличии тектонических нарушений, которые выделяются по данным обоих методов. По данным электромагнитных зондирований выделяются водоносные горизонты, уточняется их глубина залегания и мощность.

**Благодарность:** Выражаем большую благодарность за содействие в работе Давыденко Александру Юрьевичу (д.ф.-м.н., профессор, кафедра геологии и геофизики, Иркутский Государственный Университет).

### **Литература**

1. Грайвер А.В., Давыденко А.Ю., Попков П.А., Слепцов С.В. Технология интерпретации данных площадных геофизических работ в программном комплексе «GelioSMI» // Материалы 40-й сессии Международного семинара им. Д.Г.Успенского. М.: ИФЗРАН, 2013. с. 115–120.
2. Крылов С.С. Геоэлектрика: Поля искусственных источников: Учеб. пособие. – СПб.: Издательство С-Петербургского университета, 2004. – 138 с. ISBN 5-288-03664-0.
3. Davydenko A.Y., Grayver A.V., 2014. Principal component analysis for filtering and leveling of geophysical data. J. Appl. Geophys. 109, 266–280.
4. Kozhevnikov N.O., Antonov E.Yu. Inversion of TEM data affected by fast-decaying induced polarization: Numerical simulation experiment with homogeneous half-space // Journal of Applied Geophysics. 2008. V 66. P 31–43.

УДК 622.7

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА НА СИНТЕТИЧЕСКОЕ ВОЛНОВОЕ ПОЛЕ**

Шаргородский А.В., Лыкова В.В., Клыкова В.Д.

Обособленное подразделение «ОАО Росгеология» «Иркутское геофизическое подразделение», ИРННТУ, г. Иркутск

При интерпретации сейсморазведочных данных предполагается, что изучаемая среда представляет собой однородное или суб-однородное слоистое пространство.

В действительности эти предположения выполняются лишь приближенно, в зависимости от конкретных геологических и топографических особенностей местности. Возникает необходимость исправления наблюденного времени пробега волны, чтобы исключить отклонения в определении времени, вызванные отклонением реальных условий наблюдений от предполагаемых. Для этой цели в наблюденное время вводят так называемые статические поправки, величина которых зависит от таких основополагающих факторов как высотное расположение пунктов возбуждений и приёма упругих колебаний, и неоднородное строение покрывающей толщи исследуемой среды. Введение статических поправок имеет огромное значение для повышения качества последующих сейсмических данных, так как позволяет повысить эффективность различных интерференционных систем, применяемых при воспроизведении сейсмодатумграмм. Аналитического определения характера влияния неоднородностей верхней части разреза, было проведено полномасштабное сейсмическое модели-

рование, результатом, которого явились физико-геологическая модель (ФГМ), построенная по данным геофизических исследований скважин и синтетический временной разрез, являющийся результатом решения прямой задачи от ФГМ. От синтетического временного разреза были рассчитаны статические поправки методами лучевой сейсмической томографии и методом прослеживания первых жестких отражающих границ. Моделирование выполнялось на основании пластовой литолого-акустической модели (ПЛАМ). Частота падающего нуля фазового импульса равнялась 30 Гц [3].

Расчет синтетического временного поля осуществлялся по ФГМ, без включений возмущающих объектов верхней части разреза (рис. 1). Создание вышеуказанной простейшей модели было обусловлено целями проверки качества расчета статических поправок от результата решения прямой задачи и в дальнейшем определения сопоставимости трансформированного (по принципу время – глубина) волнового поля с исходной ФГМ.

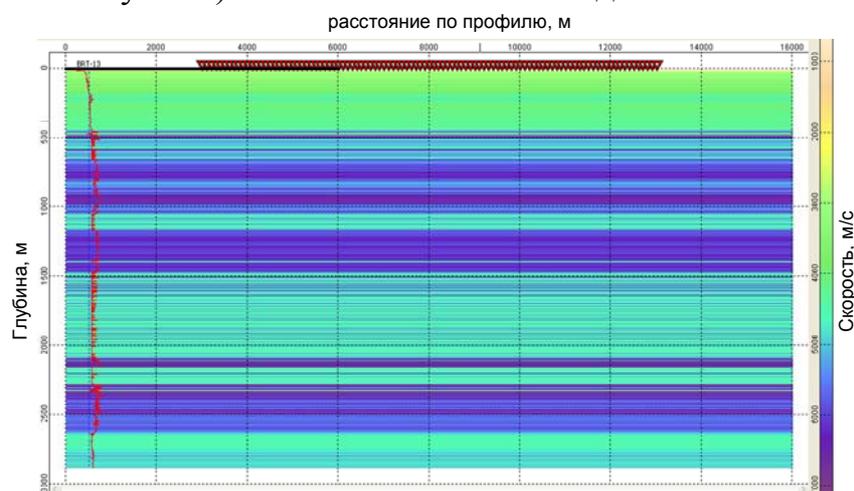


Рис. 2. ФГМ без неоднородностей

Результаты решения прямой задачи (рис. 2) и введения статических поправок отражают исходную плоскопараллельную картину модели.

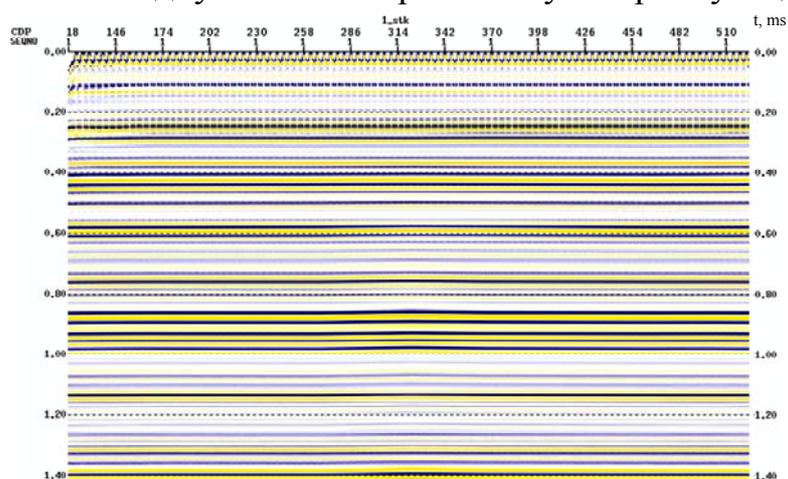
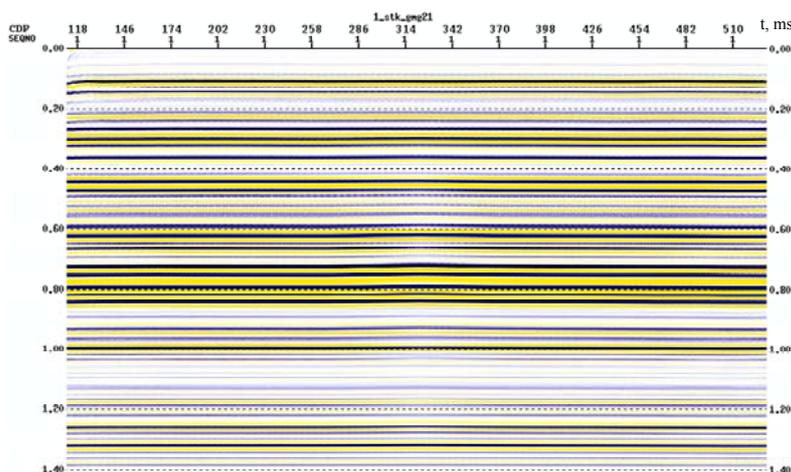


Рис. 3. Синтетический временной разрез (результат решения прямой задачи)

Форма отражающих горизонтов на временном разрезе с учтенным влиянием ВЧР (рис. 3) осталась без изменений, что свидетельствует от том, что рас-

чёт статических поправок был выполнен верно т.е. без ошибочного искажения действительного характера простираения отражающих границ.



**Рис. 4. Синтетический временной разрез с введенными статическими поправками**

Так же была построена глубинно-скоростная модель с включением неоднородности в ВЧР (рис. 4). Неоднородность мощностью 50м и длиной 1500 м имеет прямоугольную конфигурацию и располагается выше линии приведения. Скорость распространения продольных волн во вмещающих породах составляет 3500 м/с, скорость в самой неоднородности 2500 м/с.



**Рис. 5. ФГМ с включением низкоскоростной**

На синтетическом временном разрезе (рис. 5), в зоне локализации неоднородности, отражающие горизонты смещены вглубь разреза, вследствие уменьшения скорости прохождения упругой волны. Аномалия имеет трапециевидную форму, и её протяженность уменьшается с глубиной.

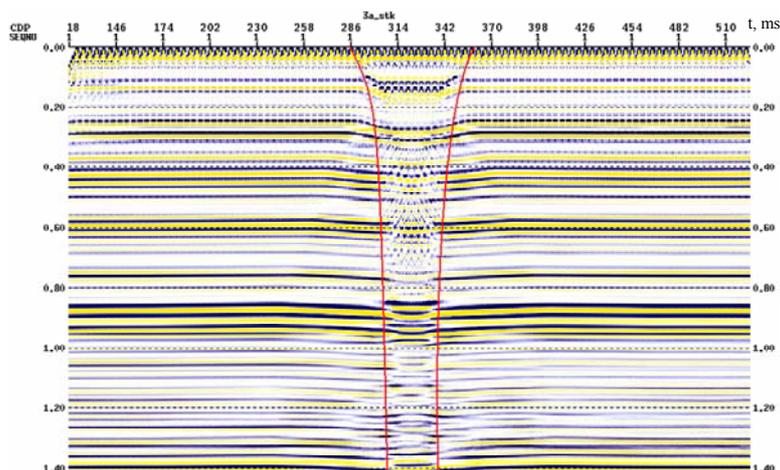


Рис. 6. Синтетический временной разрез

Для учета влияния неоднородности было использовано два метода расчета статических поправок метод преломленных волн по двум отражающим границам в отдельности и метод сейсмической томографии.

С помощью метода расчета статических поправок по преломленным волнам для первой отражающей границы учесть влияние неоднородности не удалось. Временной разрез в зоне локализации низкоскоростного объекта имеет размытые очертания отражающих горизонтов, что не является приемлемым показателем учета искажающего фактора (рис. 6).

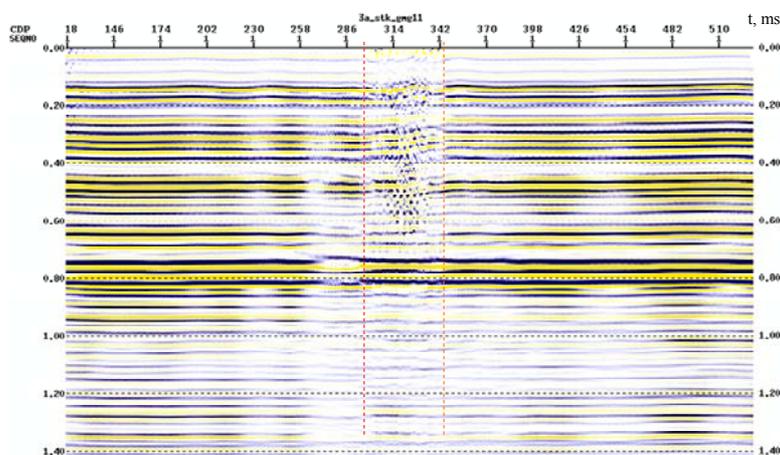
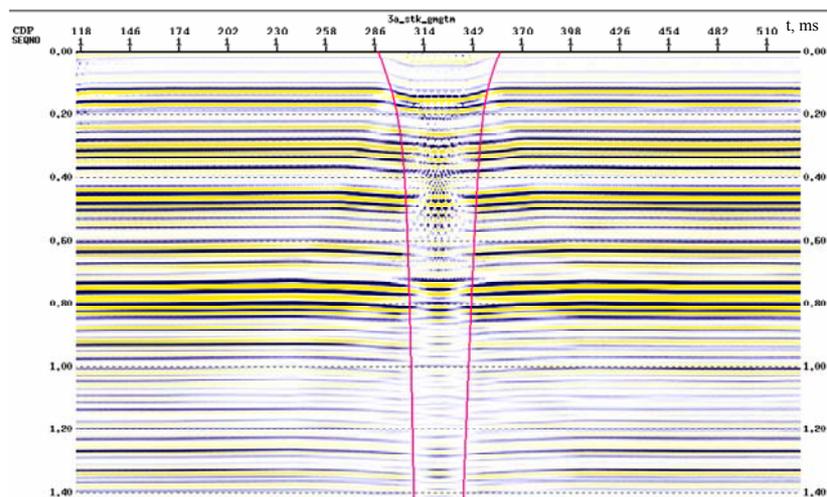


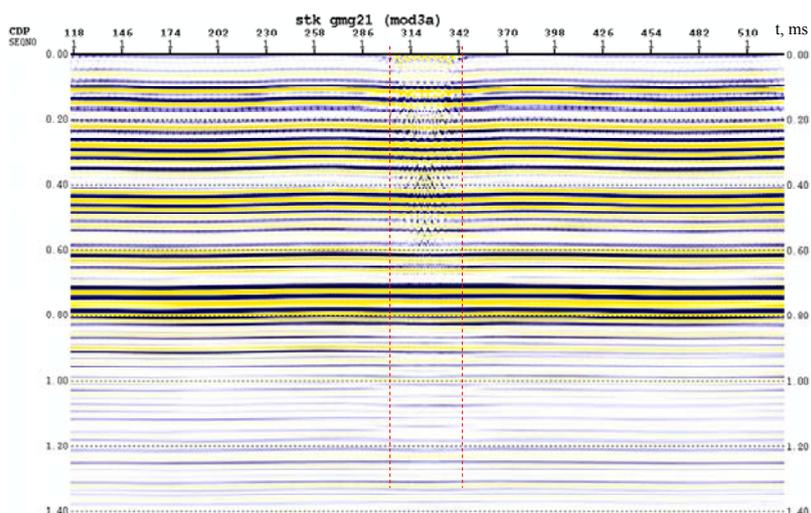
Рис. 7. Синтетический временной разрез с введенными статическими поправками рассчитанными методом преломленных волн

Метод сейсмической томографии в данном случае, тоже не позволил учесть влияние низкоскоростной неоднородности. После ввода поправок рассчитанных данным методом, форма и амплитуда временного сдвига, обусловленного искажающим воздействием неоднородности, существенно не изменилась (рис. 7).



**Рис. 8. Синтетический временной разрез с введенными статическими поправками рассчитанными методом сейсмической томографии**

С помощью метода расчета статических поправок по преломленным волнам для второй отражающей границы, удалось достичь наиболее приемлемого результата (рис. 8). Форма отражающих горизонтов была приведена к виду временного разреза без включения неоднородности.



**Рис. 9. Синтетический временной разрез с введенными статическими поправками рассчитанными методом преломленных волн**

Таким образом, для корректного учета неоднородностей ВЧР необходимо использовать совокупность методов расчета статических поправок и из них выбирать лучший, так как универсального метода для всех типов неоднородностей пока что не существует. Дальнейшее развитие работы предполагает более детальный анализ влияния неоднородностей ВЧР, моделирование неоднородностей ниже линии приведения с различной геометрией и скоростью распространения продольных волн, и особенно определение сходимости трансформированного временного разреза (время – глубина) с ФГМ.

## Список литературы

- 1 В.С. Козырев, А.П. Жуков, И.П. Коротков, А.А. Жуков, М.Б. Шнеерсон Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке Москва Недра 2003 г. – 226 с.
- 2 А.П.Сысоев Прикладные задачи компенсации неоднородности верхней части разреза при обработке и интерпретации сейсмических данных ИНГГ СО РАН 2011 г. – 90 с.
- 3 Ю.П. Ампилов От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа Москва Спектр 2008 г. – 383 с.

УДК 622.7

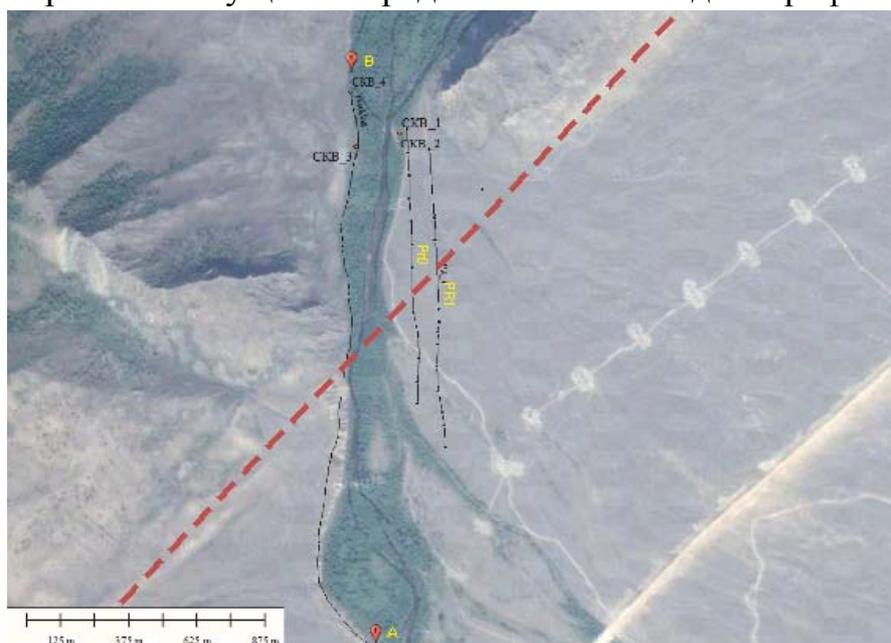
**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ  
В ЗОНЕ ПРИМОРСКОГО РАЗЛОМА**

Ткачева К.Ю., аспирант; Давыденко Ю.А., к.т.н. доцент кафедры ТГР,  
ИРНИТУ, г. Иркутск

Район Приольхонья (Иркутская область) на протяжении лет привлекал исследователей и являлся объектом как фундаментальных, так и непосредственно геологоразведочных работ. В настоящее время, в связи с его вхождением в центральную экологическую зону Байкальской горной области он представляет интерес как идеальный полигон для учебных и опытно-методических исследований. Данные опытно-методические работы проводились на территории Сарминского ущелья (Малое море, Приольхонье) и на Приморском хребте (участок Курма) в комплексе магнитометрии и импульсной электроразведки методом ЭМЗ-ВП (электромагнитное зондирование и вызванная поляризация). Целью данных работ было определение внутренней структуры тектонического разлома, простирающегося на северо-восток [1, 2].

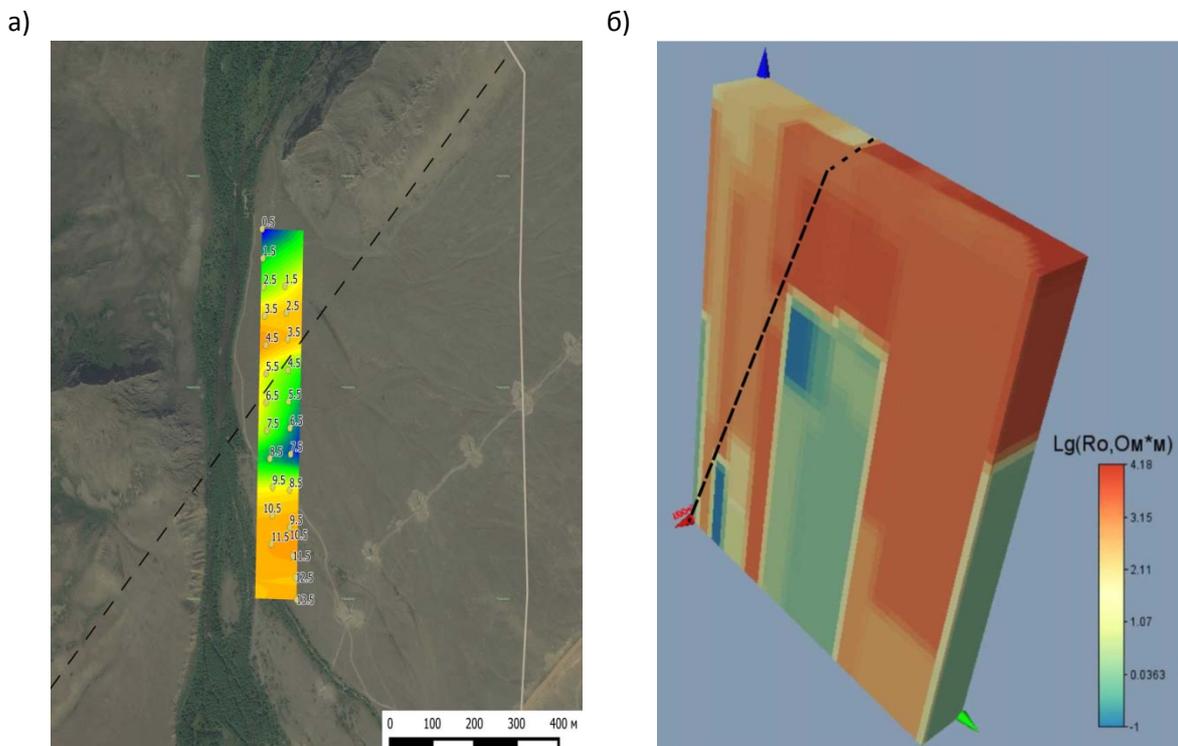
Участок работ в Сарминском ущелье представлял собой два профиля параллельно реке по 400 метров с шагом в 50 метров чуть восточнее реки, генераторная линия располагалась западнее (рис. 1).

**Рис. 1. План участка работ и схема измерительной установки в Сарминском ущелье (красным пунктиром выделен разлом)**



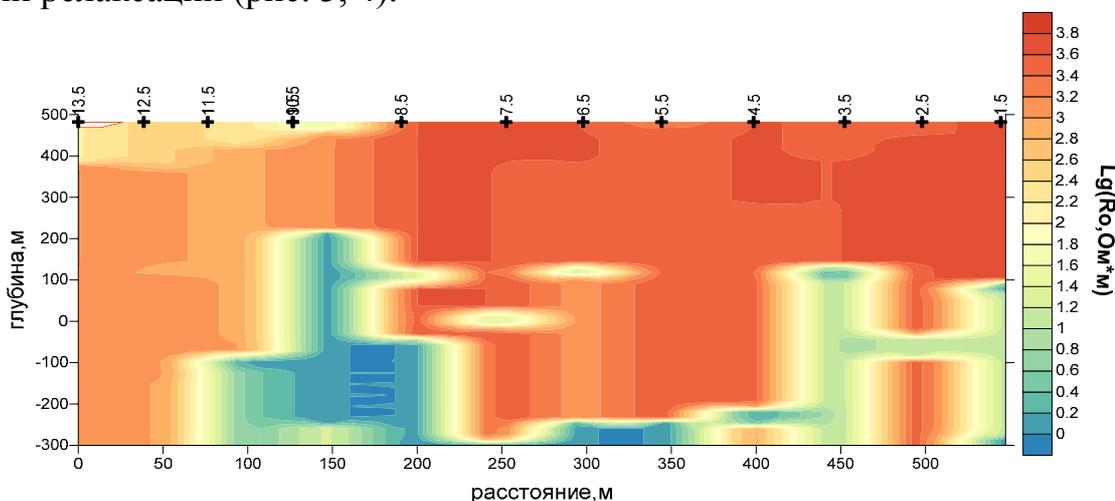
Все результаты работ были проинтерпретированы в рамках одномерной инверсии с учетом частотной дисперсии электропроводности в программе «Mars 1D» и выгружены в программу «Surfer» и «Voxler» для построения карты, разрезов и объемных моделей участка.

После интерпретации в рамках одномерной поляризующейся модели [3, 4] была построена карта на глубине  $h=100$  метров и объемная модель участка сейсмически активного разлома.



**Рис. 2. а) Наложение на космоснимок карты кажущегося удельного сопротивления, построенной по результатам съемки ЭМЗВП; б) распределение удельного электрического сопротивления в объеме**

Разрезы строились по поляризуемости, по десятичному логарифму от кажущегося сопротивления, по причине сильного контраста исходных данных, и времени релаксации (рис. 3, 4).



**Рис. 3. Разрез по профилю 1**

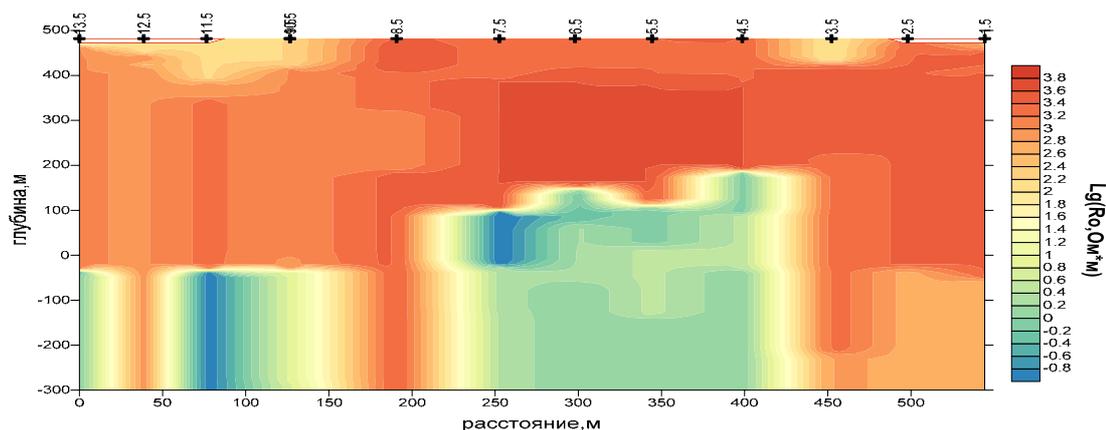


Рис. 4. Разрез по профилю 2

В результате работ на участке «Сарма» было выделено несколько блоков, отличающихся по геологическому строению. Под высокоомными породами находятся проводящие объекты, низкое удельное электрическое сопротивление (УЭС) которых может быть объяснено как наличием воды в тектонически ослабленных зонах, так и присутствием углеродосодержащих пород, например, графитизированных сланцев.

Схема установки на участке Курма (Приморский хребет) представляла собой два параллельных профиля с шагом 5 метров между электродами (рис. 5) [2].

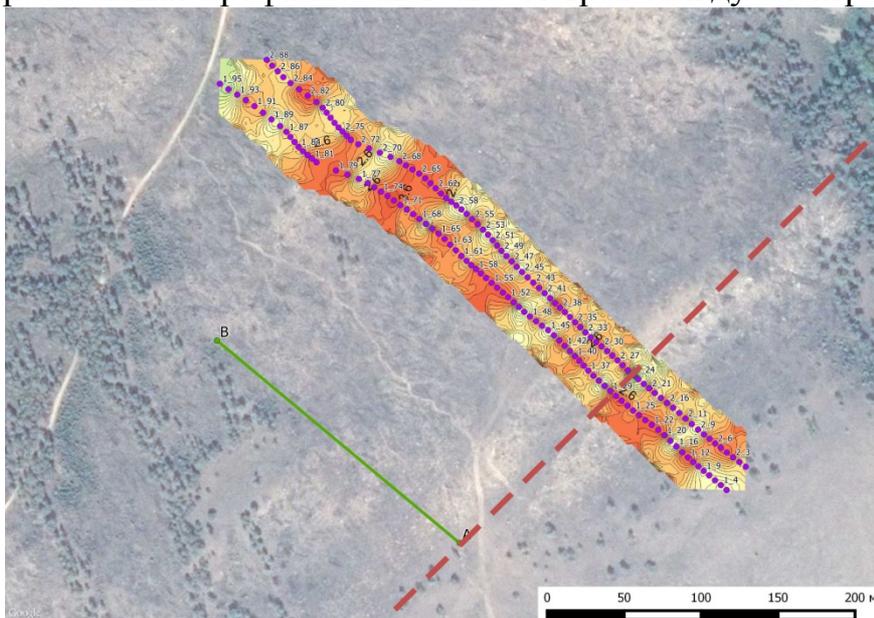


Рис. 5. План участка работ и схема измерительной установки на участке Курма (Приморский хребет)

По результатам инверсии данных комплекса магнитометрии и ЭМЗ-ВП на участке Курма построены разрезы (рис. 6) Риси срезы карт (рис. 7), на которых выделены аномалеобразующие объекты, предположительно титаномагнетитовые интрузии. Из шурфа и делювиальных отложений отобран каменный материал, который используется для лабораторных геохимических исследований. С позиций металлогении обнаружение в непосредственной близости от археологического памятника перекрытого делювием рудного тела, состоящего из

титаномагнетита, магнетита и ильменита с повышенным содержанием редкоземельных элементов может представлять интерес.

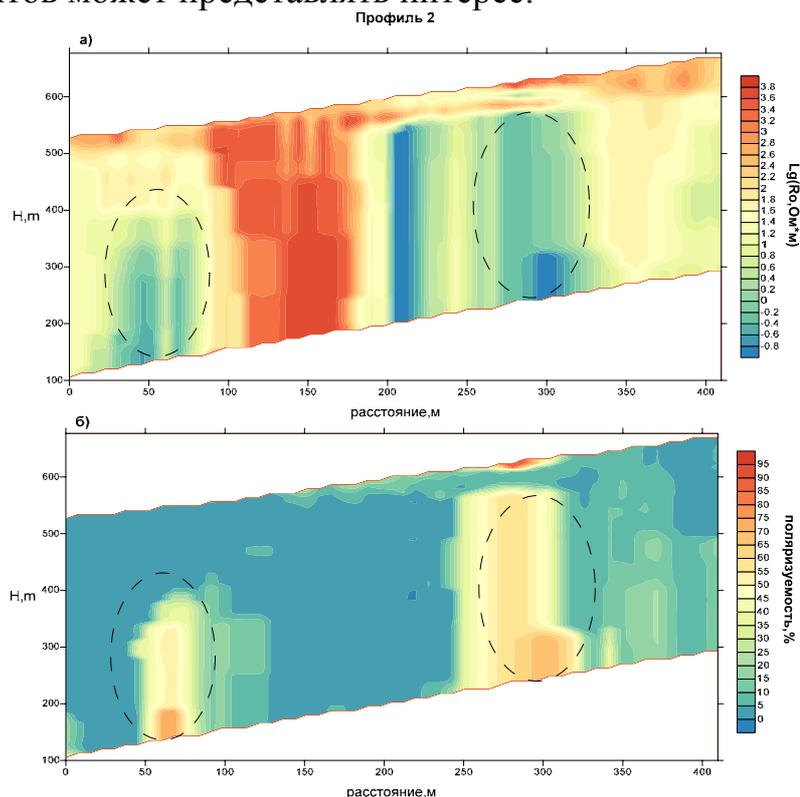


Рис. 6. Разрезы по профилю 2 участок Курма (Приморский хребт), отстроенные по удельному электрическому сопротивлению (а), поляризуемости (б)

На этом участке так же была выполнена магнитная съемка, инверсия данных которой выполнена в программном комплексе GelioSMI. Сопоставлены результаты инверсии магнитного поля с результатами инверсии данных ЭМЗ-ВП. Наибольшее совпадение модуля полного вектора намагниченности со временем релаксации получено на глубине 350 метров (рис. 7).

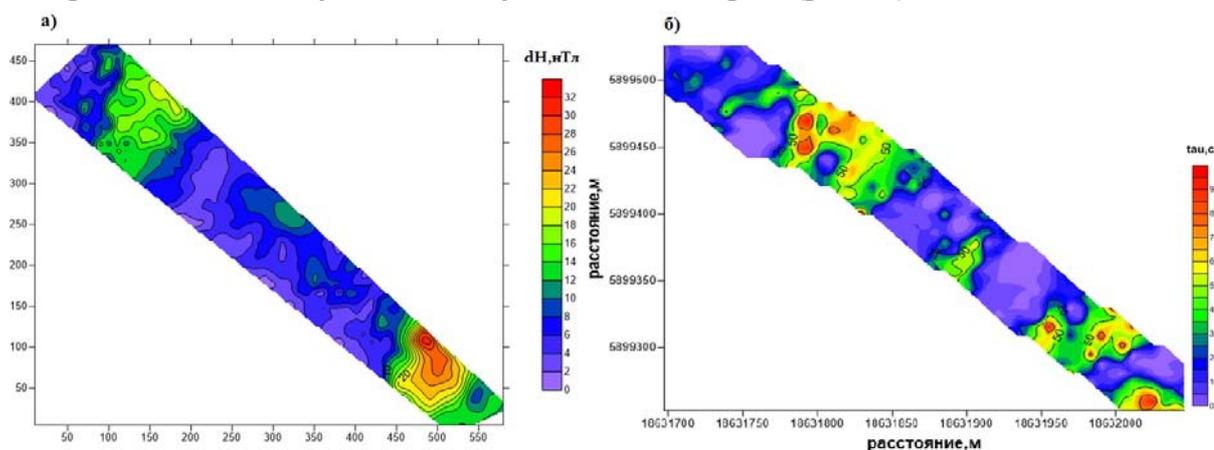


Рис. 7. Сопоставление результатов инверсии полного магнитного поля (а) с данными ЭМЗВП (время релаксации) (б)

По результатам съемки методом ЭМЗ-ВП, проведенной в Сарминском ущелье, построена объемная геоэлектрическая модель участка, на которой отчетливо видно блоковое строение этой сейсмически активной зоны;

По этим данным было выделено несколько блоков, отличающихся по геологическому строению. Под высокоомными породами находятся проводящие объекты, низкое удельное электрическое сопротивление (УЭС) которых может быть объяснено как наличием воды в тектонически ослабленных зонах, так и присутствием углеродосодержащих пород, например, графитизированных сланцев.

По результатам измерений выполнено моделирование внутренней структуры тектонически активного и сейсмически опасного участка Приморского разлома, в пределах которого выявлено рудное тело на глубине около 200 метров [1].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант №144504156.*

*Выражаем благодарность А.Ю. Давыденко, А.В. Паршину.*

#### Список литературы

1. Давыденко Ю.А. Первый опыт применения технологии электромагнитного зондирования и вызванной поляризации (ЭМЗВП) в рудной геофизике // Материалы 41-ого Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей», Екатеринбург, 2014. С. 93-95.

2. Ткачева К.Ю., Шаргородский А.В. Давыденко Ю.А., Снопков С.В. Апробация технологии электромагнитного зондирования вызванной поляризации для поисков рудных объектов в Приольхонье // Тезисы докладов научного совещания «Геодинамическая эволюция литосферы центрально-азиатского подвижного пояса: от океана к континенту», Иркутск, 15-18 октября 2014г., Иркутск из-во ИЗК СО РАН, 2014 г, с. 302-304

3. Cole K.S., Cole R.H. Dispersion and absorption in dielectrics // J. Chem. Phys. – 1941. –v.6. – P. 341-353.

4. Kozhevnikov N.O., Antonov E.Yu. Inversion of TEM data affected by fast-decaying induced polarization: Numerical simulation experiment with homogeneous half-space // Journal of Applied Geophysics. 2008. V 66. P 31–43.

УДК 004.942, 550.46

#### **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Абрамова В.А., м.н.с. ИПРЭК СО РАН, г. Чита;

Паршин А.В., к.г.-м.н., доцент ИрНИТУ, г. Иркутск.

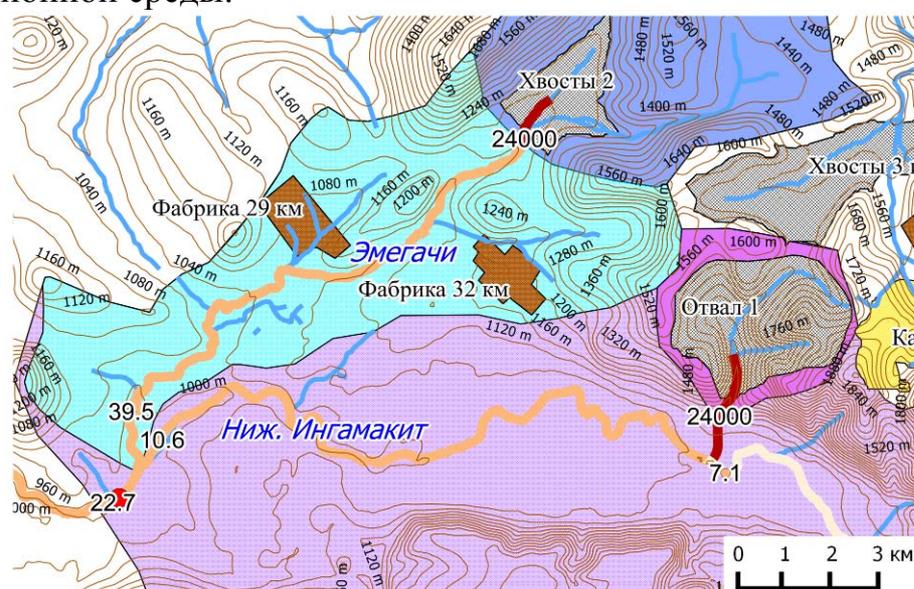
Метод термодинамического моделирования обеспечивает расчет формы и количества вещества, которое может образоваться в результате геохимических процессов в конкретных термодинамических условиях, обеспечивая эффектив-

ное прогнозирование еще не случившихся событий, их результатов. Недостатком классической технологии термодинамического моделирования, и, конкретно, физико-химического моделирования, на данный момент принципиально не решенным, является невозможность представления результатов расчетов в обычном для геологических информационных продуктов виде схемы или карты, классифицированной в соответствии с установленными требованиями.

На современном уровне, в основе геологических исследований лежат геоинформационные системы. Классические ГИС-системы обеспечивают сбор и хранение информации, анализ сложившейся геоэкологической обстановки, изучение и визуализацию временной динамики процессов. Однако подсистемы прогнозирования в таких ГИС основаны на накопленной фактографической информации, из которой, с помощью методов регрессионного анализа производится экстраполяция выявленных закономерностей в будущее. Это значительно затрудняет их использование на первых этапах хозяйственного освоения новых рудных объектов, поскольку они не позволяют напрямую оценить потенциальные последствия от проектных решений.

Внедрение геоинформационных систем на этапе поисково-разведочных работ ставит абсолютно новые требования к системам прогнозирования геоэкологических последствий. Искомое качество прогноза при минимуме входных данных авторы предлагают достичь за счет сочетания преимуществ ГИС и ФХМ-моделирования. Для этого удельное количество вещества, полученное по результатам ФХМ, должно быть дополнено пространственными данными, полученными геоинформационными методами, что позволит получить потоки или ореолы рассеяния, которые, в свою очередь, можно классифицировать в соответствии с действующими нормативами качества среды. Технология рассматривается на примере моделирования вероятных геохимических процессов, которые произойдут на предполагаемом к разработке месторождении меди Удокан. Освоение месторождения приведет к дальнейшему нарушению природного состояния окружающей среды, вызовет активизацию процессов выщелачивания тяжелых металлов из отвалов и хвостов. Для формирования прогноза загрязнения в предлагаемом подходе необходимы следующие данные: масса и кондиции отвалов, их пространственное расположение, сведения о климатической характеристике района и режиме осадков, морфология рельефа, гидрологическая сеть, геологические условия. Кондиции отвалов представлены как база данных химического анализа руд и пород месторождения. Эта база данных используется для моделирования в среде физико-химического моделирования «Селектор» [Чудненко, 2010]. На основе химического состава по отдельным элементам формируются таблицы, определяющие форму и количество конечных форм загрязняющих элементов (см. рис.) Размеры и форма отвалов, их пространственное расположение определяются границами векторного слоя, который в рассматриваемом примере получен из «Отчета о предварительной оценке ...» [2010], а в перспективе задается на этапе предварительной оценки экономико-геологических условий рудопроявления.

Для выполнения геоинформационных расчетов создан геоинформационный проект, включающий, кроме вышеперечисленных данных также цифровую модель рельефа, которая может быть автоматизировано получена по спутниковым данным, также используется геологическая основа ВСЕГЕИ масштаба 1 млн., полученная по протоколу WMS, актуальная гидросеть отрисована по данным дистанционного зондирования Земли Landsat 8. Фрагмент цифровой основы геоинформационной системы приведен на рисунке на основе информации о поступлении загрязняющих средств, полученных с помощью ФХМ, временной динамики выхода, полученной экспериментально, с учетом регионального геохимического фона (геологическая карта) и количества атмосферных осадков, рассчитывается потенциальный поток рассеяния от каждого из отвалов. Этот поток может быть классифицирован в соответствии с действующими ПДК для каждого из компонентов. Таким образом, впервые предлагается вариант связи аппарата термодинамического моделирования и классического варианта геоинформационной среды.



Условные обозначения

- |                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| ● гидрометрическая станция Эмегачи | Объекты инфраструктуры |
| — Изолинии рельефа                 | ■ Карьеры              |
| — Реки                             | ■ Отвалы               |
| Концентрация меди, мкг             | ■ Строения             |
| фон                                | Площади водосборов     |
| 6.3000 - 50                        | ■ руч. Эмегачи         |
| 50 - 1000.0000                     | ■ р. Нижний Ингамакит  |
| 1000.0000 - 24000.0000             |                        |

**Рис. Вероятная среднегодовая концентрация меди в водотоках в районе месторождения Удокан по «геоинформационной» методике**

Работа технологии демонстрируется на примере решения прямой геохимической задачи по меди для месторождения Удокан, конкретно, расчета возможных концентраций меди во взвесьях и в воде р. Нижний Ингамакит в полукилometре от впадения ручья Эмегачи. Выполнено два расчета – по «классиче-

ской» методике расчета потока рассеяния и новым геоинформационным способом на основе данных ФХМ. Классический расчет дает среднюю концентрацию меди 7.6 мкг/л (фон 6.3 мкг/л), справедливую, по мнению авторов, для крупных водотоков на значительном удалении от зоны месторождения. Очевидно, что на коротких расстояниях (порядка первых километров), то есть в таких водотоках, как ручей Эмегачи (рис.1), содержания меди в воде будут в десятки и сотни раз выше приведенной расчетной величины, они также будут зависеть от сезонных колебаний стока. В отличие от традиционного расчета, геоинформационный расчет на основе данных ФХМ, результат которого представлен на рисунке, показывает значительно большую дифференциацию концентраций меди в водотоках лицензионной площади, достигающую 24000 мкг/л в водах отвалов, что согласуется с данными [Замана и др., 2003]. Понижение концентрации до допустимого уровня связано с тем, что отвалы хвостохранилищ по данному проекту расположены в верховьях небольших рек и ручьев, впадающих в реки с большой протяженностью и водосборной площадью, что, как показано, значительно сокращает техногенную нагрузку на окружающую среду в масштабе региона.

Приведенная методика и научные основы расчетов позволят реализовать геоинформационную систему, обеспечивающую корректную реконструкцию процессов выветривания и применимую для различных других территорий, параметры среды которых могут быть заложены в физико-химическую модель. Перспективы развития технологии связаны с решением не только прямой, но и обратной задачи геохимии – поисков рудных объектов по потокам рассеяния.

*Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ МК-3747.2015.5.*

### **Литература**

1. Замана Л.В. Рудные элементы в гидрогеохимических ореолах некоторых типов месторождений Забайкалья / Л.В. Замана, Л.П. Чечель, М.Т. Усманов// Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Материалы научной конференции, посвященной 100-летию профессора Томского политехнического университета П.А. Удодова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 156–159. Отчет о предварительной экологической и социальной оценке проекта Удокан [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: URL: [http //www.bgk-udokan.ru/Socialresponsibility](http://www.bgk-udokan.ru/Socialresponsibility).

3. Чудненко К.В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения / К.В. Чудненко. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 287 с.

УДК 622.7

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ СБОРА ДАННЫХ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «АНДРОИД» ДЛЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО КОМПЛЕКСА «МАРС»**

Башкеев А.С., студент 5-ого курса, Давыденко Ю.А., к.т.н. доцент кафедры ТГР, ИРНИТУ, г. Иркутск

Благодаря стремительному росту вычислительной мощности мобильных устройств, что теперь даже небольшое устройство способно заменить персональный компьютер, геофизические компании начинают использовать их в качестве устройств сбора первичных данных в своих электроразведочных комплексах. Аппаратно-программный электроразведочный комплекс (АПЭК) «Марс» не исключение. Для данного комплекса разрабатывается модуль сбора данных для мобильной операционной системы «Android», что к поддержке ИМВ-совместимых устройств под управлением ОС «Windows» добавится поддержка устройство под управлением ОС «Android».

АПЭК «Марс» работает по технологии электромагнитных зондирований и вызванной поляризации (ЭМЗ-ВП), состоит из аппаратной части и программных модулей управления (рис. 1).



Рис. 10. Схема работы электроразведочного комплекса

Программа сбора геофизических данных устанавливается на устройство сбора. В данный момент в АПЭК «Марс» используется промышленный пылевлагозащищенный ноутбук Panasonic Toughbook CF-30. При использовании программы сбора для устройств под управлением ОС «Android» планируется использовать пылевлагозащищенный планшет Panasonic Toughpad FZ-B2.

К программе сбора для АПЭК «Марс» предъявляют следующие требования:

- Управление регистратором разности потенциалов;
- Непрерывный сбор данных до 8-ми каналов записи;
- Работа при частоте дискретизации АЦП не менее 100 кГц;
- Гарантия целостности регистрируемых данных.

Для облегчения разработки модуля сбора первичных геофизических данных были разработаны: информационный поток, концептуальная и логическая модели, и интерфейс программы.

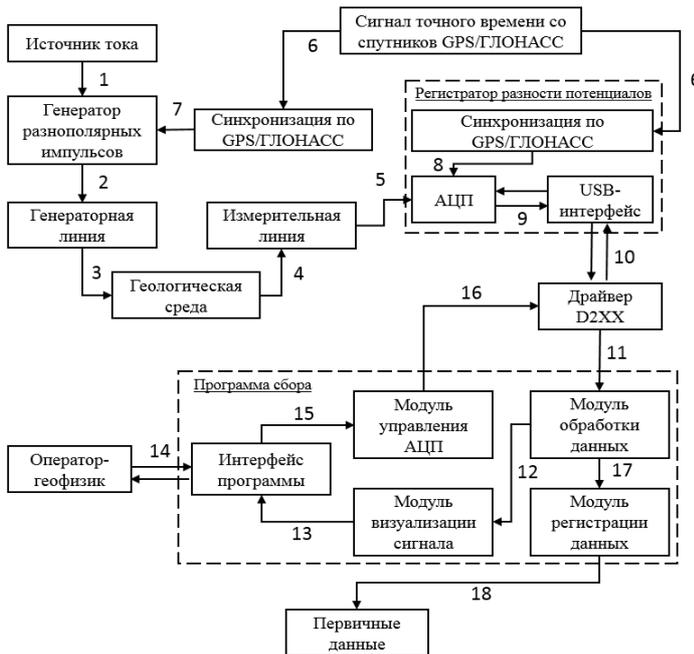


Рис. 11. Схема логической модели

Схема логической модели (рис. 2) представляет работу электроразведочного комплекса. Вся связь программы сбора с регистратором разности потенциалов осуществляется через драйвер D2XX, а это управление и сохранение данных. Сохранение всей совокупности массовых данных происходит без сжатия, а следовательно без потерь качества, что важно для технологии ЭМЗ-ВП, регистрирующей полную форму переходного процесса [1]. Для этого был разработан формат, выполняющий концепцию полного сохранения

первичной информации, основанный на формате PCM Wave.

Разработка программы велась в среде Embarcadero Delphi XE5, позволяющей писать программы под «Android» на языке программирования «Delphi» [2]. Пользовательский интерфейс представлен тремя формами:

- основная форма (рис. 3);
- форма настроек;
- форма просмотра.

Функционал каждой формы представлен в таблице 1.

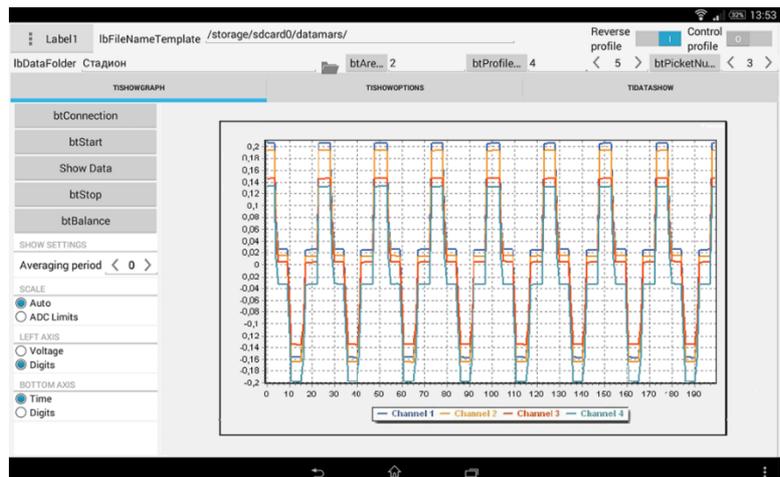


Рис. 12. Основная форма программы

Таблица 1.

Функционал, реализованный на формах

<p>На основной форме производится:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Управление АЦП:</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подключение к АЦП / отключение от АЦП;</li> <li>• Запуск/остановка операции сбора.</li> </ul>	<p>На форме настроек производится:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Настройка каналов:</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отключение/включение канала;</li> <li>• Установка коэффициента усиления сигнала</li> </ul>	<p>На форме просмотра возможен просмотр ранее сохранённых данных для оценки их качества. Качество данных оценивается только с визуальной стороны, поэтому</p>
--	--	---

<p>2. Слежение за операцией сбора:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Просмотр графиков в реальном времени;</li> <li>• Настройка осей графиков;</li> <li>• Балансировка</li> </ul>	<p>для каждого канала;</p> <p>2. Настройка операции сбора:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Установка параметров ручной балансировки;</li> <li>• Установка параметров автоматической балансировки;</li> <li>• Установка количества записываемых накоплений</li> </ul>	<p>оператор должен иметь высокую квалификацию</p>
--	---	---

Разрабатываемый модуль сбора после выхода в релиз войдет в аппаратно-программный электроразведочный комплекс «Марс» и будет поставляться в качестве альтернативной программы сбора.

#### Список литературы

1. Давыденко Ю.А., Давыденко А.Ю., Куприянов И.С., Пестерев И.Ю., Попков П.А., Слепцов С.В., Яковлев С.В. Эффект интеграции робастного регрессионного анализа с инверсией для переходных процессов в методе срединного градиента при изучении трубок взрыва на Анабарском щите // Записки горного института, Санкт-Петербург, 2013. Т. 200. С. 28–33.
2. Осипов Д. Л. Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android. – СПб.: БХВА-Петербург, 2014.
3. Драйвер D2XX [Электронный ресурс] // Сайт компании FTDI Chip. URL: <http://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm> (дата обращения 01.06.2015).

УДК 622.7

### **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ИЛИ УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС**

Кравченко Т.А., студент 4 курса, Иркутский техникум архитектуры и строительства, г. Иркутск; Блинов А.В., студент 5 курса, ИРНТУ, г. Иркутск

Геоинформационные системы являются одним из основных инструментов современного геолога. При этом в российской практике они до сих пор не получили необходимого распространения, что обусловлено следующими факторами: высокая стоимость лицензионных ГИС средств, недостаточный уровень подготовки специалистов-геологов в области геоинформационных технологий. Учебные пособия и книги часто являются сложными для освоения пользователями, которым перед этим не были прочитаны курсы информационных технологий вследствие чего самостоятельное изучение ГИС-технологии также используются в научной и учебной деятельности недостаточно широко, хотя работа в них более удобна, чем в таких программах как Autocad, ArcGIS, CorelDraw, в которых все при-

выкли работать. Такие программные средства достаточно дорогие и их использование не всегда является достаточно продуктивным. Поэтому авторы считают, что создание электронного учебника именно по открытым ГИС, которые каждый может самостоятельно легально установить на рабочем месте, поможет студентам, преподавателям, научным деятелям ближе познакомиться с открытыми ГИС технологиями и программными средствами. На примере реальных данных освоить методы работы в программных продуктах, таких как QGIS [1].

Авторами было рассмотрено решение типичных задач геоинформационного обеспечения геологических исследований – от подготовки материалов для постановки полевых работ до оформления итоговых картографических материалов [2]. Геоинформационное обеспечение геологических работ представляет собой процесс, который можно кратко представи

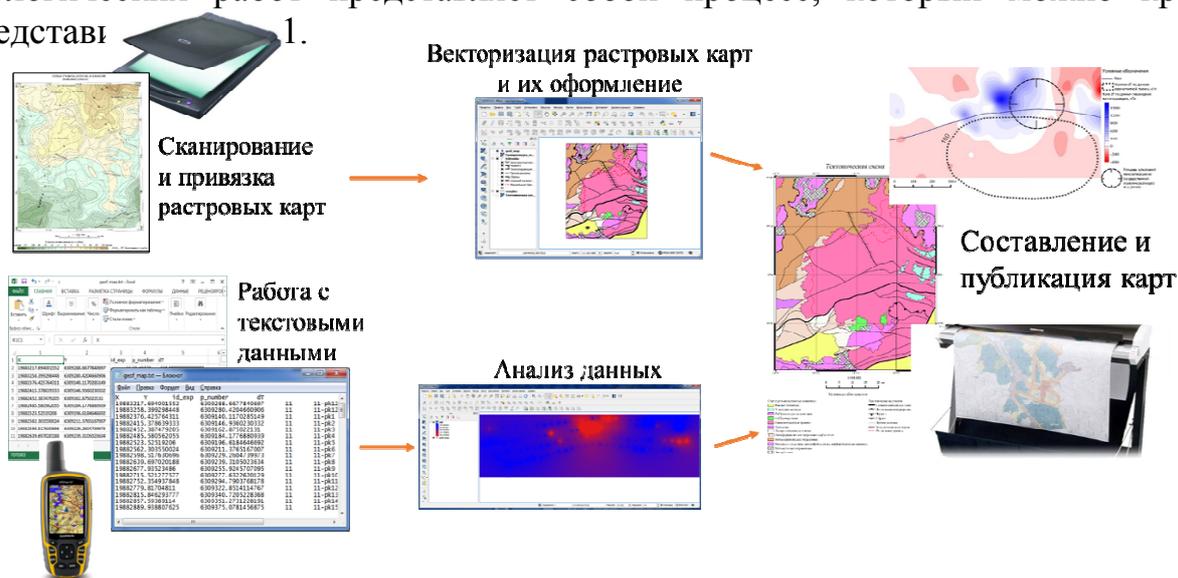


Рис. 1. Геоинформационное обеспечение геологических работ

Было подготовлено практическое руководство по внедрению открытых ГИС технологий в научный или производственный процесс [2]. На его основании ведется разработка электронного учебника по дисциплине «Основы геоинформационного картографирования», при помощи которого студенты, преподаватели, научные деятели смогут самостоятельно изучать данную дисциплину, используя современные мультимедиа и веб-технологии.

Преимущества электронного учебника заключаются в возможности наполнения мощными наглядными средствами, компактности хранения огромных массивов информации, доступности, вечности и мобильности. Недостатком является: неудобство чтения текста с экрана монитора, низкая автономность и требование IT – оборудования.

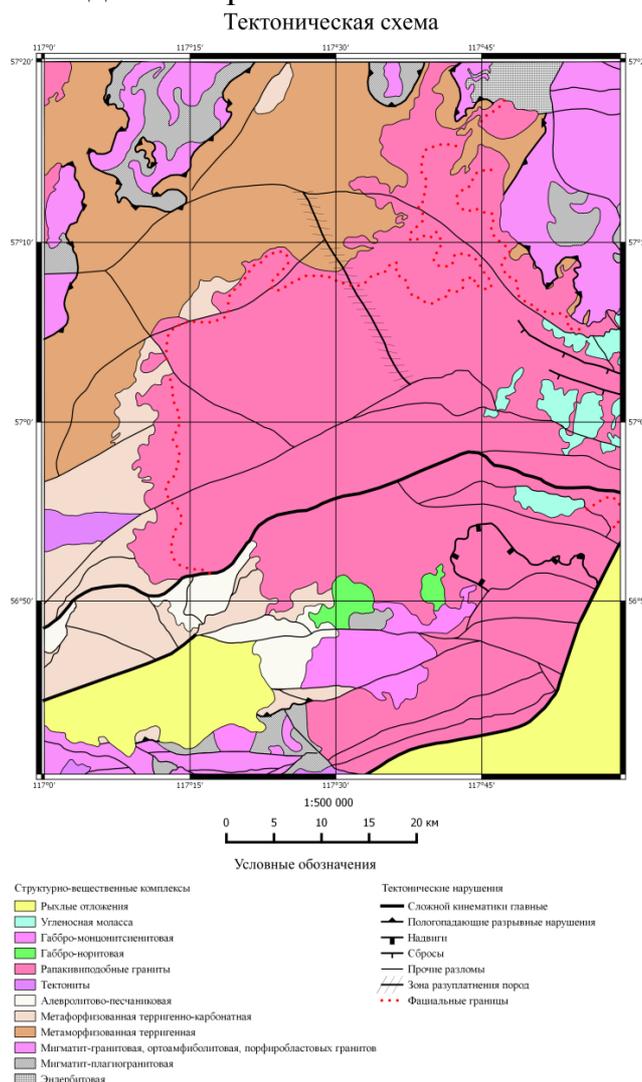
При создании данного электронного учебника будут соблюдены следующие принципы: наглядность, доступность, систематичность и последовательность, связь теории с практикой, научность.

Для разработки учебника будет использоваться язык гипертекстовой разметки HTML, так как он должен быть Web – ориентирован.

Темы, которые будут представлены в данном электронном учебнике:

- Общее знакомство с интерфейсом QGIS
- Привязка растров
- Создание и редактирование векторных слоев
- Оформление векторных слоев
- Импорт-экспорт данных GPS. Работа с текстовыми файлами
- Интерполяция
- Составление карт (макеты)

После изучения материала по выбранной теме пользователь может, используя прикрепленные материалы полевых исследований, самостоятельно попробовать выполнить предлагаемые решения, например, составить карту для публикации в статье (рис. 2). В результате пройти представленный ему контроль знаний в виде интерактивного теста с возможностью вывода результата.



**Рис. 2. Пример созданной карты для публикации**

Авторы уверены в том, что разработка электронного учебника необходима, так как он хорошо структурирован и обучение будет более эффективным, в том числе за счет возможности использования видеоматериалов. Благодаря тому, что в качестве исходных данных использованы материалы поисковых ра-

бот, имеющие типичные для архивных и литературных источников данных недостатки, а не синтетическая специально подготовленная геоинформация, стало возможным показать весь перечень реальных проблем геоинформационного картографирования в современной геологии.

На данный момент готовится к изданию бумажное методическое пособие, разработан прототип электронного варианта включающего как теоретический блок по практическим основам геоинформатики, так и методическое руководство по решению типичных задач геологического картографирования, включающее материал для самостоятельных практических занятий. Далее планируется тестирование, работа с дизайном электронного учебника, дополнение более углубленными задачами, новым материалом, публикации результатов и получение грифа соответствующей УМК.

Учебник будет внедрен в учебный и научно-производственный процесс ИрГТУ, ИГУ, ИГХ СО РАН, ЗабГУ и некоторых других организаций.

*Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ МК-3747.2015.5.*

Литература:

1. Блинов А.В., Паршин А.В., Костерев А.Н. Особенности постановки геофизических методов поисков золотоурановых объектов в горных районах Северного Забайкалья. // Известия СО РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. №1. 2014. С. 55–60.

2. Блинов А.В. Разработка методики и технологии применения открытых геоинформационных систем в геологическом картографировании // Дипломная работа, ИрННТУ, 2015, 79 с.

УДК 622.7

### **РЕИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МАРС»**

Бухалов С.В., студент 5-ого курса, Давыденко Ю.А., к.т.н. доцент кафедры ТГР, ИРННТУ, г. Иркутск

За последнее время на рынке геофизического большое значение стало иметь качество предлагаемых программ, а не только их назначение. Повышаются требования к интерфейсу, справочному материалу и поддержке. Компании, выпускающие ПО стараются унифицировать интерфейс своих программ и объединить их в некую систему взаимодействующих элементов.

Программный комплекс «МАРС» стал объектом такого реинжиниринга, т.е. переработки элементов программ и разработки дополнительных модулей. В программный комплекс «Марс», входят:

- Программа сбора данных (DiuExpectata);
- Программа первичной обработки данных (SequencedRun);
- Программа нарезки переходных процессов (GDF Slicer);
- Редактор бинарных файлов (SourceEdit);

- Программа интерпретации – Mars 1D;
- Конвертор баз для Mars 1D (MARS1D Converter);

Программы «DiuExpectata» и «MARS1D» не нуждаются в улучшениях, ввиду учёта профессиональных требований к ним и рассматриваться не будут. Рассмотрев программный комплекс «МАРС» можно представить общую схему взаимосвязей между составляющими комплекс программ (рис. 1).

Задача состоит в том, чтобы сделать работу с первичными данными в одной программе, которая сама бы подгружала, созданные ей ранее файлы обработки, а также позволяла заниматься их редактированием так же не выходя из программы.

Следующим шагом по реинжинирингу является разработка дополнительных модулей, расширяющих или совершенствующих функционал программного комплекса «Марс».

На данный момент ведётся разработка модуля «сбора координатного файла из нескольких дата файлов по заданной маске», а также проходит тестирование модуль подавления промышленной помехи 50 Гц.

Одним из этапов полного цикла работы программного комплекса является создание базы данных в «Mars1D converter», однако одной из проблем является то, что для создания базы, нужны не только файлы измерений, а также координатный файл, содержащий в себе данные об имени файла и данные геоположения данного замера.

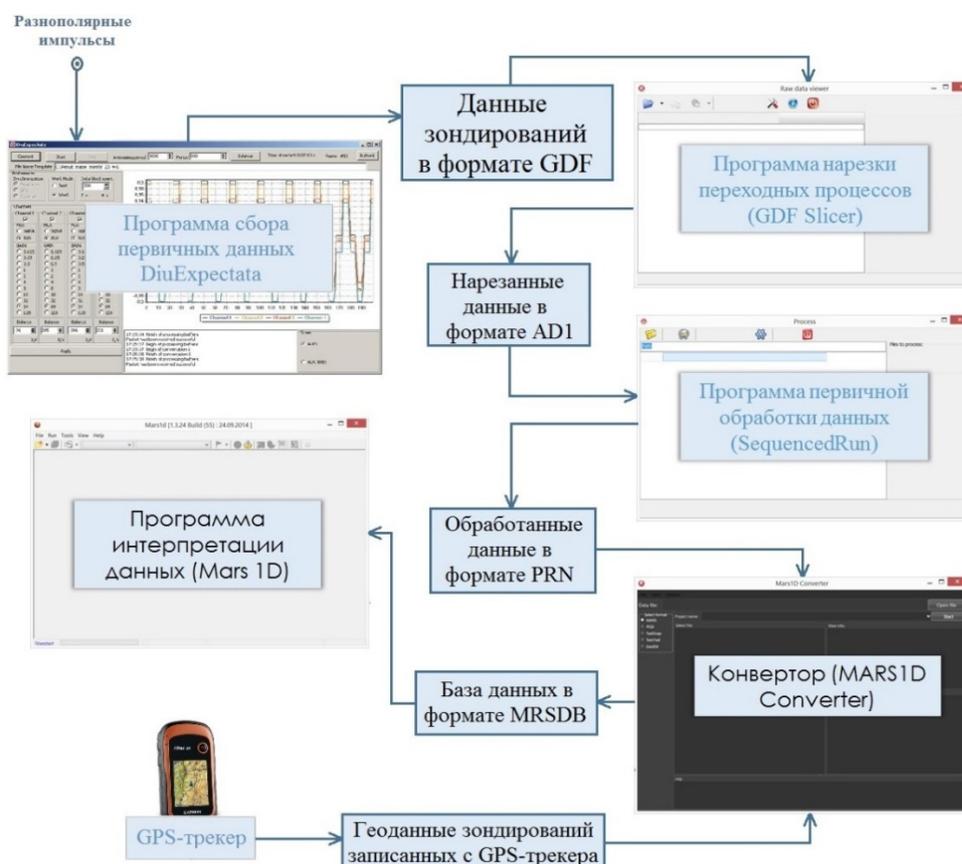


Рис. 13. Информационный поток программного комплекса «МАРС»

Координатный файл собирается вручную из большого массива данных, из-за чего в его структуре могут возникать ошибки, обусловленные человеческим фактором. Была поставлена задача автоматизировать сбор координатного файла из нескольких файлов с данными по заданной маске. Структура координатного файла показана в таблице.

Таблица

Маска координатного файла

№	Format	Transmitter Group	Receiver Group	PR	PK	FileName	I, A	H, m	X0	Y0	X1	Y1
1	mrs	1	0	GEN	GEN	GEN0	1	h	X0	Y0	X1	Y1
2	mrs	1	1	1	0	PR1PK0.prn	1	h	X0	Y0	X1	Y1
3	mrs	1	2	1	1	PR1PK1.prn	1	h	X0	Y0	X1	Y1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n+1	mrs	1(1+n)	n+1	1/n+1	1/n+1	PRn+1PKk+1.prn/GENn		h	X0	Y0	X1	Y1

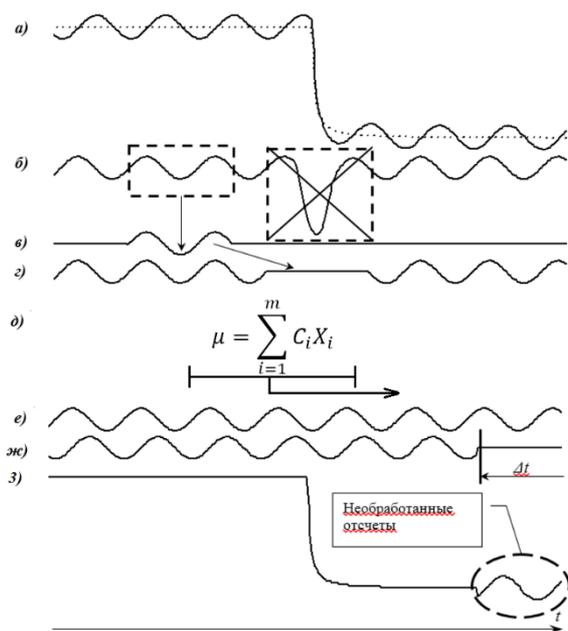
Где: n – Номер по порядку; Format – Формат данных, определяющий методику записи; TransmitterGroup – Номер группы питающей линии по порядку; ReceiverGroup – номер приёмной линии по порядку; PR – Номер профиля; PK – Номер пикета; FileName – имена файлов \*.prn; I, A – Сила тока при измерениях; H, m – Средняя высота между двух точек наблюдения; X0 – Координата x точки M линии MN (приёмной); Y0 – Координата y точки M линии MN (приёмной); X1 – Координата x точки N линии MN (приёмной); Y1 – Координата y точки N линии MN (приёмной); GEN(n) – Обозначение генераторной линии.

Также важным нововведением является наличие модулей, существенно повышающих качество данных. Таким модулем является уже разработанный и

проходящий тестирование модуль подавления промышленной периодической помехи с использованием дифференцирующего фильтра методами робастной статистики. Его наличие обусловлено актуальностью поисков и разработки тех участков, где уже развита инфраструктура.

Алгоритм выглядит следующим образом (рис 2):

Где: а) Модельный сигнал состоящий из суммы помехи и переходного процесса; б) Делённый на амплитудный множитель модельный сигнал; в) Блок данных, взятых в момент пропускания тока, со смещением на целое число отсче-



тов базовой частоты индустриальной помехи; г) Последовательность значений на выходе дифференцирующего фильтра, с обнуленными в области пика отсчетами; д) Сглаживание сигнала функцией Хампеля в скользящем окне, для подавления высокочастотной составляющей; ж) Синусоида, полученная после замещения обнуленных отсчетов блоком данных, взятым во время пропуска тока фазовый сдвиг на  $(3/2)\pi$  обеспечивается умножением синусоиды на -1 и смещением ее влево на интервал  $\Delta t$ , величина которого равна  $5/4$  периода частоты 50 Гц; з) Результат вычитания из исходной последовательности данных изображенной на «е» синусоиды, появление необработанных отсчетов в конце записи объясняется описанным выше сдвигом на  $\Delta t$ .

#### Список литературы

1. MARS1d. Руководство пользователя к программе «Mars1d».
2. Осипов Д. Л. Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android. – СПб.: БХВА-Петербург, 2014.
3. Давыденко Ю. А. Дифференцирующий фильтр для подавления промышленной помехи частотой 50 Гц // Геофизика. 2002. № 4. С. 44–48.

УДК 550.83

### **ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ – ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА**

Агеев А.О., аспирант, ИРНИТУ, Вишняков К.А., аспирант, ИРНИТУ, рук. Мироманов А.В. доц., к.г.-м.н., ИРНИТУ, г. Иркутск.

В настоящее время практически ни одна задача природопользования не решается без использования той или иной геоинформационной технологии. Разработка геоинформационных технологий связана с развитием программного обеспечения для обработки и интерпретации геолого-геофизических данных. Ежегодный объем информации, получаемой при геолого-геофизических исследованиях, составляет многие десятки гигабайт. При обработке, интерпретации и комплексном анализе геолого-геофизических данных на компьютерах, наряду с использованием специализированных программ и автоматизированных систем, все шире начинают применяться геоинформационные системы (ГИС) [1] или значительно облегчают работу с данными, ускоряют доступ к необходимой информации, позволяют производить операции с разнородными объектами намного быстрее, чем это делалось раньше. Таким образом, ГИС можно рассматривать как эффективное средство, позволяющее оптимизировать процедуры хранения, обработки и анализа данных, а также обеспечить представление результатов в удобном для восприятия виде. В настоящее время обзор геоинформационных систем и технологий, свидетельствует о том, что нет готовой, полноценной ГИС, ориентированной на решение актуальных геологических задач для любого региона, в частности - обеспечивающей обработку, интерпретацию и хранение результатов геолого-геофизической информации [2].

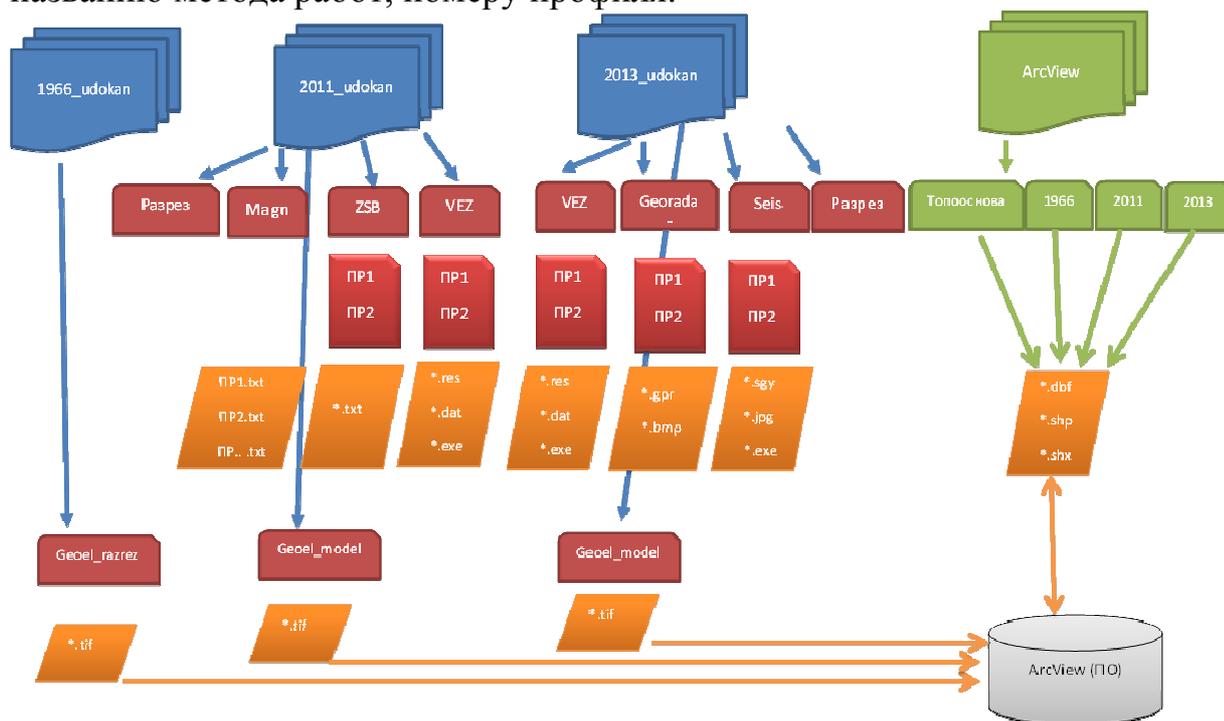
В 2011 и 2013 гг. НИ и ПИ геологии, геоэкологии и инженерных изысканий были проведены геофизические исследования на Удоканском месторождении, так же были изучены архивные материалы 1966-1969 гг. по данным участкам. На основе собранных данных было решено создать геоинформационный проект «Удокан», который позволит структурировать и визуализировать полученную информацию, для дальнейшего ее анализа и проектирования будущих работ.

*Структура геоинформационного проекта «Удокан»*

Данные полученные в результате геофизических работ были разного вида и типа, для дальнейшего анализа данных необходимо было их структурировать, что позволит осуществить:

- быстрый поиск и получение информации,
- простоту обновления информации,
- уменьшение избыточности файлов и т.д.

Согласно структуре проекта (рис. 1), для всех типов файлов создаются специальные директории, которые объединены в общий каталог с уникальным именем, создаваемый для каждого года работ. Имена файлов по сокращенному названию метода работ, номеру профиля.



**Рис. 1. Структура геоинформационного проекта «Удокан»,**

где:

-  – папки содержащие все работы по определенному году
-  – папки содержащие все файлы для программы ArcView
-  – папки содержащие данные по определенному методу исследования и разрезы или модели по ним
-  – непосредственно сами данные, разных форматов





Список используемых источников:

1. Кузнецов О.Л., Черемисина Е.Н. Геоинформатика, геоинформация, геоинформационные технологии в природопользовании. Геоинформатика, 2003., № 2, С. 3–10.
2. Симанов А.А. «Разработка и создание информационно-аналитической системы хранения, обработки и анализа гравиметрических данных» [Диссертация]. – Москва, 2008 г.

УДК 622.7

## **ПРОБЛЕМА БУРЕНИЯ ТРАППОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ PDC ДОЛОТАМИ**

Сизов М.С., аспирант ОАО НПО «Буровая техника» – ВНИИБТ, г. Москва

Нефтепромысловый регион Восточной Сибири в настоящее время является одним из самых перспективных на территории РФ. Увеличение геологоразведочных работ есть ничто иное, как подтверждение данному факту. Вследствие этого резко увеличивается потребность в эффективности буровых работ в условиях месторождений Восточной Сибири (а именно: Иркутской, Красноярской областей и Якутии). Одним из базисных факторов, влияющих на создание проекта по бурению, является геологический разрез месторождения. Характеристика горной породы задаёт свои требования ко всем отраслям бурового промысла. Не обходят данные требования и инженеров долотного сервиса, в компетенцию которых входит обеспечение необходимого и максимально эффективного породоразрушающего инструмента для бурения заданного им геологического разреза. В данной работе рассматривается один из наиболее неизученных аспектов бурения месторождений Восточной Сибири, а именно бурение трапповых массивов PDC долотами.

Месторождения Восточной Сибири расположены на разнородных тектонических структурах таких как Сибирская платформа, Восточно-Саянская и Байкало-Витимская области байкальской складчатости и Восточно-Забайкальская система Монголо-Охотской области палеозойской складчатости. Геологические строения данных структур крайне разнообразны так как диктуются они сложными образованиями разных эпох, от архея до нашего времени. В статье будут рассмотрены Байкало-Патомский и Байкало-Витимский тектонические районы как наиболее доступные на данный момент для исследований по причине расположения на них промышленных месторождений. Ключевых особенностей геологического строения данного региона являются огромные по площади образования трапповых формаций. Современными геологическими позициями определены «траппы» включают в себя характер излияния огромного объёма лавы основного состава за геологически короткое время, что и произошло около 250 млн лет на границе пермского и триасового периода. На сегодняшний день это крупнейшая трапповая формация занимающая порядка 2 млн км<sup>2</sup>.

По реологическим свойствам базальтовые отложения тектонических структур Восточной Сибири довольно разнообразны. В зависимости от минералогического состава, характера процесса излияния магматического расплава, глубины формирования интрузии и множества других геологических факторов, вещество траппов варьируется по степени крепости и абразивности. В большинстве случаев для микрозернистых долеритов характерна высокая твёрдость (6–7 ед. по шкале Мооса), однако, данные показатели плохо описывают реальные физико-механические свойства породы вследствие её в высокой степени неоднородности и пористости. Ко всему прочему показатель абразивности данного рода горных пород колеблется от средних до повышенных категорий. Определяя состав траппов Сибирских отложений более конкретно, можно подчеркнуть, что в большинстве случаев долериты составляют объёмное процентное содержание в рассматриваемых массивах. Долерит – порода основного состава, состоящая существенно из плагиоклаза, пироксена и рудных минералов. Данная порода по большому счёту и определяет физико-механические свойства трапповых интрузий и эффузий Сибирского периода. В настоящее время, причина невысокой актуальности вопроса детального изучения свойств траппов являлось бурение данной породы трёхшарошечными долотами. По причине невысокого диапазона показателей механических скоростей, при использовании трёхшарошечных штыревых долот, исследования в области какой-либо оптимизации бурения в траппах практически не проводились. В действительности, данные показатели механической скорости в большей степени зависели от особенности механики разрушения горной породы данным типом долот. Показатели механической скорости, как правило, не превышали 3 м/ч даже в интервалах, где содержание долеритов не превышало 40–50 %. (рис. 1, 2).



Рис. 1. Бурение трапповых интрузий трёхшарошечными долотами с IADC кодом 627Y на месторождении Республики Саха (по степени увеличения содержания диабазов)

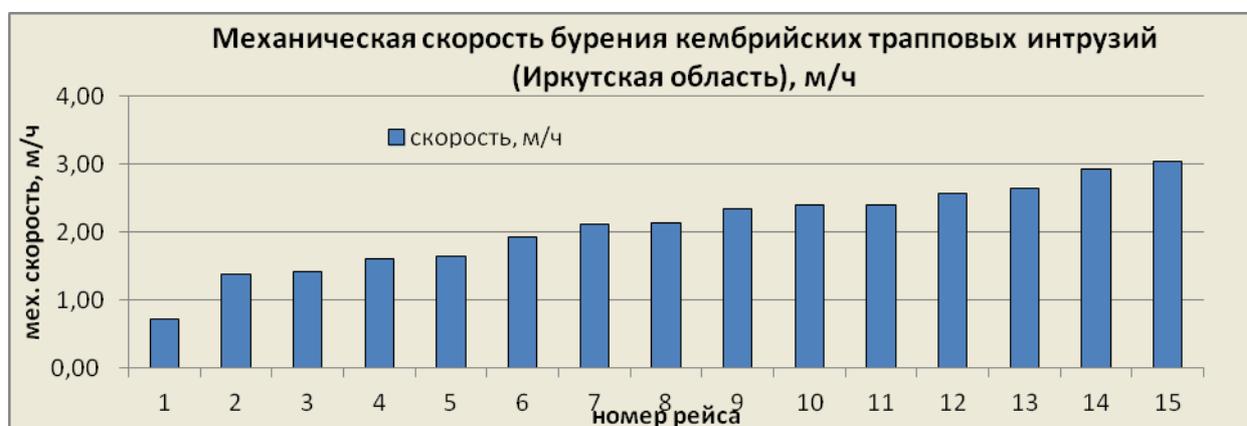


Рис. 2. Бурение трапповых интрузий (стопроцентное содержание долеритов) трёхшарошечными долотами с IADC кодом 627Y на месторождении Иркутской области

В отличие от трёхшарошечных штыревых долот, PDC долота имеют более высокий потенциал интенсивности разрушения горной породы. Сама механика разрушения горной породы на забое, “резание”, при необходимых параметрах способствует более эффективному объёмному разрушению магматической породы (рис.3).



Рис. 3. Бурение трапповых интрузий (стопроцентное содержание долеритов) PDC долотами на месторождении Иркутской области

Одним из основных факторов, влияющих на изнашивание режущей структуры любого типа долота, являются вибрации. Грубо говоря, существует три основных типа вибраций: осевые, боковые и крутильные. По большому счёту, ввиду специфики механизма разрушения горной породы, для PDC долот более характерны боковые и крутильные вибрации. Степень генерирования вибраций зависит от: КНБК, параметров режима бурения, зенитного угла и т.д. Более детальное описание факторов влияющих на вибрации долота представлены ниже на схеме (рис. 4).



Рисунок 4.

Геологические факторы зачастую в большей степени влияют на динамику поведения КНБК и долота в частности, при рассмотрении вопроса проблематики бурения трапповых массивов. Стоит понимать, что приоритетность вопроса минимизации колебаний возрастает с увеличением крепости горной породы. Породы, слагающие трапповые массивы, имеют высокую категорию твёрдости, и вопрос снижения показателей вибраций весьма актуален, но, к сожалению, на данный момент, ни одна из используемых конфигураций КНБК не позволила сократить суммарное влияние вибраций до удовлетворительного уровня при стандартных рабочих режимах. Данный вопрос остаётся открытым. При увеличении осевой нагрузки на долото уменьшается его динамическая неустойчивость. Данная грубая формулировка справедлива для большинства условий бурения. При рассмотрении условий бурения траппов данная формулировка неоднозначна. Снижение осевых нагрузок и частоты вращения КНБК являются необходимыми мерами по предотвращению резкого увеличения интенсивного изнашивания долота. Однако данные технологические операции не дают стопроцентной гарантии прохождения продолжительного интервала траппов без критической потери вооружения PDC долота. Единственный способ увеличить эффективность бурения в данных условиях является прове-

дения так называемого “Drill Off” теста, главной целью которого является подбор оптимального режима бурения.

Как показали многочисленные данные телеметрии, прохождение интервала траппов сопровождается повышенными вибрациями в зоне действия установленных датчиков, что даёт право предполагать об интенсивных разнонаправленных ударах в призабойной зоне. Конструкции КНБК в данных испытаниях играли одну из ключевых ролей решающих в дальнейшем степень интенсивности нестабильности поведения всей компоновки. При рассмотрении компонентов КНБК наиболее влияющих на характер поведения долота на забое при бурении траппов, можно выделить следующие основные элементы:

- 1) Количество, местоположение и диаметр калибраторов;
- 2) Количество УБТ;
- 3) Конструкция и мощностная характеристика ВЗД;
- 4) Профиль и режущая структура PDC долота;
- 5) Наличие других компонентов, таких как ясы, осцилляторы и т.д.

Такие элементы КНБК как калибраторы, влияют на интенсивность боковых и крутильных вибраций в большей степени. Как известно, планирование установки данных элементов подчиняется точным расчётам сервиса сопровождения бурения. Профиль скважины задаёт приоритетные задачи попадания в конечную цель, которые и диктуют схему установки калибраторов и других компонентов КНБК. Однако, как показывает практика, само наличие калибраторов негативно влияет на динамику поведения компоновки. Связано это, скорее всего с тем, что создание каких либо дополнительных трений компонентов КНБК о стенки скважины сопровождаются неравномерностями вращениями колонны, а также крутильными вибрациями. Особенно сильно это фиксируется в интервалах залегания трапповых массивов. Данная теория основывается только на эмпирических данных и требует более детального изучения с рассмотрением различных факторов, к примеру, таких как бурение при различных зенитных углах, а также влияние многокомпонентного фактора реологии горной породы.

На данный момент, анализируя информацию показателей бурения PDC долот в Восточно-Сибирском регионе, можно с уверенностью говорить о высокой перспективе применения PDC долот даже в самых экстремальных горно-геологических условиях. В свою очередь, это утверждение является одной из предпосылок в пользу полного перехода к PDC долотам. Однако, необходимо понимать, что остаётся нерешённым ряд задач, относящихся к пониманию процесса разрушения горной породы PDC долотами и динамики поведения КНБК и БИ в целом. Можно сказать, что такие технические усовершенствования как повышение качества породоразрушающих элементов, улучшения конструктивных особенностей и более тщательный подход на стадии лабораторных испытаний, расширили технологический предел PDC долот. Нельзя не отметить, что данная тенденция напрямую влияет на общие технико-экономические показатели процесса бурения в целом.

## **Секция «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»**

УДК 622.7

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ В НАКЛОННО – НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Сабанин Н.А. студент гр. гНБ-12-1 Геологоразведочного техникума ИРНИТУ  
Руководитель проекта: Патрушев Н.П., г. Иркутск

#### **Цели и задачи направленного бурения скважин**

Вскрытие продуктивной толщи направленными, в том числе горизонтальными и разветвленно-горизонтальными скважинами, позволяет ~~следующим~~ повысить продуктивность скважины за счет увеличения площади фильтрации;

- продлить период безводной эксплуатации скважин;
- увеличить степень извлечения углеводородов на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки;
- повысить эффективность закачки агентов в пласты;
- вовлечь в разработку пласты с низкими коллекторскими свойствами и с высоковязкой нефтью;
- освоить труднодоступные нефтегазовые месторождения, в том числе морские;
- улучшить технологию подземных хранилищ газа.

Направленной будем называть такую скважину, которую пробурили вдоль запроектированной пространственной траектории и попали в заданную цель, а ее забой и фильтровая зона не только располагаются в заданной области горных пород, но и ориентированы в соответствии с проектом относительно простирания пласта.

Кроме совершенствования технологии разработки нефтяных и газовых месторождений направленные скважины эффективны во многих других случаях:

- при бурении в обход осложненных зон горных пород;
- при бурении под недоступные или занятые различными объектами участки земной поверхности;
- при глушении открытых фонтанов;
- при вскрытии крутопадающих пластов и т.д.

Частными случаями направленной скважины являются вертикальная и горизонтальная.

Горизонтальная скважина – это скважина, которая имеет достаточно протяженную фильтровую зону, соизмеримую по длине с вертикальной частью ствола, пробуренную преимущественно вдоль напластования между кровлей и подошвой нефтяной или газовой залежи в определенном азимутальном направлении. Основное преимущество горизонтальных скважин по сравнению с вер-

тикальными состоит в увеличении дебита в 2–10 раз за счет расширения области дренирования и увеличения фильтрационной поверхности.

Проектирование конфигурации направленной скважины заключается в выборе типа и вида профиля, в определении необходимых параметров:

- глубины и отклонения ствола скважины от вертикали;
- длины вертикального участка;
- значений предельных радиусов кривизны и зенитных углов ствола скважины в интервале установки и работы внутрискважинного оборудования и на проектной глубине.

Особые проблемы в направленном бурении. Направленные скважины бурить труднее, чем вертикальные. Почти все обычные операции при бурении усложняются, когда скважины бурят под углом. При подъеме и спуске бурильной колонны требуется большая мощность, необходимо большее усилие на роторе для преодоления силы трения; буровой раствор и гидравлическая система требуют более внимательного отношения; прихваты труб и поломки оборудования становятся более типичными, обсадные колонны труднее спускать и цементировать. Хотя все эти трудности окупаются в будущем.

#### **Роторные управляемые системы в наклонно – направленном бурении нефтяных и газовых скважин**

Появление роторных управляемых систем (РУС) позволило изменить традиционную технологию и повысить технико-экономические показатели бурения скважин. Пополнило арсенал усовершенствований, появившихся в нефтегазовой отрасли за последнее десятилетие. При этом технология управляемого роторного бурения продолжает развиваться. Новейшие системы управляемого роторного бурения облегчают бурение протяженных горизонтальных участков, обеспечивая полный контроль направления, возможность бурения в сложных условиях в рыхлых и неустойчивых породах. Кроме обеспечения возможности проведения сложных и специальных буровых операций, системы роторного управляемого бурения повышают эффективность обычных буровых работ передачей забойной информации на поверхность в режиме реального времени.

- Перечисленные роторных управляемых систем (РУС) обеспечивает:
- Повышение скорости проходки и качества ствола скважины.
  - Обеспечение стабильности интенсивности искривления.
  - Уменьшение скручивающих и осевых нагрузок.
  - Уменьшение явления подклинка-проворота инструмента.
  - Возможность бурения более длинных интервалов с равномерным диаметром стволов.
  - Снижение аварийности за счет обеспечения вращения всей колонны бурильных труб.

Появление роторных управляемых систем (РУС) позволило изменить традиционную технологию и повысить технико-экономические показатели бурения скважин.

Роторные управляемые системы разделяются на два основных типа по способу управления смещением долота относительно оси скважины:

1.«Push-the-bit» – радиальное смещение всей компоновки или большей ее части относительно оси скважины;

2.«Point-the-bit» – позиционирование долота достигается смещением приводного вала относительно компоновки либо изменением его кривизны.

Наиболее распространенные РУСы в наши дни является система компании Schlumberger – “Power Drive”. Принцип действия данной системы заключается в использовании отклонителей над долотом, которые позволяют создавать давление на боковую поверхность долота в направлении, противоположном действию отклонителей. При этом отклоняется вся РУС. В системе “Power Drive” основным элементом конструкции является стабилизатор-отклонитель. На вращаемом приводном валу размещается корпус не вращаемого стабилизатора - отклонителя, в котором встроены блок электроники и датчики инклинометрии, управляющие гидравлическими клапанами, приводящими в действие отклоняющие опоры.

Еще одна распространенная роторная управляемая система (РУС) (RSM675). Роторная Управляемая Система (RSM) компании APS состоит из высокотехнологичного модуля роторного бурения и гидравлической силовой секции. RSM использует проверенную временем технологию отклонения долота (“Push-the-bit”), не требует большого количества вспомогательного оборудования и позволяет контролировать траекторию скважины при постоянном вращении бурильной колонны с сохранением оптимальной мощности и скорости вращения долота.

Эволюция РУС привела к появлению моторизованных роторных управляемых систем MotarySteerable System(MSS).Технология соединяет в себе забойный двигатель, телесистему для непрерывного вращения бурильной колонны и систему управления направлением бурения. Технология MSS обеспечивает управление направлением бурения за счет модуляции потока бурового раствора через забойный двигатель по отношению к торцу долота.

РУС зависит от наземной буровой установки для придания необходимой ей скорости вращения. Небольшие буровые установки не могут обеспечить скорость, необходимую для максимальной эффективности роторной управляемой системы, сводя на нет ее преимущества.

Роторные управляемые системы совместно с инструментами для каротажа в процессе бурения (LWD) позволяют получать отличные азимутальные имиджи ствола и высокоточные каротажные данные благодаря ровному и точному диаметру ствола, получаемому в результате использования роторной управляемой системы. Каротажные данные более высокого качества позволяют геофизикам выполнять геонавигацию в пластах малой мощности.

Если РУС будет потеряна в скважине во время бурения, стоимость замены данного оборудования может превысить \$1 млн. А замена ВЗД обойдется примерно в \$200 тыс. Если главная проблема заключается в неустойчивости

ствола, что может привести к потере КНБК, лучшим выбором станет именно забойный двигатель.

### **Заключение**

Таким образом, применения роторных управляемых систем обеспечивает возможность бурения стволов большей длины и точного их вхождения в разрабатываемый пласт, позволяют повысить скорость проходки, улучшают очистку ствола, обеспечивают более гладкие стволы, точное размещение скважин и высококачественные каротажные данные наряду с более высоким качеством ствола и сокращением общих затрат.

В результате широкого внедрения бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин с использованием роторных управляемых систем на ряде месторождений Восточной Сибири обеспечивает повышение производительности и качества буровых работ при значительном сокращении сроков освоения месторождения. За счет горизонтального направления участка скважины в продуктивном горизонте обеспечивается рост не только коэффициента нефтеотдачи пласта, но и дебита добывающих скважин.

К примеру, на Верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении за счет использования РУС сроки бурения наклонно-направленных скважин с горизонтальным вхождением в продуктивный горизонт протяженностью 3000-3500 м составляют 20–25 дней.

## **SCADA-СИСТЕМЫ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Губина М.А., студентка гр. НБ-10-1, ИРНИТУ, Ознобихин Л.М., к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИРНИТУ, Рандин О.И. к.х.н., доцент кафедры информатики ИРНИТУ, г. Иркутск

SCADA-система – программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля. Такие системы предназначены для осуществления мониторинга и диспетчерского контроля большого числа удаленных объектов (от 1 до 10000 иногда на расстоянии в тысячи километров друг от друга) или одного территориально распределенного объекта. К таким объектам относятся нефтепроводы, газопроводы, водопроводы и т. д.

Мировой рынок систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) после кризиса полностью восстановился. Важным сегментом этого рынка являются нефтегазовые компании. С увеличением спроса на нефть проектная активность компаний будет оставаться стабильно высокой. На рынок SCADA в нефтегазовой отрасли влияют несколько факторов. Помимо общего спроса на углеводородное сырье, следует отметить перемещение геологоразведки и добычи нефти во все более удаленные регионы, а также потребность компаний в интеграции используемых систем с бизнес-приложениями. Заказчики все большее внимание обращают не только на новую функциональность решений, но и на комплекс услуг, оказываемых вендорами. Системы SCADA, вместе с приложениями более высокого уровня, повышают прозрачность и эф-

фактивность географически распределенных активов, позволяя управлять ими в режиме реального времени.

Среди существующих SCADA-систем особое внимание при автоматизации технологических процессов, по мнению авторов, следует обратить на Trace Mode V6.

Конкурентные преимущества SCADA-системы Trace Mode V6:

- библиотека встроенных бесплатных драйверов для оборудования различных фирм производителей (свыше 2000 поддерживаемых устройств);
- гибкая система лицензирования (разделение на базовую и профессиональную линию продуктов);
- сравнительно небольшая стоимость программных продуктов;
- прозрачная номенклатура программных продуктов (использование единого инструментария для разработки);
- наиболее полная поддержка функциональности необходимой для реализации АСУ ТП в различных областях промышленности;
- бесплатная высококвалифицированная техническая поддержка.

Системы автоматизации с использованием Trace Mode V6 могут быть организованы в очень широком диапазоне. Это могут быть работающие отдельно управляющие контроллеры и АРМ, а возможно создание распределенных на больших территориях систем управления, которые могут иметь в своем составе десятки контроллеров и АРМ. При этом обмен данными возможен по различным коммуникациям. Надежность создаваемого в Trace Mode V6 программного обеспечения контроллеров и АРМ, а также хорошие динамические характеристики позволят успешно разрабатывать и использовать системы автоматизации не только для транспортировки нефти и газа, но и для глубокой переработки этого ценного углеводородного сырья.

УДК: 622.276.656

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННО-ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ПИВ) НА ПЛАСТ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ**

Сергеев А.В., НБ-10-1, Заливин В.Г., ИРНТУ, г. Иркутск

### **Как работает технология:**

При использовании плазменно-импульсного воздействия увеличивается проницаемость призабойной зоны скважины, увеличивается гидродинамическая связь нефтяного пласта с забоем скважины за счет очистки старых и создания новых фильтрационных каналов, происходит очищение порового пространства и формирование новых микротрещин в призабойной зоне скважины и фильтрационных каналах пласта.

Позволяет увеличить нефтеотдачу всех видов скважин: вертикальных, наклонных и горизонтальных, в том числе низкодебитных. Несколько сотен мощных разрядов с образованием плотной плазмы очищают призабойную зону и распространяются вглубь пласта, очищая интервалы перфорации. Конкурент-

ные преимущества – эффективность, простота обработки, безопасность, сверхточное селективное воздействие, возможность повторного использования [2].

**Особенности:**

- Экологическая чистота, работает в естественных геологических условиях скважин без добавок реагентов;
- Плазменно-импульсное воздействие (ПИВ) используется при любой обводненности;
- Улучшает проницаемость прискважинной зоны добывающих и нагнетательных скважин, и продуктивных пластов в целом;
- Значительно увеличивает дебит нефти на скважинах эксплуатируемых на месторождениях поздней стадии разработки;
- Кратно увеличивает приемистость нагнетательных скважин вне зависимости от их предыдущего назначения;
- Воздействует на соседние с обрабатываемой скважины, которые откликаются положительным дебитом;
- Технология дает положительные результаты на месторождениях в коллекторах любой геологической сложности;
- Безопасна в эксплуатации;
- Сокращает период освоения новой скважины и срок вывода ее на режим эксплуатации.

**Источник колебаний – генератор плазменно-импульсного воздействия (ПИВ)**

Источник колебаний по техническим параметрам полностью соответствует характеристикам, присущим нелинейным системам – энергоемкий, выделяет значительное количество энергии с высокой температурой (25000–28000 °С) за короткий промежуток времени (50–53 мкс), формирует ударную волну с избыточным давлением, многократно превышающим технологические ограничения ударная волна распространяется направленно через перфорационные отверстия по профилю каналов. Создаются вынужденные периодические колебания в окружающей среде (продуктивная залежь) со значительной амплитудой.

Плазменно-импульсное воздействие инициируется в естественных (реальных) геологических условиях без добавок химических реагентов при любой обводненности скважины, и способствует возникновению параметрического резонанса в целом в системе, при этом возмущенная среда не оказывает на источник колебаний никакого обратного воздействия.

Многократное повторение плазменного импульса в заданных точках рабочего интервала формирует широкополосный сигнал от 1 до 12 000 Гц с одновременным выделением значительного количества направленной энергии, которая комплексно нелинейно воздействует как на призабойную (рис. 1), так и удаленную зону пласта.



а) Электроды замкнуты проводником, перфорационные каналы закольматированы



б) Иницируется взрыв проводника, происходит образование плазмы



в) Расширяющаяся плазма создает ударную волну, которая через перфорационные каналы проникает в призабойную зону и далее в пласт



г) Сжатие и охлаждение плазмы приводит к выносу закупоривающих осадков в ствол скважины, а ударная волна переходит в объемную упругую волну

**Рис. 14. Воздействие плазменного импульса на призабойную зону пласта**

Происходит многократное направленное термическое, акустическое, ударно-волновое и упругое воздействие на продуктивный пласт. В результате происходит декольматация призабойной зоны, очистка трещин и каналов от солей, твердых частиц, ароматических углеводородов, улучшается проницаемость контура питания скважины, в работу включаются ранее не промытые целики нефти, происходят другие благоприятные условия для односторонней миграции газожидкостной среды из зоны высокого давления в зону пониженного давления. Одновременно за счет резонансного эффекта (совпадение частоты сигнала с частотой продуктивного пласта) происходит перераспределение двухфазной жидкости (нефть/газ – вода) по вертикали.

Вызываемые в продуктивном пласте резонансные колебания позволяют очистить существующие и сформировать новые фильтрационные каналы на удалении более 1500 метров от очага воздействия.

Кроме масштабного воздействия создание плазмы позволяет решать и локальные задачи по очистке призабойной зоны скважин. Мгновенное расширение плазмы создает ударную волну и последующее охлаждение, а сжатие плазмы вызывает обратный приток в скважину через перфорационные отверстия,

что на начальном этапе обработки скважины способствует выносу кольматирующих веществ в ствол скважины.

Технология ПИВ универсальна, успешно применяется на всех этапах эксплуатации как добывающих, так и нагнетательных скважин, в частности:

- на стадии освоения – для вызова притока жидкости и быстрого вывода добывающей скважины на режим эксплуатации;
- на месторождениях поздней стадии разработки – на высокообводненных скважинах (более 75 %) в реальных геологических условиях без добавок в скважину химических реагентов, с целью повышения их дебита;
- на нагнетательных скважинах – с целью увеличения приемистости и выравнивания профиля приемистости.

Одной из основных особенностей технологии ПИВ является то, что при обработке одной скважины положительным дебитом откликаются соседние, связанные профилем фильтрации скважины, как правило, за счет снижения их обводненности.

В условиях, когда более 50 % разведанных запасов относятся к категории трудноизвлекаемых, использование технологии ПИВ позволит дополнительно извлечь 10-15 % нефти.

### **Область применения**

1. Вызов притока жидкости в скважину на этапе освоения в коллекторах любой геологической сложности.
2. Увеличение дебита добывающих скважин при любой обводненности.
3. Увеличение дебита добывающих скважин на месторождениях поздней стадии разработки. Обводненность на них значительно снижается, а продуктивность повышается.
4. Увеличение приемистости нагнетательных скважин на коллекторах любой сложности.
5. Выравнивание профиля приемистости нагнетательных скважин.

### **Теоретическое обоснование**

Ток высокого напряжения – 3000-5000 В – от батареи накопительных конденсаторов подается на электроды, которые замыкаются калиброванным проводником, что приводит к его взрыву и образованию плазмы в замкнутом пространстве.

Во время взрыва происходит освобождение энергии, переходящей в состояние сильно нагретого газа с очень высоким давлением, который, в свою очередь, с большой силой воздействует на окружающую среду, вызывая ее движение.



**Рис. 15. Общий вид прибора ПИВ-42**

При электрическом разряде в жидкости через калиброванный металлический проводник образуется плазменный канал. Сам проводник превращается в газ (пар), в котором происходит повышение давления, плотности и температуры среды, то есть образуется взрывная волна.

Резкий скачкообразный переход вещества из исходного состояния в состояние с очень высоким давлением и температурой представляет собой ударную волну, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью.

Передний фронт ударной волны, имеющий избыточное давление, передает состояние движения от одного слоя к другому. В результате область, охваченная воздействием, быстро расширяется.

При взрыве в жидкой среде максимальное давление достигается в момент сжатия среды в ударной волне.

При распространении взрывной волны в твердых упругих средах ударный фронт сравнительно быстро исчезает, и взрывная волна превращается в ряд последовательных колебаний, распространяющихся со скоростью упругих волн. Импульсное давление создается следующим образом: в разряднике скважинного генератора протягивается металлический проводник. На него подается мощный импульс электротока, в результате чего проводник плавится, испаряется и создается плазма, характеризующаяся высокой температурой, большим количеством частиц ( $\sim 10^{20}$  см<sup>-3</sup>) и высоким давлением. Плазменно-импульсный генератор содержит в себе см. рисунок 3.



Рис. 16. Состав плазмодизельного генератора

После разряда формируется газовый пузырь, характеризующийся рядом затухающих пульсаций (депрессия-репрессия) под воздействием кинетической энергии и гидростатического давления, что инициирует появление волн сжатия и разряжения.

Учитывая, что короткий, но мощный импульс, сопровождающийся пульсацией давления (депрессия-репрессия), инициируется в закрытом объеме, ударная (упругая) волна проходит через перфорацию, очищая ее.

Заданное количество импульсов повторяется в одной точке через равные промежутки времени. Первые импульсы чистят перфорацию, удаляя кольматант, что является основной задачей при обработке горизонтальных скважин. Если требуется, воздействие в заданной точке может продолжиться, и последующие импульсы будут распространяться по пласту, вызывая эффект акустической кавитации, в результате чего увеличивается проницаемость призабойной зоны.

Вся операция происходит за один спуск-подъем. Металлический проводник восстанавливается автоматически без подъема оборудования. За один спуск-подъем генератор может сделать до 1000 подобных импульсов.

Об этом же свидетельствует опыт применения технологии на вертикальных скважинах, который подтвержден различными геофизическими и гидродинамическими исследованиями.

Визуальные наблюдения через телевизионную установку, размещенную в реагирующей скважине на расстоянии 200 метров от обрабатываемой показали, что технология ПИВ позволяет не только эффективно декольматировать призабойную зону пласта, но и, в случае необходимости, селективно значительно увеличивать зону дренирования в низкопроницаемых коллекторах, что весьма актуально для одноствольных ГС.

## Технология плазменно-импульсного воздействия



На рисунке 4 приведен принцип расположения оборудования при спуске прибора в скважину, а также состав самого прибора.



**Рис. 17. Используемое оборудование при спуске и состав прибора  
Упругость пласта**

Упругие свойства горных пород характеризуются модулем объемной упругости и зависят от минералогического состава, структуры, глубины залегания коллектора, величины прилагаемой нагрузки. Продуктивная залежь, представляющая собой газожидкостную двухфазную среду, находящуюся в упругом состоянии в термобарических условиях пласта, слоиста, при этом каждый слой имеет свою частоту (нелинейная система).

В залежи постоянно идут незатухающие колебания, поддерживаемые внешними источниками энергии (солнечно-лунные приливы, удаленные землетрясения и т. д.)

Эти колебания происходят в нелинейной диссипативной (неравновесной) среде, вид и свойства которых определяются самой системой (автоколебательный режим).

Совокупность направлений, в которых распространяется поле упругих колебаний, определяется направляющими свойствами коллектора, в частности, его расчлененностью, а его затухание определяется резонансными свойствами каждого слоя.

Таким образом, продуктивная залежь является нелинейным осциллятором (совокупность колебаний) в неравновесной среде.

ПИВ создает благоприятные условия, способствующие миграции нефти и газа в породах различной проницаемости. Образуются новые трещины и каналы в целиках, линзах, тупиковых зонах между скважинами, а также в порах обводненного пласта.

Плазменно-импульсное воздействие на продуктивную залежь можно рассматривать как «взаимодействие нелинейного широкополосного идеального возбудителя с нелинейным осциллятором». В неравновесной среде даже незначительные возмущения вызывают непропорционально большие результаты.

При совпадении амплитудно-частотных характеристик широкополосного источника возбуждения (плазменный импульс) с круговой частотой нелинейного осциллятора (продуктивная залежь) возникает эффект параметрического резонанса.

### Эффективность



Разработчики полагают, что технология ПИВ может успешно применяться и в многоствольных скважинах, поскольку воздействие направленно и управляемо в зависимости от решаемой задачи. Предлагаемый способ интенсификации притока углеводородов в горизонтальное окончание скважины

позволит вовлекать в работу ранее пропущенные слабодренированные застойные зоны и пропластки, что даст возможность максимально эффективно, экологически безупречно эксплуатировать скважину, не прибегая к сложным дизайнам ГРП, кислотным ваннам на всех стадиях эксплуатации, начиная с освоения.

При снижении дебита скважины в ходе эксплуатации предлагаемый способ позволяет неоднократно повторять процесс стимуляции до тех пор, пока эксплуатация ГС будет экономически целесообразной.

Для эффективного применения указанного способа скважина должна отвечать следующим требованиям:

- компоновка фонтанной аппаратуры и горизонтального окончания должна быть с минимальным проходным отверстием не менее 50 мм, что даст возможность проводить спуск в скважину необходимого технологического оборудования;
- обсадная колонна должна быть герметичной.

При реализации способа возникает необходимость, в отличие от работы в вертикальной скважине, не просто опускать устройство, а проталкивать его вперед с определенным усилием. Для этого используется колтубинг, при помощи которого генератор ПИВ доставляется на заданную глубину горизонтального окончания, при этом, во избежание аварии, осевое усилие контролируется датчиком давления с передачей информации на контрольный модуль. Рабочие интервалы горизонтального окончания можно определять, как встроенным локатором муфт, так и геофизической аппаратурой с выставлением меток на экране контрольного модуля.

После окончания обработки проводится прямая промывка скважины с добавлением, в случае необходимости, деструктора.

На данный момент есть все основания полагать, что технология ПИВ для скважин с горизонтальным окончанием будет востребована не только для добычи нефти, но и для увеличения проницаемости пластов при добыче угольного газа — метана, а также сланцевого газа.

Возвращаясь к опыту применения плазменно-импульсного воздействия на вертикальных скважинах, следует отметить, что технология хорошо зарекомендовала себя, решая задачи по повышению производительности низкодебитных скважин и скважин с упавшим эффектом от ГРП.

Например, при проведении опытно-промышленных и промышленных работ в Западной Сибири в 2011–2012 годах среднее увеличение дебита по нефти составило 67 % при среднем базовом дебите до воздействия около 8,5 тонн в сутки. При этом число успешных скважинных операций превысило 82 %. Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев под обработку предоставлялись скважины с упавшим эффектом от ГРП.

Другим примером может являться применение технологии в начале 2013 года и по настоящее время в США (штатах Луизиана, Оклахома и Канзас). Работы проводятся на истощенных месторождениях 40–50-х годов прошлого века. При 100% успешных работ средний прирост по нефти превысил 150 %. Однако, это уже повод для написания отдельной статьи, посвященной опыту внедрения российской разработки на территории США и других стран.

#### **Библиографический список:**

1. Обладатель патента на ПИВ – ООО «ИЭТП» фирма «Рост» – учредитель компании Novas Energy Services
2. Сайт компании Novas Energy Services <http://novas-energy.ru/>

УДК 622.7

### **ОБЛЕГЧЕННЫЕ ВЕРМИКУЛИТСОДЕРЖАЩИЕ ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ**

Попова И.А. ст. гр. НДб-12-2, Зайцев В.И. доцент ИРНТУ, г. Иркутск

На многих месторождениях строительство скважин осложняется наличием в разрезе высокопроницаемых пластов и пластов с низким поровым давлением. Наиболее эффективным технологическим решением, позволяющим существенно сократить затраты на цементирование обсадной колонны в таких условиях, является использование облегченного тампонажного раствора заданной плотности. Использование сверхлегких систем цементирования в современных осложненных скважинах может значительно повысить качество цементирования и дебит скважины.

Чаще всего плотности тампонажных растворов уменьшают за счет повышения водоцементного соотношения. Однако это влечет за собой необходимость введения водоудерживающих добавок, поскольку в противном случае происходит расслоение цементного теста, увеличение водоотдачи и фильтрации тампонажного раствора. Рост водосодержания обычной портландцементной суспензии неизбежно связан с ухудшением ее седиментационной устойчивости. При водоцементном соотношении 0,55 проявляется заметное водоотделение, которое при достижении этого показателя 0,6 достигает недопустимых значений.

Скорость фильтрации жидкости через суспензию можно уменьшить, повысив вязкость жидкости, степень дисперсности твердой фазы, введением воздухововлекающих добавок. Чаще всего вязкость цементного раствора повышают путем введения бентонитовой глины, но формирующийся цементный камень будет обладать низкой прочностью. В качестве воздухововлекающих добавок. Обычно вязкость цементного раствора повышают введением глин, однако формируемый цементный камень обладает низкой прочностью. В качестве воздухововлекающих добавок наиболее распространены алюмокалиевые полые микросферы (АСПМ), которые являются отходами сжигания топлива на ТЭЦ или других производств. Данные цементные системы хорошо изучены, обладают прогнозируемыми и относительно легко регулируемые свойствами. Однако главный недостаток АСПМ – их дефицит, так как этот продукт не производится в требуемых объемах, а является отходом. Альтернативой АСПМ в качестве воздухововлекающей добавки может выступать гидротермальный продукт вторичного преобразования слюды биотита, обладает тепло- и звукоизолирующими свойствами, а также высокой впитывающей способностью, может впитать жидкости до 500 % собственной массы. Минерал не подвержен разложению и гниению под действием микроорганизмов, химически инертен, нейтрален к действию щелочей и кислот, является нетоксичным экологически чистым и стерильным материалом, не содержит тяжёлых металлов.

По мнению некоторых авторов, эффективность облегченных тампонажных цементов (ОТЦ) с вермикулитом обусловлена тем, что при его взаимодействии с цементом образуются новые гидратные фазы, упрочняющие структуру композиционного материала. По сравнению с широко применимыми гелецементными растворами, такой тампонажный раствор обладает лучшими закупоривающими свойствами; способствует увеличению высоты подъема цементного теста в трещиноватых породах. Кроме того, он характеризуется низкой теплопроводностью, обеспечивающей лучшие условия твердения цемента; релаксирующей способностью, повышающей морозостойкость и трещиностойкость цементного камня.

Вермикулит находит ограниченное применение для строительства скважин, несмотря на то, что первые рецептуры с его использованием в цементных растворах были описаны в начале 80-х годов XX века. Это связано с недостаточным объемом производства данной добавки в районах добычи нефти, а транспортировка вспученного вермикулита более чем за 400 км нерентабельна. В последние годы работы была разработана рецептура вермикулитной смеси пониженной плотности при обеспечении параметров в соответствии со стандартом ГОСТ 1581-96 «Портландцемент тампонажный. Технические условия»; совершенствование разработанной рецептуры путем введения в нее полимерных реагентов (КМЦ и крахмала, модифицированных глиоксалем).

На первом этапе была подобрана рецептура облегченного тампонажного цемента, обеспечивающая наименьшую плотность при сохранении требуемой подвижности цементного теста в соответствии с ГОСТ 1581-96. В качестве це-

ментной составляющей во всех экспериментах использовали ПЦТ-I-G-CC-1, вермикулит марки М200 (насыпная плотность 200 кг/м<sup>3</sup>, фракция 0,5 мм). Плотность и растекаемость измеряли с использованием калиброванных рычажных весов-плотномера и конуса АЗНИИ соответственно. Результаты испытаний приведены в таблице 1. Уменьшение В/Ц и увеличение содержания вермикулита в цементной смеси снижают подвижность и плотность цементного теста. Для дальнейших исследований выбраны составы I и II при В/Ц – 0,8.

В состав I входят 90 % цемента и 10 % вермикулита, в состав II и III – соответственно 87,5/2,5 % и 85/15 %.

**Таблица 1**

Плотность и растекаемость цементного теста

Свойства цементного камня	Состав I			Состав II			Состав III		
	В/Ц			В/Ц			В/Ц		
	0,65	0,75	0,80	0,65	0,75	0,80	0,65	0,75	0,80
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,60	1,55	1,50	1,57	1,53	1,48	-	1,46	1,44
Растекаемость, мм	145	170	250	120	150	210	-	<90	165

На втором этапе полученный состав облегченного тампонажного раствора был испытан на соответствие требованиям к физико-механическим свойствам цементов типа III согласно ГОСТ 1581-96. Время загустевания и водоотделение полученного цементного теста определялись с помощью настольного консистометра OFITE, модель 80 и мерного цилиндра соответственно. Испытания прочности на изгиб балочек из цементного камня проводились с помощью устройства для определения прочности материалов при сжатии МАТЕСТ, модель Е160. Результаты испытаний приведены в таблице 2, из которой следует, что оба состава соответствуют требованиям ГОСТ 1581-96. Однако повышенное содержание вермикулита уменьшает время загустевания цементного теста. В ходе испытания прочности балочек на изгиб отмечен эффект расширения цементного камня, полученного из облегченного тампонажного цемента.

**Таблица 2**

Результаты испытания цемента состава I и II

Показатели	Состав I	Состав II	ГОСТ 1581-96
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5	1,48	-
Растекаемость, мм	250	210	≥180
Время загустевания, мин. до консистенции 30 Вс при температуре, С°: 75	110	75	≥90
комнатной	>430	155	Не регламентирует
Прочность на изгиб через 2 сут, МПа	1,7	1,45	1,0
Водоотделение, см <sup>3</sup>	3,5	4,2	<7,5

Проведено сравнительное изучение объемной усадки разработанного состава цементной смеси (состав I), цемента ПЦТ-I-G-СС-1 (плотность  $1880 \text{ кг/м}^3$ , растекаемость 210 мм, водоотделение  $3,5 \text{ см}^3$ ) и РТМ-75 (плотность  $1850 \text{ кг/м}^3$ , растекаемость 220 мм, водоотделение  $4 \text{ см}^3$ ). Испытания проводили на приборе измерения объемного расширения/усадки цемента OFITE 120-54 при постоянном давлении 0,7 МПа. Результаты представлены на рис. 2, из которого следует, что наименьшей усадкой обладает состав, содержащий вермикулит.

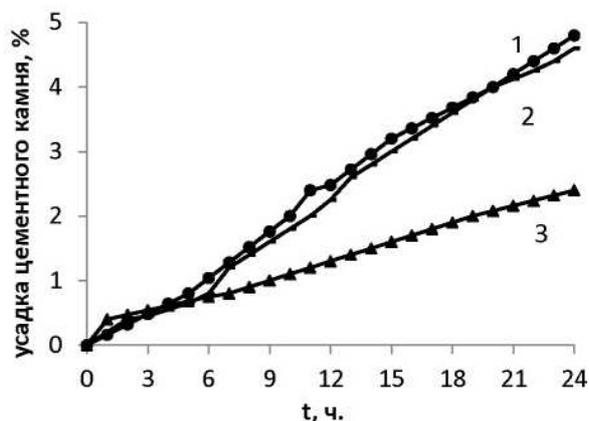


Рис. 1. Зависимость объемной усадки цемента от времени:  
1 - ПЦТ-I-G-СС-1; 2 - РТМ-75;  
3 - состав I

В ТюменНИИгипрогаз проводилось цементирование с использованием цементвермикулитовых растворов. Цементирование проводилось комбинированным способом (прямым-обратным цементированием эксплуатационных колонн). Дополнительно в состав композиции входил регулятор скорости схватывания хлорид кальция. Установлено, что оптимальными технологическими параметрами обладают системы с плотностью  $1490\text{--}1520 \text{ кг/м}^3$ , при водоцементном соотношении  $0,8\text{--}0,9$ . Однако в настоящее время для обеспечения одноступенчатого цементирования эксплуатационных колонн требуется применение растворов с плотностью  $1350\text{--}1450 \text{ кг/м}^3$ . Таким образом, применение цементвермикулитовых растворов сильно сократилось, и они применяются только для цементирования кондукторов в интервалах многолетнемерзлых пород.

В связи с отмеченным предпринята попытка разработки рецептуры вермикулитсодержащего цементного раствора плотностью  $1350\text{--}1400 \text{ кг/м}^3$ , что позволит использовать их при одноступенчатом цементировании скважины. Кроме того, для снижения стоимости цементирования, цемент марки ПЦТ-1-G-СС-1 был заменен более дешевым ПЦТ-1-100. Для получения более низкой плотности цементного раствора, по сравнению с ранее испытанными рецептурами, применили вермикулит меньшей насыпной плотности ( $150 \text{ кг/м}^3$ ) и более крупной фракции (до 1 мм). Данная марка вермикулита обеспечивает большее воздухововлечение, снижение плотности при сохранении тех же пропорций, что и ранее испытанные вермикулитоцементные смеси. Однако такие растворы обладают меньшей седиментационной устойчивостью. Низкая стабильность раствора способствует возникновению межпластовых перетоков и межколонных нефтегазопроявлений в период ожидания затвердевания цемента, а высокая скорость фильтрации – формированию проницаемого цементного камня. Таким образом, снижается качество разобщения пластов и сокращается межремонтный период эксплуатации скважин.

В связи с этим для дополнительной регулировки вязкостных характеристик тампонажного раствора изучено влияние добавок бентонитовой глины и полимерных реагентов на свойства вермикулитсодержащего тампонажного раствора и цементного камня. Результаты представлены в таблице 3. В качестве полимерных реагентов были выбраны следующие полисахариды: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), метилцеллюлоза (МетилЦ), крахмал. Выбор добавок полисахаридов обусловлен критериями распространенности и доступности данных реагентов. Кроме того, метилцеллюлоза и крахмал достаточно устойчивы в минерализованных системах, таких как тампонажные растворы.

Таблица 3

Результаты испытаний состава I с добавками полимеров

Измеряемые параметры	Без добавки	Добавка			
		0,12 % КМЦ	0,15 % метилЦ	0,07 5% метилЦ и 1,5 % бентонита	0,06 % крахмала
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,35–1,40	1,37	1,35	1,40	1,40
Растекаемость, мм	>250	250	220	215	205–210
Время загустевания, мин. до консистенции 30 Вс при температуре, С°:75	110	148	145	105	152
Прочность на изгиб через 2 сут, МПа	1,35	1,40	1,35	1,30	1,46
Водоотделение, см <sup>3</sup>	40	2,4	0	0	1,0

Добавка полимеров во всех случаях уменьшает водоотделение цементного теста, в результате образуются устойчивые системы, стабилизируется плотность раствора, уменьшается вероятность образования вермикулитовых пробок в результате циркуляции раствора. Дополнительно увеличивается время загустевания цементного раствора, прочность цементного камня остается примерно на том же уровне. Для использования стоит рекомендовать метилцеллюлозу, данный реагент обеспечивает наименьшую плотность тампонажного раствора, хорошо растворяется, значительно увеличивает время загустевания и снижает водоотделение.

В работе отмечается, что при использовании вермикулитоцементных растворов часто возникали осложнения, связанные с невозможностью проведения процесса его продавливания в затрубное пространство после кратковременной остановки циркуляции. Экспериментальные исследования показали, что причиной этого является расслоение и образование вермикулитовых пробок, водяных поясов, нерегулируемое сокращение сроков схватывания. На основании этого авторами сделан вывод, что вермикулитоцементные растворы данного состава и технология их приготовления не могут быть рекомендованы для крепления скважин при однофазном движении и в качестве основной добавки вермикулита при использовании его в качестве облегчающей добавки является неограниченное количество при имеющемся

производстве, возможность регулирования насыпной плотности и фракционного состава. В качестве недостатков стоит отметить:

1. высокую смазывающую способность вермикулита (сравнима с графитом), обеспечивающую уменьшение адгезии цементного камня к обсадным трубам, что может привести к возникновению заколонных перетоков в процессе эксплуатации скважины;

2. релаксирующую способность за счет заземленного воздуха; частицы вермикулита имеют только открытые полости (что обусловлено механизмом получения вспученного вермикулита), в результате чего под давлением и при длительной циркуляции в частицах вермикулитагазообразная фаза замещается водой и, как следствие, необратимо меняется плотность цементного раствора;

3. инертность; невозможность образования единой структуры с цементной фазой.

Литература:

1. Ключов А.А. К эффективности использования тампонажных растворов пониженной плотности // Геология, бурение и разработка газовых и морских нефтяных месторождений. – 1985. – Вып. 10. – С. 9–11.
2. Горский А.Т., Баталов Д.М., Швецов В.Д. Применение вермикулитоцементных растворов для цементирования скважин / ЗапСибНИГНИ. – 1983. – Вып. 66. – С. 54–59.

УДК 622.241.8

## **СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ**

Мартынов Н.Н., ст. гр. НБ-10-1, Заливин В.Г., ИРНИТУ, г. Иркутск

При строительстве скважин большой проблемой является поддержания давления в нормальном состоянии, особенно при бурении на депрессии, а так же в скважинах с аномально высокими пластовыми давлениями. В таких нестабильных скважинах очень велик риск ГНВП и принять правильное решение зачастую сложнее еще и потому, что каждый вариант имеет свои недостатки. ~~Н~~правильная диагностика может стать причиной дорогостоящего простоя. Неадекватное утяжеление промывочной жидкости для предотвращения проявления может привести к повышению дифференциального давления и стать причиной поглощения бурового раствора. В целом, это может привести к нарушению продуктивности пласта или потере скважины. ~~Н~~более эффективным способом подбора оптимального решения этой задачи является более глубокое понимание процессов, происходящих в скважине. Для этого и используется система раннего обнаружения проявлений и поглощений.

Комплекс по обнаружению проявлений и поглощений, которые представляют собой набор геолого-технологических исследований, консультационных услуг по геодавлению и применению системы управления давлением, что по-

звolyает уменьшить риски, увеличить эффективность строительства скважины и сократить расходы.

Система сравнивает, анализирует и интерпретирует стандартные – количественные данные (например, сейсмические данные при разведке и данные каротажа) и качественные характеристики (давления, попутный газ, шлам и температура), характеризующие состояние скважины. Что позволяет получить более точную картину изменения порового давления и нестабильности ствола скважины.

Используя эту модель, по оценке давлений подбирается более эффективная рецептура бурового раствора, а так же корректировки плана крепления скважины.

После начала бурения модель обновляется на основании фактических данных, что позволяет создать более точное представление о давлениях ниже забоя, что способствует повышению качества решений и их реализации, и, как следствие, улучшается результат.

При бурении каждой последующей скважины полученная информация не только повышает качество и эффективность бурения, но и позволяет более корректно выбрать профиль скважины. Измерение порового давления также позволяет определить тип флюидов и степень их взаимодействия, что необходимо для правильной оценки пласта.

Выявление особенностей структуры при помощи специальных алгоритмов позволяет четко определить профили притока и перепады давления. В результате наиболее распространенные параметры нестабильности скважины, притоки и проявления, выявляются своевременно и могут быть оперативно устранены с минимальным риском.

Эта информация позволяет буровикам применить комплекс процедур, наиболее подходящих для скважины в текущем состоянии. В результате обеспечивается более высокий уровень безопасности, сокращается непроизводительное время и увеличиваются скорости бурения.

Важным фактором является то, что при использовании оборудования устьева и околоустьева обвязка не заменяется, а лишь дополняется, при этом совместно используется и стандартное ПВО, и все элементы стандартного комплекта буровой установки. Что не доставляет неудобств и повышает безопасность операций, поскольку обвязка дает больше возможностей для манипуляций при управлении скважиной.

Основными элементами системы являются: роторный устьевой герметизатор (РУГ), штуцерный манифольд и блок управления. Схема всей системы обнаружения поглощений и проявлений приведена на рис. 1.

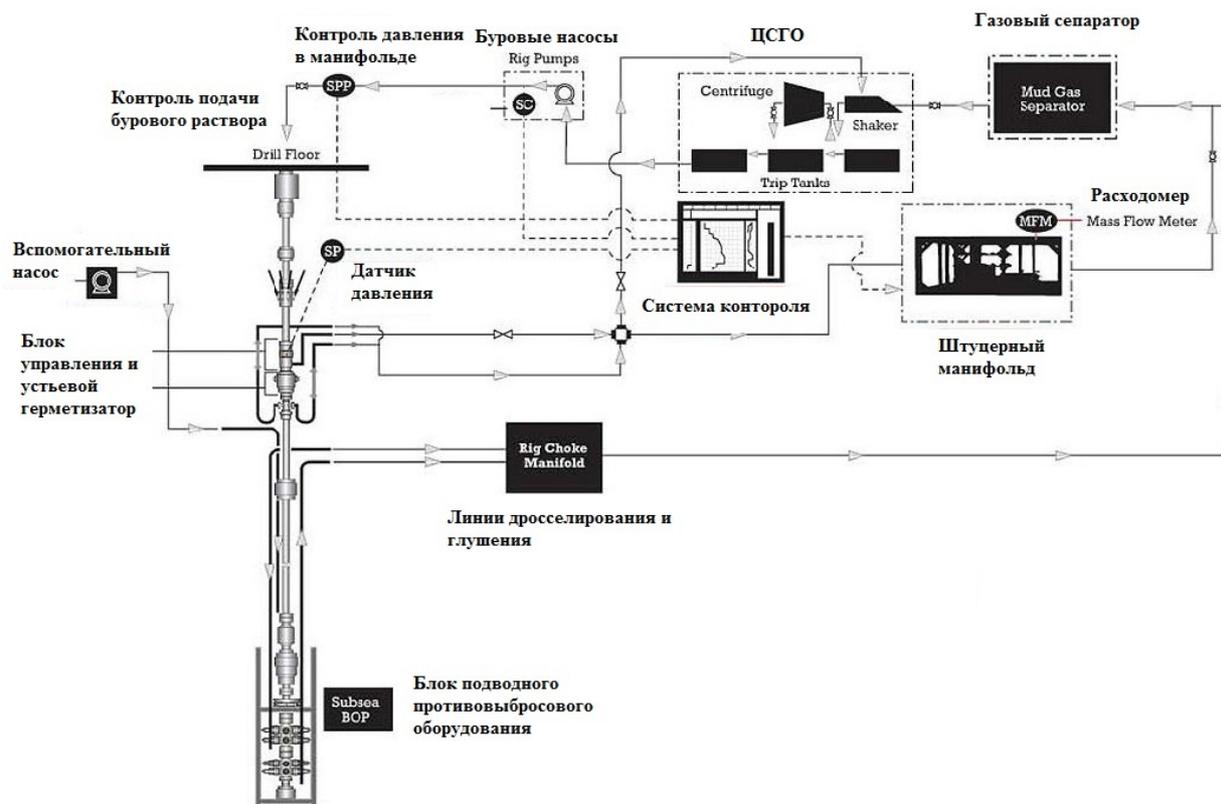


Рис. 1. Схема обнаружения поглощений и проявлений

Роторный устьевой герметизатор не является противовыбросовым оборудованием (ПВО) и устанавливается сверху блока ПВО. Он предназначен для создания уплотнения между устьем скважины и окружающей атмосферой, а также перенаправления потока промывочной жидкости из затрубного пространства в штуцерный манифольд.

Принцип действия устьевого герметизатора таков: двойные уплотнительные элементы обеспечивают герметизацию устья скважины во время бурения, промывок, расхаживаний и СПО, а система подшипников обеспечивает возможность вращения герметизирующего узла с целью снижения износа уплотнительных элементов. Целесообразнее использовать бурение верхним приводом (так как отсутствует квадрат), но при этом возможно и применение роторного привода с ведущей трубой, однако это снизит срок службы уплотнительных элементов РУГ.

Штуцерный манифольд представляет собой автоматизированный комплекс, включающий в себя такие агрегаты, как массовый расходомер, датчики давления, блок управления и система интерпретации данных в режиме реального времени. Манифольд оснащен двумя штуцерами, при этом один может использоваться постоянно, а второй – в аварийной ситуации, массовый расходомер установлен на манифольде после штуцеров по ходу движения бурового раствора. Блок управления – «мозг» системы, куда направляются все собранные данные, и из него же осуществляется мониторинг и контроль всех опера-

ций. Система контроля и получения данных в режиме реального времени осуществляется оператором системы или бурильщиком.

Технология «системы раннего обнаружения проявлений и поглощений» в последнее время все больше приобретает популярность при бурении скважин с осложненными горизонтами и при бурении на море у зарубежных компаний. Данная система является новым шагом в процессе строительстве скважин, так как позволяет осуществлять непосредственное управление строительством скважины в режиме реального времени, минимизировать влияние на пласт, а так же производить работы намного безопаснее для персонала буровой.

#### Библиографический список

1. Ийон Маккиннон, Михаил Майоров. Системы бурения с пониженным давлением бурового раствора. – 2005. – 60с.

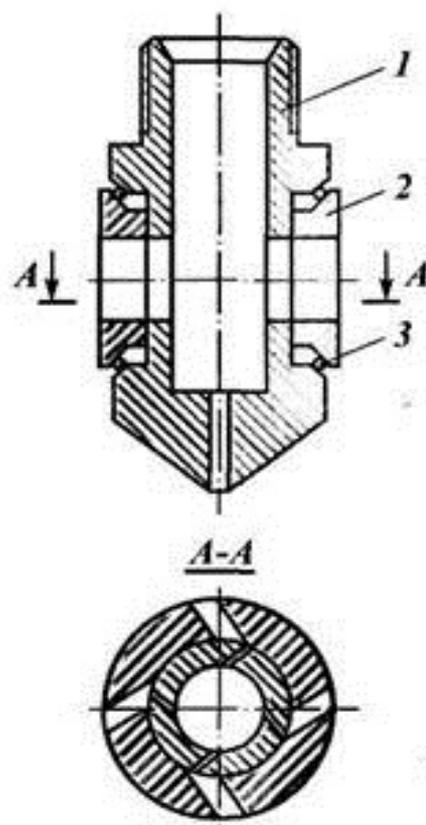
2. Системы бурения при контроле давления – URL:  
<http://www.weatherford.ru/>

3. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин. Издательство: «Недра».–2000г. –600 с.

### ВИБРОВОНОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА

Иванов Н.П., ст. гр. НДб-12-1, Зайцев В.И., ИРНТУ, г. Иркутск

Сущность вибрационного воздействия на призабойную зону скважины состоит в том, что на забое скважины с помощью вибратора формируются волновые возмущения среды в виде частых гидравлических импульсов или резких колебаний давления различной частоты и амплитуды. В результате вибровоздействия повышается проводимость пластовых систем вследствие образования новых и расширения старых трещин и очистки призабойной зоны. Для осуществления процесса в скважину на насосно-компрессорных трубах спускается гидравлический вибратор золотникового типа, который устанавливается против выбранной для обработки части продуктивной зоны пласта. Рабочая жидкость прокачивается по трубам и, проходя через вибратор, генерирует непрерывную серию гидравлических ударов. Колебания создаются путем периодических перекрытий потока рабочей жидкости, протекающей через золотниковое устройство вибратора. Гидравлический вибратор золотникового типа показан на рис. В корпусе вибратора расположен жестко закрепленный ствол 1 – стакан со щелевыми прорезями на



образующей цилиндра. В донной части ствола имеется цилиндрическое отверстие. На стволе свободно вращается цилиндрический золотник 2 со щелевыми прорезями, выполненными под некоторым углом к образующей. На золотнике прорези также выполнены под углом к образующей, но в противоположном направлении к отверстиям в стволе. В результате образуется турбинное устройство, у которого направляющим аппаратом является ствол с косыми прорезями, а рабочим колесом – золотник с направленными под углом прорезями. Кроме щелевых отверстий в стволе имеются пусковые отверстия, позволяющие запускать золотник при перекрытии щелей в стволе. Золотник устанавливается на шариковых опорах 3. При прокачивании рабочей жидкости золотник за счет ее истечения из щелевых прорезей начинает вращаться. Вращаясь, золотник перекрывает поток рабочей жидкости, в результате чего образуются гидравлические удары, частота которых зависит от числа щелей и частоты вращения золотника и может быть доведена до 30 000 ударов в минуту. Гидравлический удар сопровождается подъемом давления, что способствует резкому импульсному истечению жидкости из донного отверстия ствола. Кроме этого, периодическое истечение жидкости из щелей при вращении золотника создает циклические колебания в окружающей среде (жидкости). При виброобработках у скважины устанавливают обычно два насосных агрегата для создания непрерывной струи рабочей жидкости во время переключения агрегата с одной скорости на другую. Устье скважины оборудуется так же, как и при гидравлическом разрыве пласта. В качестве рабочих жидкостей применяют нефть, раствор соляной кислоты, растворы ПАВ и др.

1) <http://www.ngpedia.ru/>

2) <http://worldtek.ru/neftegaz/>

3) <http://studopedia.org/>

## **КАК БОРОТЬСЯ С ПОГЛОЩЕНИЕМ БУРОВОГО РАСТВОРА, БЫСТРО?**

Рогаль А.Т. ст. гр. НДб-12-1, Зайцев В.И., ИРННТУ, г. Иркутск

Технология «QUICK-STONE™» представляет собой использование органоминерального состава с регулируемым временем схватывания. Реакция затвердевания является экзотермической, поэтому «QUICK-STONE™» работает как в высокотемпературных, так и в холодных средах. Данный продукт состоит из тонкодисперсных порошков с размером зерна до 7 микрон, является экологически безопасным и обладает широким диапазоном изменения плотности системы – от 1,25 до 2,15 г/см<sup>3</sup>. Система «QUICK-STONE™» характеризуется контролируемым быстрым набором прочности. После затвердевания состав легко разбуривается, а также способен полностью растворяться в соляной кислоте (15 %-мас.).

«QUICK-STONE™» применяется для решения различных проблем, а именно:

- Потеря циркуляции при бурении скважин.
- Изоляция водоносных горизонтов.
- Перетоки в обсадной колонне/изоляция не герметичности.
- Защита пласта-коллектора.
- Замена тяжелых полимерных/рассольных систем в процессе ремонта.
- Консолидация/укрепление пласта.
- Глушение скважин.

Технология «QUICK-STONE™» выдерживает высокий уровень органических и неорганических загрязнений (УВ, различные жидкости на водной основе и т.д.). Процесс загустевания и схватывания материала при этом не подвержен негативному воздействию. Изменения наблюдаются только в уменьшении прочности состава, которая напрямую зависит от процента загрязнения. Ниже приведена фотография загрязненных ЭРУО образцов «QUICK-STONE™»:

Образец № 1: QUICK-STONE™LT. Прочность после 24 выдержки при температуре 50 °С составила 24,8 МПа. (рис. 1).



Рис.1. образцы QUICK-STONE

Образец № 2: QUICK-STONE™LT+ 10 % нефтесодержащего бурового раствора. Прочность после 24 выдержки при температуре 50 °С составила 10,8 МПа.

Образец № 3: QUICK-STONE™LT+ 20 % нефтесодержащего бурового раствора. Прочность после 24 выдержки при температуре 50 °С составила 9,2 МПа.

Образец № 4: QUICK-STONE™LT+ 40% нефтесодержащего бурового раствора. Прочность после 24 выдержки при температуре 50 °С составила 8,1 МПа.

При затвердевании «QUICK-STONE™» происходит экзотермическая реакция (выделяется большое количество тепла). Это может быть следствием повышенной температурой в пласте, что ускоряет время набора прочности состава. Другие факторы (такие как гидростатическое давление) не влияют на время набора прочности. «QUICK-STONE™» **показывает линейный профиль изменения вязкости** ( $V_c$ , УЕК) вплоть до точки схватывания состава, где профиль начинает демонстрировать изменение вязкости по экспо-

ненте. Это означает, что «QUICK-STONE™» в течение нескольких минут переходит из жидкого состояния в твердое, что блокирует каналы для движения газа, воды или нефти. При необходимости, прочность на сжатие состава «QUICK-STONE™» может быть доведена до 10 000 фунт/кв дюйм (69МПа). При этом, несмотря на высокую прочность, состав «QUICK-STONE™» легко разбушивается.

Повреждение продуктивного пласта при бурении и ремонтных работах может привести к значительной потере УВ или к необходимости затратных восстановительных работ, таких как гидроразрыв, кислотная обработка пласта. Существует множество документально поврежденных фактов повреждения пласта, связанного с цементом, буровыми растворами и т.д. Иными словами, любой буровой раствор в той или иной степени повреждает пласт. Если скорость осаждения фильтрата равна скорости эрозии в динамическом состоянии, то происходит вторжение флюидов в пласт. Использование «QUICK-STONE™» позволяет решить эту проблему. После схватывания состав образует непроницаемый слой, не допускающий образования осадка фильтрата бурового раствора. В продуктивной зоне или в стволе скважины «QUICK-STONE™» остается в жидком состоянии в стволе, однако вне ствола продукт сразу переходит в твердое состояние. Соответственно, может быть проведена перфорация или, при необходимости, полная кислотная обработка (15% HCl). При подборе состава «QUICK-STONE™» можно задать необходимое время схватывания и прочность на сжатие посредством добавления ингибиторов.

**Для использования системы «QUICK-STONE™» требуется только обычное оборудование:**

- 1/ УСО-16 Установка смесительно-осреднительная;
- 2/ ЦА-320 Цементировочный агрегат.

Средний размер частиц (7 микрон) позволяет закачивать состав через КНБК, MWD, долота с минимальными насадами, в отличие от цементов.

**Список использованной литературы:**

- 1) <http://cribs.me/>
- 2) <http://www.exbure.ru/>
- 3) <http://knowledge.allbest.ru/>
- 4) <http://burneft.ru/>

## **СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

Черданцева А.А., ст. гр. НДб-12-3, Васенева Е.Г., ст. преподаватель ИРНИТУ, Николаева Л.В., доцент ИРНИТУ, г. Иркутск

Одним из определяющих факторов в улучшении всех основных технико-экономических показателей глубокого бурения является состояние качества буровых растворов и технологии промывки скважин. Увеличение объемов буровых работ в Восточной Сибири, выход в новые перспективные районы со

сложными геолого-техническими условиями бурения, внедрение прогрессивных технологических средств для проводки скважин, повышение требований к качеству вскрытия продуктивных горизонтов и охране окружающей среды выдвигают новые серьезные задачи, в том числе и связанные с промывкой скважин, современный технический и организационный уровень которого не отвечает в полной мере возросшим требованиям техники и технологии бурения.

С целью выявления резервов повышения технико-экономических показателей буровых работ за счет совершенствования буровых растворов и технологии промывки скважин необходимо провести достаточный минимум исследований на соответствие применяемых систем буровых растворов, их состава и свойств горно-геологическим условиям месторождений.

Развитие нефтегазовой отрасли и реализация крупных международных проектов в этой сфере, скорейшее освоение уникального Ковыктинского газоконденсатного месторождения, учитывая, что на территории которого проведены сравнительно небольшие объемы геолого-разведочных работ, которые сдерживаются сложным геологическим строением разреза, затрудняющим проводку скважин. Это наличие соленосных отложений, аномально высоких и аномально низких пластовых давлений, обваливающихся неустойчивых глинистых пород и др. бурение скважин на огромной территории Сибирской платформы выявило почти повсеместное распространение высококонцентрированных рассолов-рапы преимущественно хлоркальциевого состава с минерализацией до 400г/л и выше. В них содержится большое количество микро- и макроэлементов, содержание брома, например, 10–12 г/л, стронция 8 г/л и др. общие запасы пластовых вод только по Ковыктинскому ГКМ около 3 млрд. м<sup>3</sup>. Бурение скважин при рапопроявлениях осложняется и даже становится невозможным, поскольку дебиты рассолов достигают до 7000 м<sup>3</sup>/сут при аномально высоких пластовых давлениях (АВПД). Все это обуславливает специфический подход к решению проблем выбора технологии бурения и особенно типа буровых растворов и технологии их применения.

Для бурения скважин в условиях электролитной коагуляции требуются буровые растворы, которые сохраняли бы структурно-реологические свойства и высокую стабильность, но как показывает анализ промывочного, регулирование этих свойств весьма сложно. Буровые растворы, содержащие глинистый материал, имеют ряд существенных недостатков, главным из которых является высокая чувствительность к минерализации. Глинистые растворы в присутствии солей, особенно кальциевых (CaCl<sub>2</sub>), претерпевают существенные изменения и, следовательно применение их исключается. Наибольший интерес представляют безглинистые растворы. Необходимыми условиями для утяжеления любого типа растворов является наличие достаточных для удержания утяжелителя структурных показателей, что само по себе является сложной проблемой в соленасыщенных системах. Тем не менее в лаборатории получены буровые растворы плотностью от 2,0 до 2,8 г/см<sup>3</sup> с использованием современных структурообразователей и утяжелителей, способных связывать крайне токсичный газ – сероводород, который, как правило, сопровождает рапопроявление.

Проведенными исследованиями показана возможность получения утяжеленных буровых растворов на основе чистой рапы для бурения скважин в сложных горно-геологических условиях Восточной Сибири, обеспечивающих необходимые технологические показатели раствора, стабильность во времени и выполняющих функцию связывания сероводорода.

Таким образом, создание растворов на основе чистой рапы решает сразу две проблемы: экономию материалов и реагентов и утилизацию буровых растворов, обеспечивающих охрану окружающей среды.

Литература:

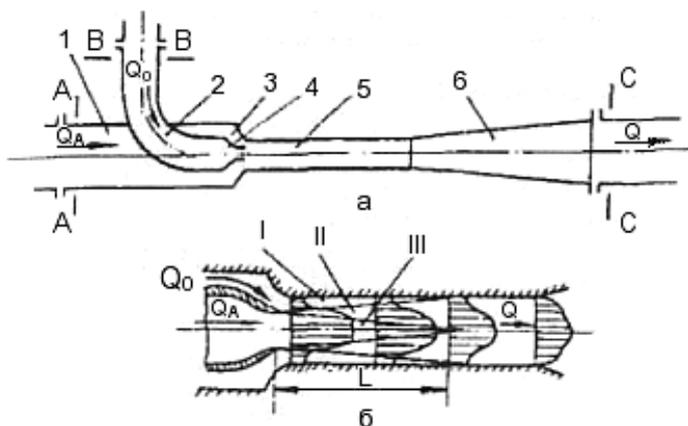
1. Пиннекер Е.В. Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Издательство «Наука», Москва, 1966 г.
2. Рапацкая Л.А., Николаева Л.В., Васенева Е.Г. Утилизация буровых растворов на ковыктинском газоконденсатном месторождении в связи с проблемами экологии. Материалы VIII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», Москва. – 2007 г. С. 225–227.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРУЙНЫХ НАСОСОВ НА БУРОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Верхозин К.В., ст. гр. НДб-12-1, Зайцев В.И., ИРНИТУ, г. Иркутск

Струйный насос – устройство для нагнетания (инжектор) или отсасывания (эжектор) жидких или газообразных веществ, транспортирования гидро-смесей (гидроэлеватор), действие которого основано на увлечении нагнетаемого (откачиваемого) вещества струей жидкости, пара или газа (соответственно различают жидкоструйные, пароструйные и газоструйные насосы).

**Струйные насосы** являются разновидностью гидроприводных насосов, и они обладают всеми достоинствами этого вида оборудования. Благодаря своим конструктивным особенностям струйные аппараты отличаются высокой надежностью и эффективностью, особенно в осложненных условиях эксплуатации, например, при добыче пластовой жидкости со значительным содержанием механических примесей и коррозионно-активных веществ из наклонно направленных скважин. К преимуществам струйных насосов относят их малые габариты, большую пропускную способность и возможность стабильно отбирать пластовую жидкость с высоким содержанием свободного газа. Кроме того, проста конструкция установок, отсутствуют движущиеся детали, возможно исполнение струйного насоса в виде свободного, сбрасываемого агрегата. В струйном насосе или инжекторе поток откачиваемой жидкости перемещается



от забоя скважины до устья скважины за счет получения энергии от потока рабочей жидкости, подаваемого поверхностным силовым насосом с устья скважины.

Схема струйного насоса (а) и движение жидкостей в нем (б): 1 – подвод откачиваемой жидкости; 2 – подвод рабочей жидкости; 3 – входное кольцевое сопло; 4 – рабочее сопло; 5 – камера смешения; 6 – диффузор; I – невозмущенная откачиваемая жидкость; II – пограничный слой; III – невозмущенная рабочая жидкость (ядро). Нагнетание скважинной жидкости осуществляется благодаря явлению эжекции в рабочей камере, то есть смешению скважинной жидкости с рабочим потоком жидкости, обладающим большой энергией. Режим работы струйного насоса характеризуется следующими параметрами: рабочий напор НР, затрачиваемый в насосе и равный разности напоров рабочего потока на входе в насос (сечение В-В) и на выходе из него (сечение С-С), полезный напор НП, создаваемый насосом и равный разности напоров подаваемой жидкости за насосом (сечение С-С) и перед ним (сечение А-А); расход рабочей жидкости  $Q_1$ ; полезная подача  $Q_0$ . КПД струйного насоса равен отношению полезной мощности к затраченной и может достигать величины  $\text{КПД} = 0,2...0,35$ . Срок службы струйного насоса в абразивной среде не менее 8 месяцев. Струйный насос работает следующим образом. При истечении рабочей жидкости со скоростью  $V_1$ , из сопла в затопленное пространство сразу за передним срезом сопла на поверхности струи возникает область смешения. Быстрые частицы проникают в окружающий медленный поток невозмущенной жидкости, подсасываемый через кольцевой проход в камеру со скоростью  $V_0$  и передают ей энергию. Этот процесс, основанный на интенсивном вихреобразовании, происходит в непрерывно утолщающемся по длине струйном пограничном слое. Вместе с тем внутренняя область рабочей струи, а именно ее ядро и внешняя область невозмущенной подсасываемой жидкости – постоянно уменьшаются и на расстоянии  $L$  от рабочего сопла потоки рабочей и откачиваемой жидкости уже полностью перемешаны. На дальнейшем участке камеры смешения происходит только выравнивание профиля скоростей потока жидкости. Чаще всего в струйных насосах применяют цилиндрические камеры смешения, технологически простые в изготовлении и обеспечивающие относительно высокий КПД.

Список литературы:

1. Цепляев Ю.А., Бячков А.Н. Расчет струйных насосов к установкам для нефтяных скважин. – М: ЦБТИ, 1961. – 66 с.

2. Диффузорное устройство. Авторское свидетельство на изобретение СССР N 324379.

3. Цепляев Ю.А. О струйном способе подъема жидкостей из скважин. Труды "Гипротюменнефтегаза", вып.23, Тюмень: 1971, с.22–26.

4. Цепляев Ю.А., Бячков А.Н. Струйные насосы в проектировании добычи воды для систем поддержания пластового давления. Научно-технический сборник "Нефть и газ Тюмени" вып.13, 1972, с.47–49.

5. Цепляев Ю.А., Захарченко Н.П., Каган Я.М. Применение струйных насосов для добычи нефти. Нефтяное хозяйство. 1982, N 9, с.34–36.

6. Мищенко И.Т., Миронов С.Д. Исследование работы струйного насоса при откачке сверхвязкой нефти. Труды МИНХ и ГП, вып.165, М., 1983.

7. Марьенко В.П., Миронов С.Д., Мищенко И.Т., Цепляев Ю.А. Применениеструйных насосов для подъема продукции скважин. Обзорная информация ВНИИОЭНГ. Выпуск 14 (21), М., 1986.

УДК 622.24

## **РАСТВОРЫ ДЛЯ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ**

Нгуен Тхи Ле, студентка группы НДБ 13-1,

Руководители: Новоксонов В.В., химик ИрИХ СО РАН, Ламбин. А.И.,  
ИРНИТУ, г. Иркутск

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы, полимерные материалы, такие как полиакриламид и ксантановая камедь играют важную роль в различных аспектах национальной экономики, особенно в области нефтяной промышленности, очистки воды, целлюлозно-бумажной промышленности, а также лекарственных препаратов.

Для повышения нефтеотдачи путем заводнения используют водные растворы полиакриламида. Хотя традиционно полиакриламид проявляет хорошую способность увеличения вязко – упругости и реологических свойств жидкости вытеснения, он по-прежнему имеет следующие недостатки в практическом применении.

Во – первых, при превышении рабочей температуры 70 °С резко снижается вязкость раствора ПАА, что снижает его способность вытеснять нефть. Во – вторых, ПАА обладает низкой солестойкостью. В частности, в присутствии во флюиде катионов многовалентных металлов он склонен к осаждению и разделению фаз, что ставит под сомнение его применимость.

В-третьих, полиакриламид не может противостоять высокой скорости сдвига. Под действием большого напряжения сдвига цепи полимера рвутся.

Таким образом, ставится задача создания новой системы ПАА, причем решение ее производится в двух направлениях: синтезирование ПАА сверхвысокой молекулярной массы и химическая модификация структуры полимера акриламида. При этом химическая модификация производится с целью повышения термостойкости и солеустойчивости мономеров, развитие разветвленности длинной цепи полиакриламида, подготовки гидрофобных связей. Следует отметить, что гидрофобные связывания сополимера акриламида новых классов водорастворимых полимеров, полученных из полиакриламида путем введения относительно небольшое количество гидрофобных групп (как правило, менее 5 мол %) в полимерные цепи гидрофильных макромолекул. В водном растворе, гидрофобные группы таких полимеров генерируют агрегации из-за гидрофобного эффекта. Молекулярные цепи образуют пространственную

структуру сети, что приводит к значительному повышению вязкости раствора полимера.

В статье освещается влияние новой синтезированной гидрофобной связывающей акриламида (НСМРАМ) в составе полимерной жидкости вытеснения нефти на ее свойства, отвечающие различным условиям заводнения и повышающие эффективность извлечения нефти при эксплуатации месторождений. В ходе лабораторных работ производилась оценка таких свойств раствора полимера, как термостойкость, солеустойчивость, сопротивление сдвигу, совместимость и эффективность перемещения нефти в отличие от гидролизованного полиакриламида высокой молекулярной массой (НРАМ).

### **I. Оценки эффективности раствора сополимера НСМРАМ**

Чтобы оценить свойства НСМРАМ, эксперименты проводились в отличие от НРАМ на солеустойчивость, термостойкость, сопротивление сдвигу, и совместимость поверхностно-активного вещества. Измерение вязкости проводили с помощью вискозиметра NDJ-8 на 60 оборотов в минуту скорости вращения ротора с погрешностью измерения 5%. Вискозиметр регулировали с помощью стандартной силиконовой нефти при комнатной температуре. Поверхностное натяжение измеряется методом кольцевого отделения с использованием автоматизированного тензиометра ZL-3000 с точностью  $\pm 0,1$  мН / м. Тензиометр доводили с помощью чистой воды при комнатной температуре.

### **II. Температурный коэффициент получения нефти**

Тесты полимерного заводнения были проведены в песчаных пакетах, чтобы исследовать эффекты НРАМ и НСМРАМ на повышение отдачи нефти при 80 ° С. Соотношение добытой нефти E1 путем заводнения определяется как

$$E_1 = V_1 / V \times 100\%.$$

Общее содержание нефти в заводненном объеме определяется коэффициентом E2:

$$E_2 = V_2 / V \times 100\%$$

Общее отношение нефтеотдачи E2 можно также рассчитать по формуле 2. Наконец, отношение извлечения нефти полимерного заводнения (EOR) была определена E2 минус E1.

$$E_1 = V_1 / V \times 100\% \quad (1)$$

$$E_2 = V_2 / V \times 100\% \quad (2)$$

где E1 коэффициент извлечения нефти заводнением, %;

E2 общий коэффициент извлечения нефти, %;

V является нефтяной резерв в песке, см<sup>3</sup>;

V1 –объем нефти затопленный заводнением;

V2 –количество затопленной нефти

Эксперименты по изучению увеличения нефти проводили с использованием пакета песка с размером 20 см в длину и 2,7 см в диаметре. Оба конца были оснащены дистрибьюторами потока, представляющими собой 200-меш экраны из нержавеющей стали и предназначенные для предотвращения вытекания мелкого песка и обеспечения более равномерного распределения закачиваемой жидкости. Пористость пакета песка составляла приблизительно 35 %, а

абсолютная проницаемость –  $1,7 \text{ мкм}^2$ . Водной фазой для теста были растворы 2,0 % мас NaCl и 0,1 % мас CaCl<sub>2</sub>.

## Результат и обсуждение

### 1. Вязкость-средняя молекулярная масса

Вязкость-средняя молекулярная масса НСМРАМ может вычисляться из значения характеристической вязкости с использованием уравнения Mark – Houwink. Капиллярный вискозиметр Уббелодде используется для измерения удельной и сниженной вязкости полимерного раствора по времени потока в  $(30 \pm 0,1) \text{ }^\circ\text{C}$ . Полимер растворяется в 1,0 моль / л NaCl. Для получения вязкости с целью оценки средней молекулярной массы использовались следующие уравнения:

$$\eta_{\text{уд}} = (t - t_0) / t_0 \quad (1)$$

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \eta_{\text{уд}} / C \quad (2)$$

$$[\eta] = 4.75 \times 10^{-3} M_{\eta}^{0.80} \quad (3)$$

Где  $t$  – время потока для полимерного раствора, с;

$t_0$  – это время потока в течение 1,0 моль/л раствора NaCl, с;

$C$  представляет собой концентрацию раствора полимера, г / мл;

$\eta_{\text{уд}}$  – удельная вязкость;

$[\eta]$  – характеристическая вязкость, мл / г;

$M_{\eta}$  является вязкостью – средней молекулярной массой, г / моль.

Вязкость 1 моль / л раствора NaCl и полимерного раствора измерялась три раза, и разница между измеренными величинами не превышала 0.2 с. Построив график снижения вязкости ( $\eta_{\text{уд}} / C$ ) полимерного раствора с изменением концентрации определялась характеристическая вязкость и вязкость – средняя молекулярная масса НСМРАМ, которые составили 1170,90 мл/ г и  $5.49 \times 10^6$  г / моль, соответственно.

Истинная вязкость является мерой гидродинамического объема макромолекул. Это, как принято считать, что конформация макромолекулы и молекулярный вес играют фундаментальную роль, через свои отношения с молекулярными размерами и формами при определении значение  $[\eta]$  и значение  $[\eta]$  может отражать расширенную форму полимерной цепи.

### 2. Особенности вязкости НСМРАМ.

Растворы НСМРАМ различных концентраций были приготовлены с дистиллированной водой, а затем свойство вязкости каждого раствора сополимера была исследована при температуре 50 °С и скорости сдвига  $10 \text{ с}^{-1}$ . Рисунок 5 показывает отношение сополимера кажущейся вязкости от концентрации.

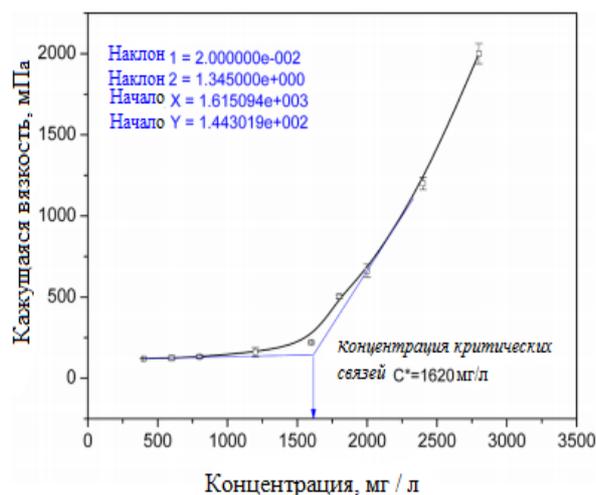


Рис. 1. Взаимосвязь между кажущейся вязкостью и концентрацией

Как показано на рисунке 1, существует *концентрация критических связей* НСМРАМ. Поворотным пунктом является концентрация  $C^* = 1620$  мг / л, после которой вязкость резко возрастает.

### 3. Солеустойчивость НСМРАМ.

Были подготовлены солевые растворы НРАМ и НСМРАМ 2000 мг / л с NaCl, соответственно. Два полимерных солевых раствора были также получены с CaCl<sub>2</sub>, соответственно, и затем солеустойчивость каждого раствора оценивалась при температуре 50°C и скорости сдвига 10 с<sup>-1</sup>. Рисунок 2 показывает взаимосвязь между полимерной кажущейся вязкостью и

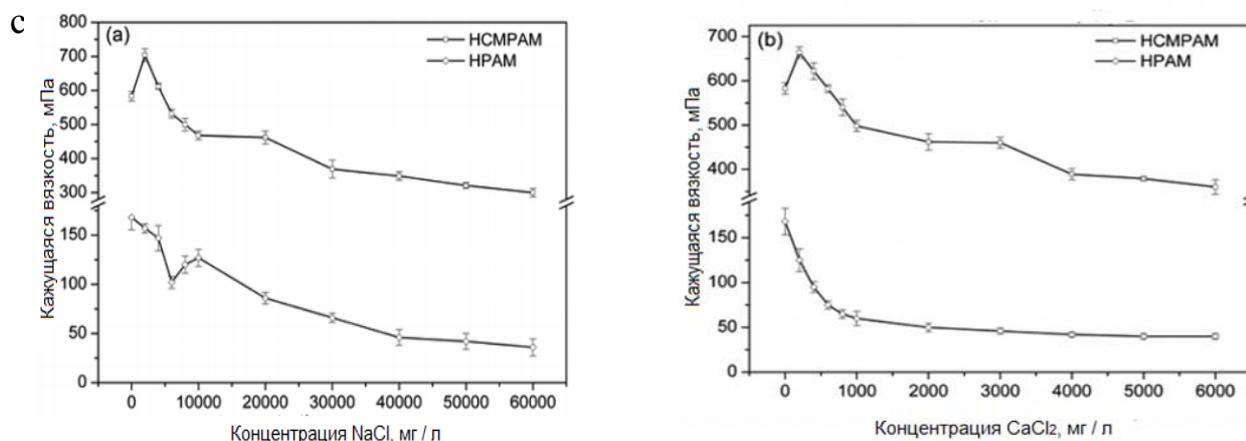


Рис. 2. Влияние раствора NaCl (а) и раствора CaCl<sub>2</sub> (б) на кажущуюся вязкость

Было обнаружено, что по сравнению с НРАМ введение гидрофобных групп и циклодекстрина существенно повышается вязкость НСМ РАМ в результате взаимодействия между гидрофобно-гидрофобных взаимодействий и эффектов включения циклодекстрина.

Как показано на рис. 2 а, с увеличением концентрации NaCl, вязкость НСМРАМ, первоначально возрастает, а затем стабилизируется в пределах определенной концентрации с последующим уменьшением. Наблюдался аналогичный эффект для НСМРАМ в растворе CaCl<sub>2</sub> (рис. 2 б). Добавление соли спо-

способствует более эффективной межмолекулярной гидрофобной связи, и макромолекулу с двойным электрическим слоем трудно сжать, из-за присутствия жестких групп циклодекстрина.

#### 4. Термостойкость НСМРАМ.

Солевой раствор  $\text{NaCl}$  и  $\text{CaCl}_2$  с определенной степенью минерализации получали с дистиллированной водой, в котором концентрация  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  было 20000 мл/л и 2000 мл/л, соответственно. Полимеры НРАМ и НСМРАМ в концентрации 2000 мл/л были приготовлены с помощью данных солевых растворов, соответственно, и затем термостойкость каждого полимерного раствора изучалась при скорости сдвига  $10 \text{ c}^{-1}$ . Пропорция удержания вязкости определяется как остаточная вязкость, деленная на начальную вязкость, умноженная на 100 %. Результаты были выставлены в рисунке 7.

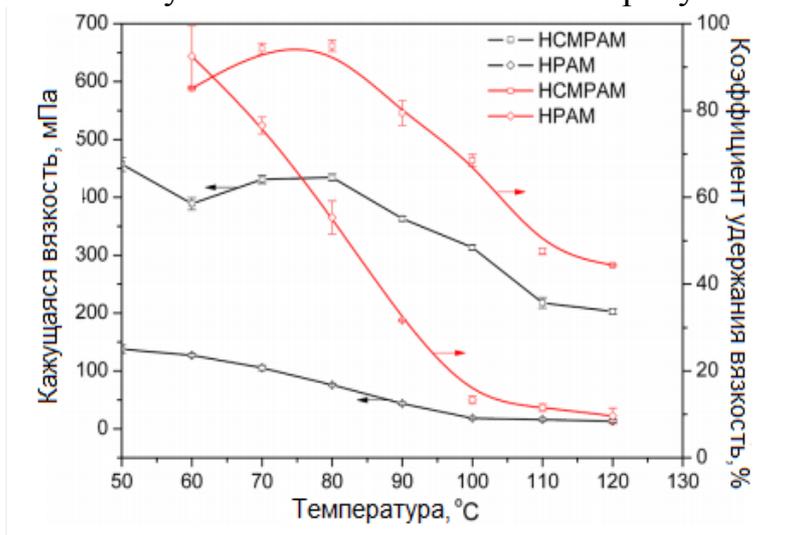


Рис. 3. Влияние температуры на кажущуюся вязкость и коэффициент удержания вязкости

Как показано на рис.3, для НРАМ, вязкость лишь уменьшается с ростом температуры, в то время как для НСМРАМ, вязкость исходного раствора снижается затем увеличивается с последующим снижением, и достигает максимума в  $80^\circ\text{C}$ . По сравнению с НРАМ (8.9%), пропорция удержания вязкости НСМРАМ (45,7 %) была значительно выше в  $120^\circ\text{C}$ , что указывает на возможность использования в нефтяных месторождениях с высокой температурой совместимость поверхностно-активного вещества (ПАВ) НСМРАМ.

Водные растворы НРАМ и НСМРАМ приготовлены при концентрации 2000 мг / л, соответственно, а затем добавили эквимольное катионное поверхностно – активное вещество САТС в каждый раствор полимера. Поверхностное натяжение САТС и его смеси с НРАМ или НСМРАМ были измерены с помощью тензометра при  $25^\circ\text{C}$ , и эффект САТС на вязкость раствора из НСМРАМ в водном растворе, также был исследован при температуре  $50^\circ\text{C}$  и скорости сдвига  $10 \text{ c}^{-1}$  (рисунок 4).

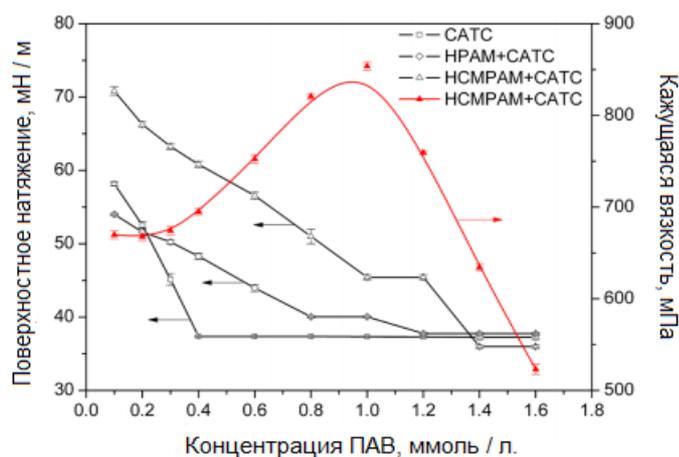


Рис. 4. Влияние САТС на поверхностное натяжение и кажущуюся вязкость

Четко определяется из рис. 4, что добавление НРАМ и НСМРАМ влияет на процесс уменьшения поверхностного натяжения в поверхностно-активном веществе. В частности, по сравнению с чистым поверхностно-активным веществом, фиксируется равновесие межфазного натяжения в смешанном растворе при соответствующей концентрации ПАВ после чего идет снижение поверхностного натяжения. Равновесная точка называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ).

ККМ САТС, смесь САТС и НРАМ и НСМРАМ были 0,4 ммоль / л, 0,8 ммоль / л и 1,0 ммоль/л, соответственно. В ККМ, поверхностно-активное вещество начинает образовывать мицеллы в растворе полимера, а затем полимер постепенно насыщается мицеллами с увеличением концентрации поверхностно-активного вещества. До полного формирования мицелл ПАВ, направление поверхностного натяжения все еще поддерживается на однообразном уровне. После этого, поверхностное натяжение снижается до минимального значения без изменений.

Освобождающие поверхности непрерывно взаимодействует с молекулами нефти, снижая поверхностное натяжение между нефтью, водой и породой.

#### Эксперименты повышения нефтеотдачи.

Процедура теста наводнений пакета песка была следующей. Первым шагом стала подготовка пакета песка. Песок выливают в основной держатель, который вертикально установлен на вибратор и заполнен солевым раствором, после чего его подвергали вибрации в течение 1 ч. Вторым шагом было создание начальной водонасыщенности. Мокрый упакованный пакет с песком был затоплен с нефтью Ляохе до окончания выделения воды пока обводненность не составила менее 1%. Третим этапом был заводнение. Заводнение было проведено по горизонтали с постоянной скоростью впрыска потока  $10 \text{ см}^3 / \text{ч}$ . Тот же расход впрыска был использован для всех испытаний смещения в исследовании. Четвертый шаг был третичное полимерное наводнение. После заводнения, полимер 0,3 PV вводили закачиванием воды 0,5 PV как расширенные паводковые воды. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

## Результаты повышения нефтеотдачи

Проход	Полимеры	Проницаемость ( $\mu\text{м}^2$ )	$E_1$ (%)	$E_2$ (%)	EOR (%)
1	2г/л, НРАМ	1.67	42.3	47.9	5.6
2	2г/л, НСМРАМ	1.69	45.9	57.2	11.3
3	3г/л, НСМРАМ	1.72	44.7	60.3	15.5

Для дальнейшего изучения влияния заводнения НСМРАМ, эксперимент повышения добычи нефти был проектирован. Четыре начальных этапа так же, как и раньше, и пятый шаг скопировал четвертый шаг, но разница в том, что в опыте вначале затопление производилось НРАМом, а затем НСМРАМом. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.

## Результаты повышения нефтеотдачи повторяющимися полимерами

Проход	Полимер <sup>a</sup>	$E_1$ (%)	$E_2^b$ (%)	$E_2'^c$ (%)	EOR (%)	$EOR'^d$ (%)
1	2 г/л, НРАМ +2г/л, НРАМ	42.9	48.4	51.6	5.5	3.2
2	2 г/л, НСМРАМ + 2г/л, НСМРАМ	43.2	48.8	58.2	5.6	9.4

Первый раствор – НРАМ, второй – НРАМ и НСМРАМ.

$E_2^b$  – общий коэффициент нефтеотдачи первым раствором.

$E_2'^c$  – общий коэффициент нефтеотдачи первым и вторым раствором.

$EOR'^d = E_2' - E_2$

Как указано в таблице 1 и таблице 2, по сравнению с НРАМ НСМРАМ, может заметно повысить на 5,7 -9,4% коэффициент извлечения нефти при той же концентрации полимера, особенно, если НСМРАМ использовался после заводнения НРАМом.

Кроме того, увеличение концентрации НСМРАМ приведет к повышению коэффициента извлечения нефти. Увеличение EOR было связано с загущающей надмолекулярной структурой, образованной синергией А-β-CD и C18DMAAC, которые увеличивают молекулярный гидродинамический объем. Тесты третичной нефтеотдачи показали, что синтез нового сополимера НСМРАМ обеспечивает большую эффективность заводнения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрено влияние новой синтезированной гидрофобной связывающей акриламида (НСМРАМ) в составе полимерной жидкости вытеснения

нефти на ее свойства, отвечающие различным условиям заводнения и повышающие эффективность извлечения нефти при эксплуатации месторождений.

По сравнению с НРАМ, НСМРАМ выставлены превосходные свойства по различным аспектам солеустойчивости, термостойкости, сопротивления сдвига и совместимости поверхностно-активного вещества. Кроме того, тесты третичной добычи нефти означало, что НСМРАМ может заметно повысить на 5,7 – 9,4 % коэффициент извлечения нефти. Введение циклодекстрина и гидрофобных групп может существенно изменить производительность полимера акриламида, который предусматривает новые и эффективные технологии для нефтяной эксплуатации, особенно в условиях высокой температуры и нефтяных месторождений с высокой минерализацией.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Wever, D. A. Z.; Picchioni, F.; Broekhuis, A. A. *Prog. Polym. Sci.* 2011, 36, 1558–1628.
2. Wever, D. A. Z.; Raffa, P.; Picchioni, F.; Broekhuis, A. A. *Macromolecules* 2012, 45, 4040–4045.
3. Boltoa, B.; Gregory, J. *Water Res.* 2007, 41, 2301–2324.
4. Shen, J.; Song, Z.; Qian, X.; Liu, W. *BioResources* 2009, 4, 1190–1209.
5. Mandal, B. B.; Kapoor, S.; Kundu, S. C. *Biomaterials* 2009, 30, 2826–2836.
6. Sabhapondit, A.; Borthakur, A.; Haque, I. *Energy Fuels* 2003, 17, 683–688.
7. Gong, H.; Xu, G.; Zhu, Y.; Wang, Y.; Wu, D.; Niu, M.; Wang, L.; Guo, H.; Wang, H. *Energy Fuels* 2009, 23, 300–305.
8. Liu, J. X.; Guo, Y. J.; Hu, J.; Zhang, J.; Lv, X.; Zhang, X. M.; Xue, X. S.; Luo, P. Y. *Energy Fuels* 2012, 26, 2858–2864.
9. Wang, Y.; Luo, J.; Bu, R.; Wang, P.; Bai, F.; Liu, Y. *Chem. Ind. Eng. Prog.* 2003, 22, 271–274.
10. Zhou, C.; Yang, W.; Yu, Z.; Zhou, W.; Xia, Y.; Han, Z.; Wu, Q. *Polym. Bull.* 2011, 66, 407–417.
11. Liu, D.; Zhao, X.; Qiu, G. *Polym. Mater. Sci. Eng.* 2008, 24, 24–31.
12. Barari, M.; Abdollahi, M.; Hemmati, M. *Iran. Polym. J.* 2011, 20, 65–76.
13. Zou, C.; Ge, J.; Zhao, P.; Cui, C.; Zhang, L. *J. Macromol. Sci., Part A: Pure Appl. Chem.* 2012, 49, 171–177.
14. Jiang, L.; Zhong, C.; Xu, M.; Peng, X. *Acta Phys. Chim. Sin.* 2010, 535–540.

.

УДК 622.24

## ВЛИЯНИЕ БОЛЬШИХ УГЛОВ ОТКЛОНЕНИЯ СКВАЖИН В ПРОЦЕССАХ ОТЧИСТКИ ИХ СТВОЛА

Нгуен Конг Чи ст. гр. НДб 12-1; Научный руководитель: Ламбин А.И., ИРНИ-ТУ, г. Иркутск

### Проблемы

В реальности очистка ствола скважины в скважинах с большим углом отклонения отличается от очистки вертикального ствола и ствола с небольшим углом отклонения. Механизмы очистки ствола скважин с вертикальным стволом и стволом с небольшим углом отклонения очень различны.

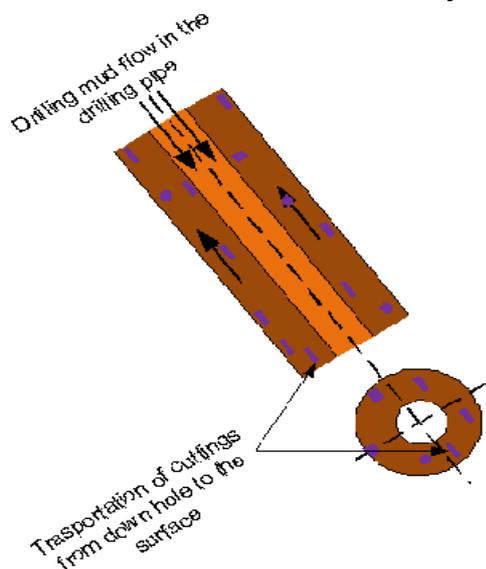


Рис. 1. Поток транспорта бурового раствора и шлама вверх

Существует три отдельных и определенных режима для бурения скважин:  
Небольшой угол отклонения (0–45°)

Средний угол (45–60°)

Большой угол отклонения (>60°)

Влияние различных сил, действующих на частицы разрушенной породы в наклонных скважинах, представлено на рис. 2.

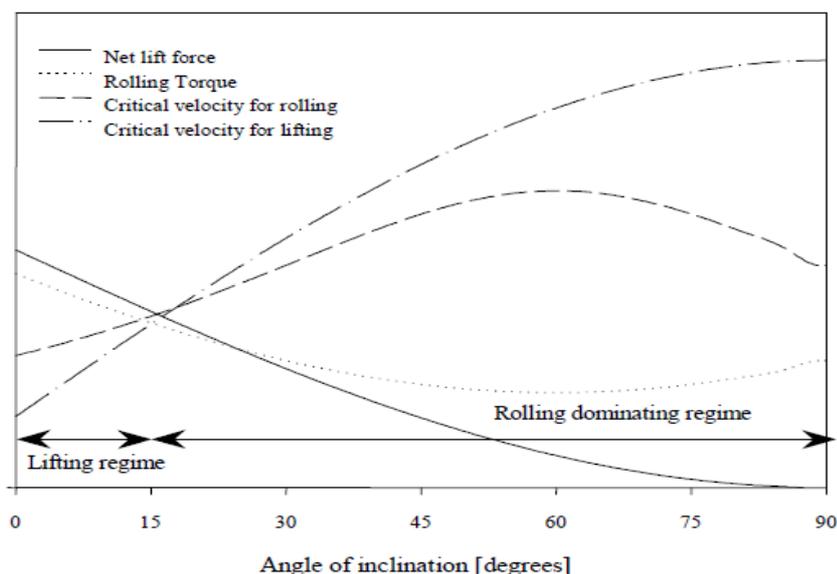


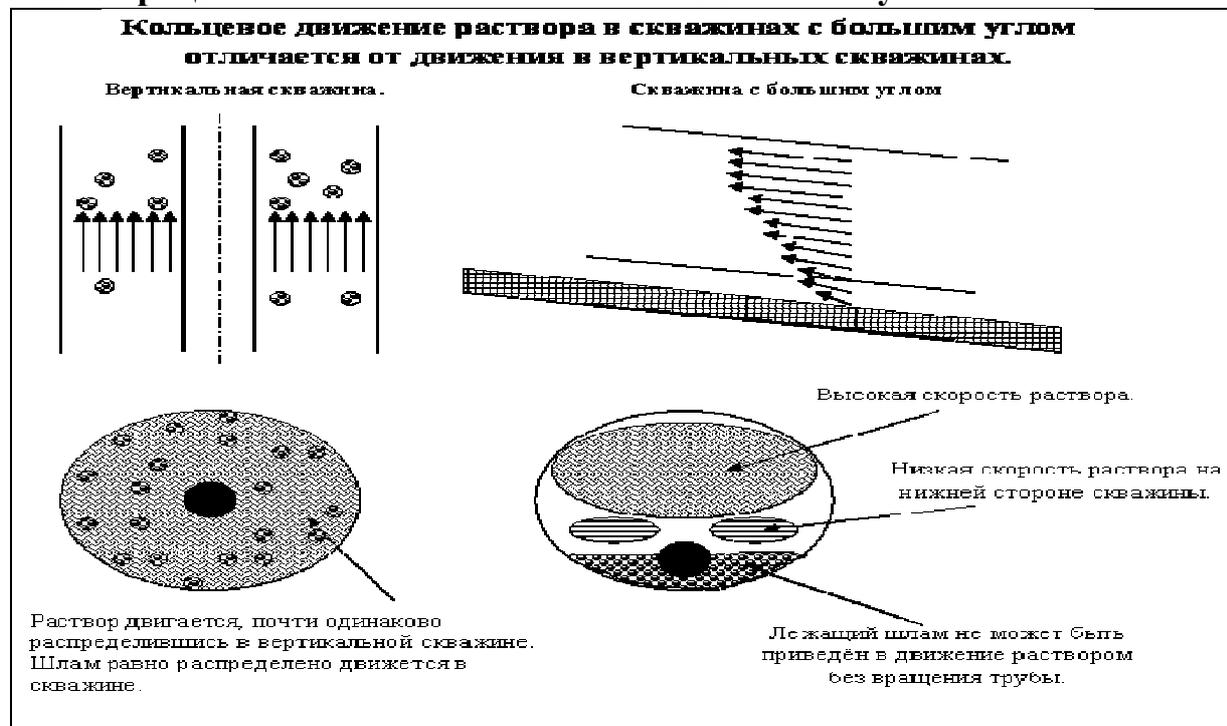
Рис. 2. Различные действующие силы зависят от углов скважин

1. \_\_\_\_ сила подъема
2. .... сила прокатки
3. \_\_\_\_ критическая скорость для прокатки
4. \_\_\_\_ критическая скорость для подъема

Как видно из рисунка, подъемная сила уменьшается при увеличении угла отклонения скважин. В то же время снижается крутящий момент прокатки, а затем этот момент начинает восстанавливаться.

На рис. 3 представлен анализ процесса очистки ствола скважин с большим углом отклонения.

### Анализ процесса очистки ствола скважин с большим углом отклонения



**Рисунок 3. Очистки ствола скважин с вертикальным стволом и стволом с большим углом отклонения**

Основное отличие для скважины с большим углом отклонения (по сравнению со скважиной с малым углом отклонения) состоит в том, что для выпадения шлама существует расстояние всего в несколько дюймов, прежде чем шлам достигнет стенки ствола скважины. Следовательно, смесь шлама с флюидом при угле отклонения  $65\text{--}90^\circ$  очень отличается от смеси при вертикальном отклонении до угла  $45^\circ$ . Даже при прокачке с очень высокой скоростью потока, шлам будет выпадать на стенку в скважинах с большим углом отклонения. Термин "скользящая скорость", обычно применяемый для вертикальных скважин, становится неуместным, т.к. шлам не "скользит" против движения флюида, а скорее движется как "дюна" вдоль нижней стороны ствола скважины. Как только шлам входит в интервал ствола скважины со средним углом отклонения ( $\pm 45^\circ$  в интервале нарастания угла), поведение шлама опять меняется. В этот момент, шлам более легко "перемешивается" в режиме потока, однако, при остановке насосов, шлам быстро выпадает на нижнюю сторону ствола и лавиной проносится вниз по стволу до тех пор, пока угол не становится слишком большим для продолжения движения. В этот момент формируется дюна. Как только шлам попадает в вертикальный интервал ствола скважины, он сразу меняет свое поведение на присущее вертикальному стволу.

В скважинах с большим углом отклонения скорости флюида будут отличаться от скорости в вертикальном интервале ствола. В вертикальной скважине (и на вертикальном участке скважины) флюид движется свободно вокруг бурильной трубы. Скорость в заколонном пространстве – это многозначительный термин, т.к. скорость флюида в основном неизменная. Для ствола с большим углом отклонения термин "скорость в заколонном пространстве" имеет меньшее значение, поскольку флюид в основном движется только над бурильной трубой, где шлам не образуется без движения трубы. Это имеет значительное влияние на требования по реологии бурового раствора, параметрам бурения и на выбор долота и КНБК. Единственный способ приведения шлама в режим потока – это механическое перемешивание слоя шлама (т. е. перемешивание слоя шлама вращением трубы), поскольку буровой раствор практически постоянен на нижней стороне ствола скважины. При соответствующей реологии бурового раствора перемешанный шлам будет подниматься и смешиваться с флюидом, движущимся с высокой скоростью, и таким образом подниматься вверх по стволу до тех пор, пока он не выпадет на нижнюю стенку снова. При продолжении перемешивания шлам вновь будет подниматься и переноситься вверх по стволу. Если буровой раствор разжиженный, шлам может легко подниматься, но затем сразу выпадать на нижнюю сторону ствола. Без вращения флюиды просто движутся над шламом и очистка **Выводы** не происходит.

**Основываясь на вышеприведенных наблюдениях, можно сделать следующие общие выводы по очистке ствола.**

Крайне важным для очистки ствола скважины является вращение трубы. При бурении забойным двигателем очистка участков ствола с большим углом отклонения производится практически не будет. Опыт показывает, что существует несколько "барьерных" значений скорости, обеспечивающий лучшую очистку ствола. В стволе скважин большего диаметра значительное улучшение очистки ствола происходит при скорости вращения 100 – 120 об/мин, и затем вновь при скорости 150 – 180 об/мин.

Скорость потока является ключевым параметром для нормы, когда ствол считается очищенным. Говоря проще, чем выше скорость прокачки, тем быстрее очищается ствол при сочетании с достаточно высокой скоростью вращения. Из опыта известно, что существует "барьер" на нижней планке значений скорости потока и что точка уменьшения выхода шлама существует на верхней планке значения. Важно учитывать тот факт, что пока шлам все еще проходит через вибросита, значит ствол все еще чистится. Тогда вопросом становится "степень/норма" очищенности ствола.

Реология бурового раствора играет основную роль в очистке ствола скважины и ее часто очень трудно оптимизировать. Буровой раствор должен иметь способность "подвешивать" (держат в взвешенном состоянии) шлам на участке с большим углом отклонения ствола достаточно большой длины с тем, чтобы перемещать этот шлам вверх по стволу. И далее, буровой раствор дол-

жен иметь такие качества, чтобы поднять шлам до поверхности в вертикальном интервале ствола.

Для буровых растворов, используемых при бурении скважин с БОВ, следует отметить, что термин УР (точка текучести) практически не имеет значения при оценке возможности/способности очистки ствола скважины. Для этих скважин для оптимальной реологии бурового раствора обычно используются параметр динамического напряжения сдвига. Более лучшими для измерения качества очистки ствола в заколонном пространстве являются показания Фанн при 3 и 6 об/мин.

Полезным практическим методом расчета для динамического напряжения сдвига является заложение/проектирование показания 6 об/мин на 1.0–1.2 x диаметр ствола в дюймах. Для системы бурового раствора на нефтяной основе и на псевдо-нефтяной основе главной целью является доведение реологии бурового раствора на забое до тех же значений.

Поддержание шлама во взвешенном состоянии (с включенными и выключенными насосами) следует рассматривать как двусторонний вопрос:

– в интервале в большом углом отклонения шлам будет выпадать только с высоты нескольких дюймов и поэтому "подвешивания" шлама при выключенных насосах не происходит. Шлам будет выпадать на нижнюю сторону при проведении соединений и во время СПО.

– вертикальный интервал и интервал набора угла также должны быть очищены. "Подвешивание" шлама в этом интервале очень важно (иначе шлам просто обрушится лавиной вниз по стволу скважины). До начала СПО важно также не останавливать промывку ствола, пока в этом интервале все еще остается шлам, т.к. иначе этот шлам обрушится лавиной и образует дюну в верхней части интервала с большим углом отклонения.

Термин "промыть сверху-вниз" не приемлем для скважин с БОВ, поскольку шлам будет подниматься вверх по стволу с гораздо меньшей скоростью, чем флюид. Промывка ствола "сверху-вниз" перед СПО не очистит ствол – в результате шлам только переместится далее вверх по стволу. В результате этого метода может образоваться дюна, и шлам, перемещенный в интервал набора угла, получит возможность обрушиться назад в верхнюю часть интервала с большим углом отклонения. Обычно требуется, как минимум, от 2 и до 4 промывок "сверху-вниз" для очистки ствола (при условии применения высокой скорости вращения трубы).

Очень важным является выбор долота и КНБК, поскольку бурение забойным двигателем является вредным и ущербным для очистки ствола. И кроме того, более полное долото (выбранное для более лучшего сохранения направления ствола) гораздо труднее спустить и поднять через слой шлама из-за уменьшенных зазоров в долоте для выноса шлама. Такое долото действует как плунжер, который легко забивается сальниками.

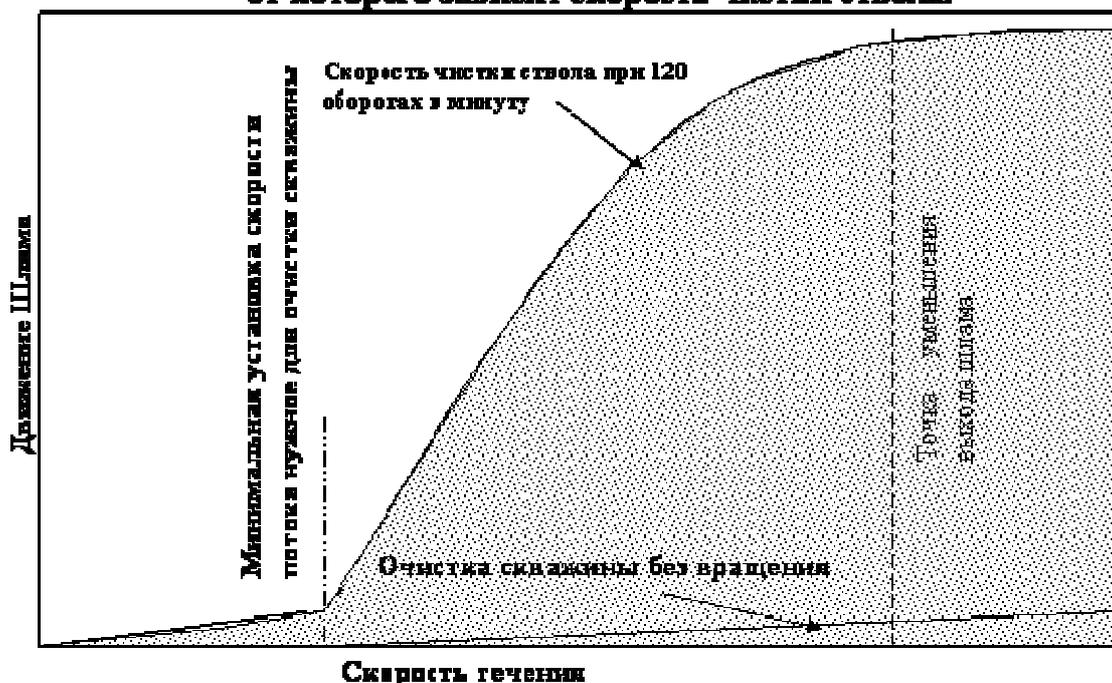
Управление слоем шлама является особенно важным при оптимизации работ. Более "грязный" ствол может быть приемлем для бурения, но не для спуска-подъема БТ или спуска обсадных колонн. До начала СПО крайне важна

хорошая очистка ствола для уменьшения слоя шлама до уровня, когда им можно управлять.

Проработка ствола скважины при подъёме - это метод, который не следует использовать в качестве стандартного метода для очистки ствола. При выполнении проработки ствола необходимо заранее планировать и применять практические методы СПО. Конечно, такую проработку можно применять, но этот метод не должен стать "стандартным методом очистки ствола". Проработка ствола скважины при подъёме не только не эффективна, но также при ней существует риск (а) закупорки ствола и прихвата трубы, и (б) серьезного повреждения ствола скважины.

Необходимо хорошо осознать и понять практические методы бурения забойным двигателем, и не рассматривать их только как вопрос наклонно-направленного бурения. Бурение забойным двигателем может сильно повлиять на систему очистки скважины. Необходимо обязательно учитывать возможную закупорку и эффект ЭПЦ по причине образования дюны над КНБК.

**Скорость течения является основным параметром от которого зависит скорость чистки ствола.**



### Литература

1. [geofut.com](http://geofut.com)
2. **Simulation of the Cuttings Cleaning During the Drilling Operation**  
Hussain H. Al-Kayiem, Nadia Mohd Zaki, Muhamad Z. Asyraf and Mahir Elya Elfeel; University Technology PETRONAS, Bandar Seri Iskandar, 31750 Tronoh, Perak, Malaysia.
3. **CFD Calculations of Cuttings Transport through Drilling Annuli at Various Angles**  
Uduak Mme and Pål Skalle Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, NTNU, Trondheim, Norway.

УДК 519.6

**ПРИМЕНЕНИЕ СПЛАЙНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОФИЛЯ НАКЛОНО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ**

Нгуен Тхи Тхюи Линь, ст. гр. НДб-12-1, Ламбин А.И., ИРНТУ, г. Иркутск

**Введение**

Проектирование профиля скважины заключается в выборе типа и вида профиля, а также в определении необходимого для расчета его геометрии комплекса параметров, включающего: проектное значение глубины и отклонения ствола скважины от вертикали; длина вертикального участка; значение предельных радиусов кривизны и углов наклона ствола скважины в интервале установки и работы внутрискважинного оборудования и на проектной глубине. В настоящее время, трудность при проектировании профиля скважин состоит в том, что как выбор радиус кривизны чтобы удовлетворял условиям проходимости в искривленном участке скважины наиболее жесткой части системы: «долото – забойный двигатель». Участки сопряжения вертикального участка с участком набора зенитного угла и горизонтального участка с участком набора зенитного угла должны быть наиболее плавными. В этом заключается причина использования сплайнов при проектировании профиля скважин. Метод сплайнов применяется в решении ряда практических задач, например, при проектировании траектории дорог.

**Особенность применения сплайнов**

Особенность сплайн-интерполяции состоит в том, что в точках сопряженных отдельных участков существует производная, т.е. обеспечивается их гладкое сопряжение, кривизна интерполирующей кривой минимальна.

Сплайн представляет собой метод математического описания кривой. Идея метода сплайнов состоит в следующем. Разобьем весь интервал аппроксимации на некоторое число интервалов, на каждом из которых запишем интерполяционный многочлен невысокого порядка. Обычно берут третий, реже пятый порядок многочленов. Особенность метода состоит в том, что коэффициенты многочлена подбираются из условий «сшивания» многочленов на границе соседних интервалов. В основном применяют кубические или полиномальные сплайны. Кубическая сплайн-интерполяция позволяет провести кривую через набор точек таким образом, что первые и вторые производные кривой непрерывны в каждой точке. Эта кривая образуется путем создания ряда кубических полиномов, проходящих через наборы из трёх смежных точек. Кубические полиномы затем состыковываются друг с другом, чтобы образовать одну кривую.

В большинстве практических приложений желательно соединить экспериментальные точки не ломаной линией, а гладкой кривой. Лучше всего для этих целей подходит кубический сплайн.

Для осуществления сплайновой аппроксимации система MathCAD предлагает четыре встроенные функции. Три из них служат для прлучения векторов вторых производных сплайн-функций при различном виде интерполяции:

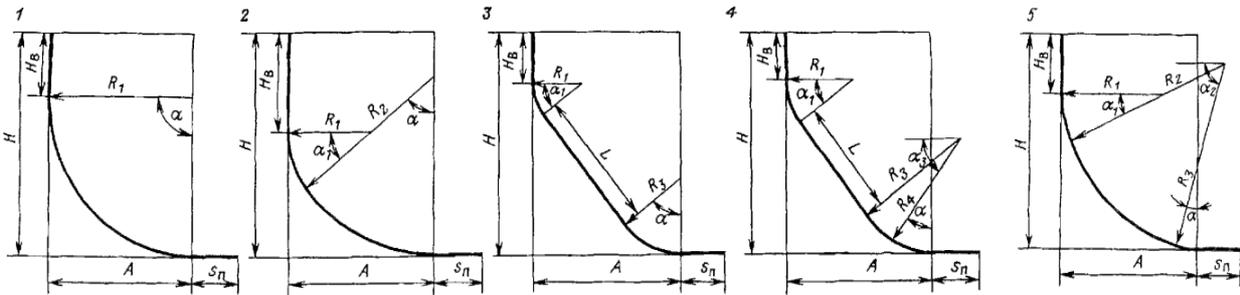
- Cspline(VX,VY) – возвращает вектор VS вторых производных при приближении в опорных точках к кубическому полиному;
- Pspline(VX,VY) – возвращает вектор VS вторых производных при приближении к опорным точкам параболической кривой;
- Lspline(VX,VY) - возвращает вектор VS вторых производных при приближении к опорным точкам параболической прямой.

Наконец, четвертая функция  $interp(VS,VX,VY,x)$  – возвращает значение  $y(x)$  для заданных векторов VS, VX, VY и заданного значения x.

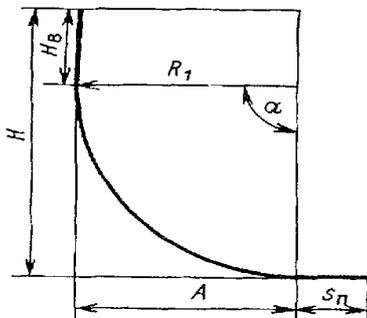
Таким образом, сплайн-аппроксимация проводится в два этапа. На первом с помощью функций cspline, pspline, или lspline отыскивается вектор вторых производных функций  $y(x)$ , заданной векторами VX и VY ее значений (абсцисс и ординат). Затем, на втором этапе для каждой искомой точки вычисляется значение  $y(x)$  с помощью функции  $interp(x)$ . Наиболее распространены кубические сплайны из-за высокой точности аппроксимации. Смысл сплайн-интерполяции заключается в том, что в промежутках между точками осуществляется аппроксимация в виде зависимости  $A(t)=at^3+bt^2+ct+d$ . Коэффициенты a, b, c, d рассчитываются независимо для каждого промежутка, исходя из значений углов в соседних интервалах.

**Применение сплайнов при проектировании наклоно-направленных скважин с горизонтальным окончанием**

Профили налоно-направленных скважин с горизонтальным окончанием бывают виды:



Мы выберем профиль вида 1 для использования метода сплайнов.



Исходные данные для проектирования участка набора кривизны:

$k := 0.002$  (м) \_зазор между стенками скважины и забойным двигателем  
 $L_{зд} := 8$  (м) \_длина забойного двигателя с долотом  
 $d_{зд} := 0.17$  (м) \_диаметр забойного двигателя  
 $D := 0.19$  (м) \_диаметр долота  
 $H := 2000$  (м) \_глубина скважин по вертикали  
 $hв := 150$  (м) \_глубина вертикального участка  
 $A := 550$  (м) \_отклонение забоя от вертикали

1. Определить интервал скважины, в котором применяется переменная интенсивность искривления

$$\frac{\sqrt{A^2 + (H - hв)^2}}{R \cdot 2} \leq 1 \text{ solve, } R \rightarrow 25 \cdot \sqrt{1490} \leq R \vee R < 0$$

$$\begin{aligned}
 R &\leftarrow 25 \cdot \sqrt{1490} \\
 \Delta\alpha &\leftarrow 2 \cdot \arcsin \left[ \frac{\sqrt{A^2 + (H - hв)^2}}{R \cdot 2} \right] \\
 R_{\max} &\leftarrow \frac{180^2}{\pi^2 \Delta\alpha} \\
 R_{\min} &\leftarrow \frac{0.125 \cdot L_{зд}^2}{0.74 \cdot (D - d_{зд}) - k} \\
 R &\leftarrow R + 0.1 \text{ if } R < R_{\min} \\
 R &\leftarrow R - 0.1 \text{ if } R > R_{\max} \\
 R &\text{ otherwise}
 \end{aligned}$$

$$R = 965.013$$

$$R_{\max} := \frac{180^2}{2 \cdot \pi^2 \arcsin \left[ \frac{\sqrt{A^2 + (H - hв)^2}}{R \cdot 2} \right]} = 1.045 \times 10^3$$

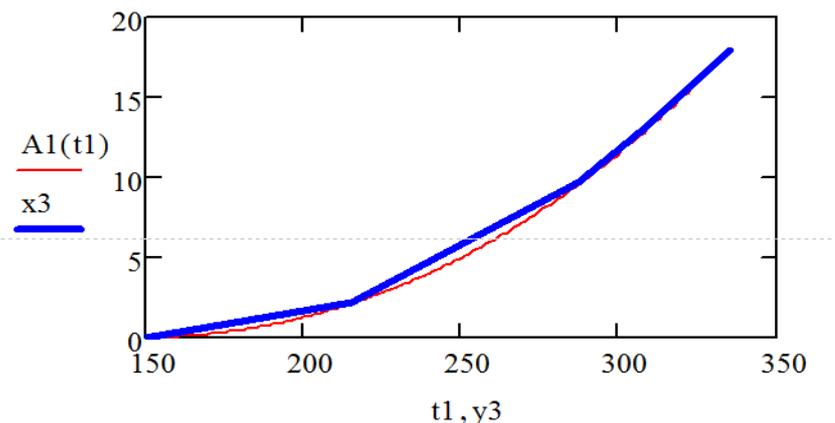
Отсюда, интервал значений радиуса скважин  $R : 965.013 < R < 1045$ .

2. Применение сплайнов для верхней части скважин определяется в точке сопряжения вертикального участка с участком набора зенитного угла.

$$\begin{aligned}
 y1 &:= \begin{pmatrix} 150 \\ 215 \\ 287 \\ 310 \\ 335 \end{pmatrix} & R1 &:= \begin{pmatrix} 1045 \\ 1000 \\ 987.33 \\ 976.12 \\ 965.013 \end{pmatrix} & y3 &:= \begin{pmatrix} 150 \\ 215 \\ 287 \\ 310 \\ 335 \end{pmatrix} \\
 i &:= 0 \dots \text{last}(R1) \\
 x1_i &:= -\sqrt{(R1_i)^2 - (y1_i - hв)^2} + R1_i & x3 &:= -\sqrt{R^2 - (y3 - hв)^2} + R
 \end{aligned}$$

Используем сплайн для аппроксимации участка набора кривизны.

$$\begin{aligned}
 s1 &:= \text{cspline}(y1, x1) \\
 t1 &:= 150, 151 \dots 335 \\
 A1(t1) &:= \text{interp}(s1, y1, x1, t1) \\
 \text{interp}(s1, y1, x1, 250) &= 5.004
 \end{aligned}$$



**Рис. 1. График сравнения кривых профиля скважины при сплайновой аппроксимации и без ее использования**

$A1(t1)$  — траектория участка ствола скважин при использовании сплайнов  
 $X3$  — траектория участка ствола скважин при не использовании сплайнов

Из графика видно что, при применении сплайнов кривая плавнее чем когда не применение сплайнов.

### **Выводы**

Проектирование профиля скважин с помощью метода сплайнов позволяет более плавно сопрягать вертикальные участки с участками стабилизации скважины путем использования переменной интенсивности искривления. Современная технология направленного бурения позволяет использовать предлагаемый подход проектирования профиля.

### **Список литературы**

1. Справочное пособие «Инженерные расчеты при бурении скважин» Р.А. Ганджумян, А.Г. Калинин, Б.А. Никитин.
2. «Инклинометрия скважин» В.Х. Исаченко.
3. «Технологии и технологические средства бурения искривлённых скважин» Овчинников В.П.
4. «Кубическая сплайн-интерполяция MathCAD 12 руководство» [http://www.radiomaster.ru/cad/mc12/glava\\_13/index04.php](http://www.radiomaster.ru/cad/mc12/glava_13/index04.php).

УДК 519.6

## **ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ СКВАЖИН**

Резанов А.С. студент гр. НДб-12-1, Ламбин А.И. доцент каф. НГД, ИРНТУ, г. Иркутск

### *Введение*

В последние десятилетия стали разрабатываться месторождения нефти и газа, расположенные в труднодоступных местностях – на море, в заболоченной местности, в условиях вечной мерзлоты и др. Примерами могут служить Приразломное нефтяное месторождение, месторождения газа на Ямале и Штокмановское газоконденсатное месторождение, освоение которых предстоит в бли-

жайшие годы. Такие месторождения разрабатываются с помощью кустов наклонных и горизонтальных скважин.

Строительство морских платформ требует значительных капиталовложений, поэтому с одной платформы бурится столько скважин, сколько возможно. Современные технологии позволяют бурить с одного куста более 80 скважин с пространственными профилями. Проектирование пространственных профилей является сложной задачей, требующей применения математических моделей для всех случаев, практически невозможно. Поэтому необходим комплекс моделей, предназначенных для применения в различных ситуациях. Так, при необходимости снизить стоимость бурения скважины или уменьшить износ оборудования следует использовать оптимизационные модели.

До недавнего времени, когда в кусте было 3–4 скважины, проектировались в основном плоские профили, поэтому разводка скважин на безопасное расстояние не представляла сложной проблемы и решалась без применения математических моделей. Различные типы плоских профилей (S-образные, J-образные и другие) хорошо изучены и подробно описаны в литературе. Пространственные профили изучены – сравнительно мало. Описанные в литературе математические модели не позволяют получить оптимальный пространственный профиль, и обладают существенным недостатком: они содержат итерационные процедуры вычисления параметров проективных траекторий скважин. комплексы, позволяющие проектировать пространственные профили наклонных и горизонтальных скважин, такие как COMPASS™ (Halliburton), Drilling Office (Schlumberger) и другие. Эти программы дают возможность вычислять расстояния между стволами и моделировать сценарии расположения траекторий.

#### *Необходимость применения программ для построения траекторий скважин*

Основные задачи, которые решаются при помощи программных продуктов:

- точное попадание забоя скважины в заданную точку;
- соблюдение проектного профиля скважины;
- бурение многоствольных скважин;
- моделирование сценариев расположения скважин, позволяющих избежать их пересечения.

#### *Программные продукты*

##### *KellyDown(Agilis Software)*

KellyDown является программным продуктом, созданным специально для планирования и координирования направленного бурения на буровой площадке или в офисе буровой компании. Его главное преимущество по сравнению с аналогичными продуктами является его полный список функций в сочетании с его удобным интерфейсом.

При бурении используется для координирования наклонно-направленного бурения для достижения оптимальной траектории скважины, а также для тестирования на близость соседних скважин.

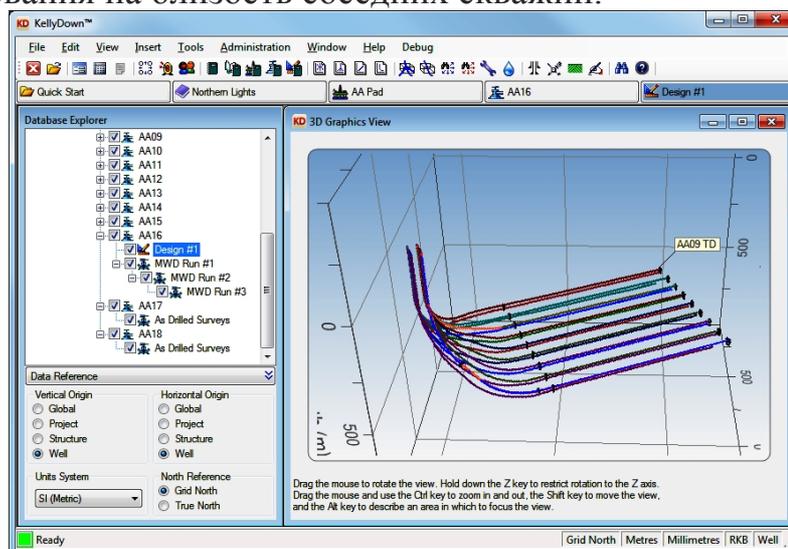


Рис. 1. Интерфейс KellyDown

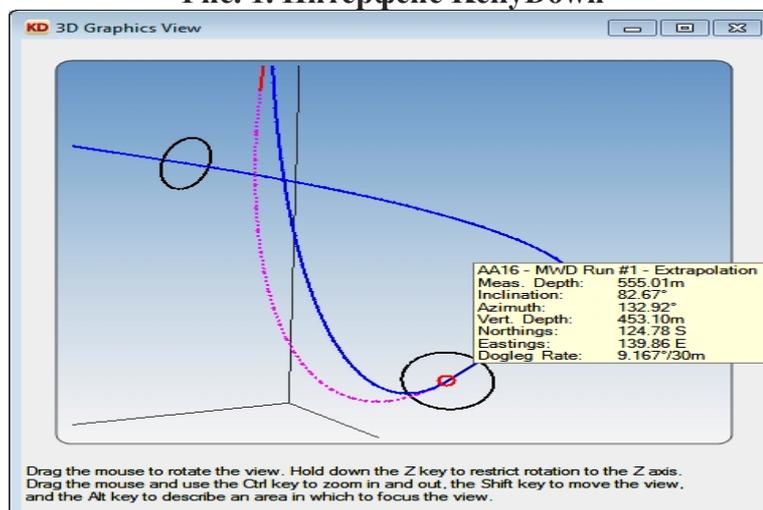


Рис. 2. KellyDown. Проектная и фактическая траектория через точку входа в пласт

На рис. 1 изображен интерфейс программы KellyDown на английском языке. На изображении показан проект кустового бурения из 8 скважин. На рис. 2 изображены проектная и фактическая траектория через точку входа в пласт, где фактическая траектория корректировалась по ходу бурения.

#### *Drilling Office (Schlumberger)*

Программа Drilling Office представляет собой современный программный комплекс, состоящий из отдельных модулей, которые позволяют проектировать и оптимизировать процессы бурения на этапе строительства скважин.

Модули Drilling Office используются как при проектировании, так и при бурении скважин.

Важной особенностью пакета программ Drilling Office является возможность корректировать способы, режимы бурения, конструкции и компоновки буровой колонны, ее оснастки с учетом фактических данных. Это позволяет не только качественно оптимизировать процессы бурения, но и

своевременно предупредить возможные аварийные ситуации при строительстве скважин. Модули Drilling Office содержат встроенный помощник графических функций, каталог стандартного оборудования со списком компонентов. Благодаря этому существует возможность пополнения каталога тем оборудованием, которое использует пользователь. Интерфейс программы на рис. 3 и 4.

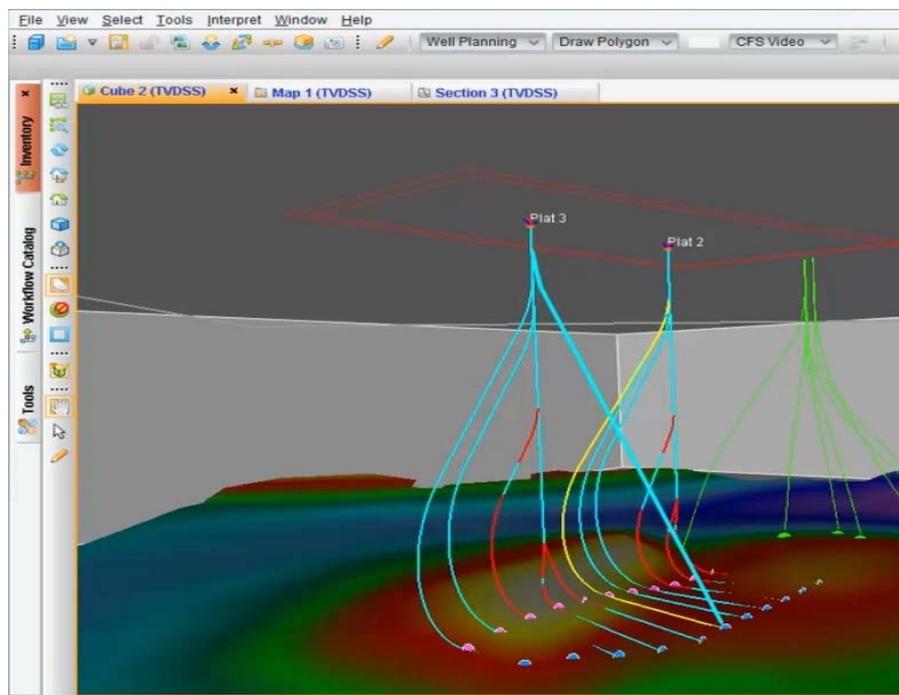


Рис. 3. Интерфейс Drilling Office

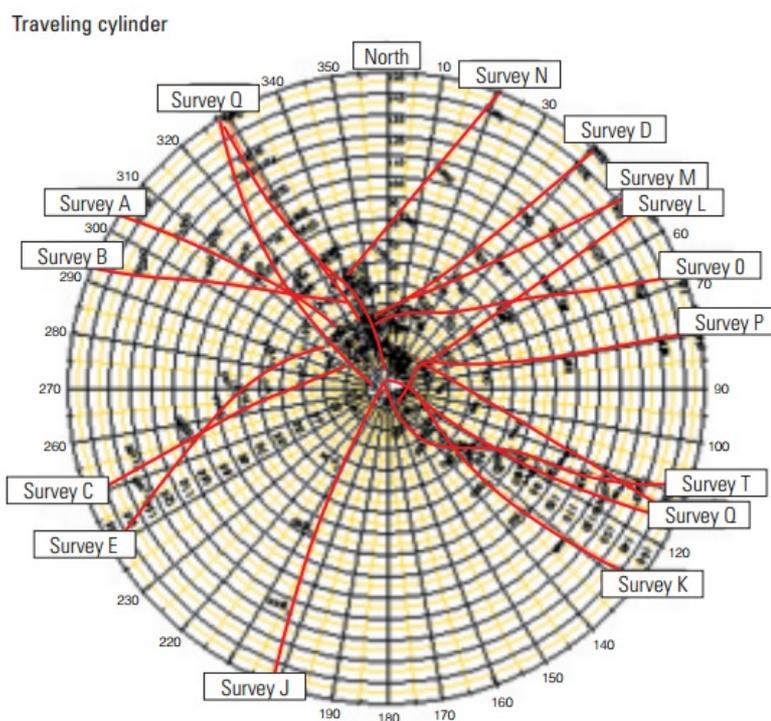


Рис. 4. Горизонтальная проекция куста скважин в Drilling Office COMPASS(Halliburton)

Соблюдение правильной траектории скважины во время бурения является очень важным моментом, обеспечивающим безопасность и успешность операции.

Также при бурении необходимо учитывать свойства горных пород, крутящий момент и трение бурильного инструмента о стенки скважин, стоимость, влияние расположения существующих скважин на потенциальные проблемы при бурении, оптимальную траектория скважины.

Разработанный как для добывающих компаний-заказчиков, так и для сервисных буровых компаний-подрядчиков, программный продукт COMPASS™ способен помочь при планировании наклонно-направленных скважин, обработать данные по управлению процессом и провести анализ по предотвращению столкновения, направляя долото точно к цели.

COMPASS может быстро оптимизировать траектории скважин, основываясь на стоимости, крутящем моменте буровой колонны или предотвращении столкновения забоев скважин. В случае бурения с целью уплотнения сетки скважин, приложение может автоматически порекомендовать наиболее приемлемые варианты бурения боковых стволов, экономя время на расчет анализа ошибок. На рис. 5 и рис. 6 изображен интерфейс программы.

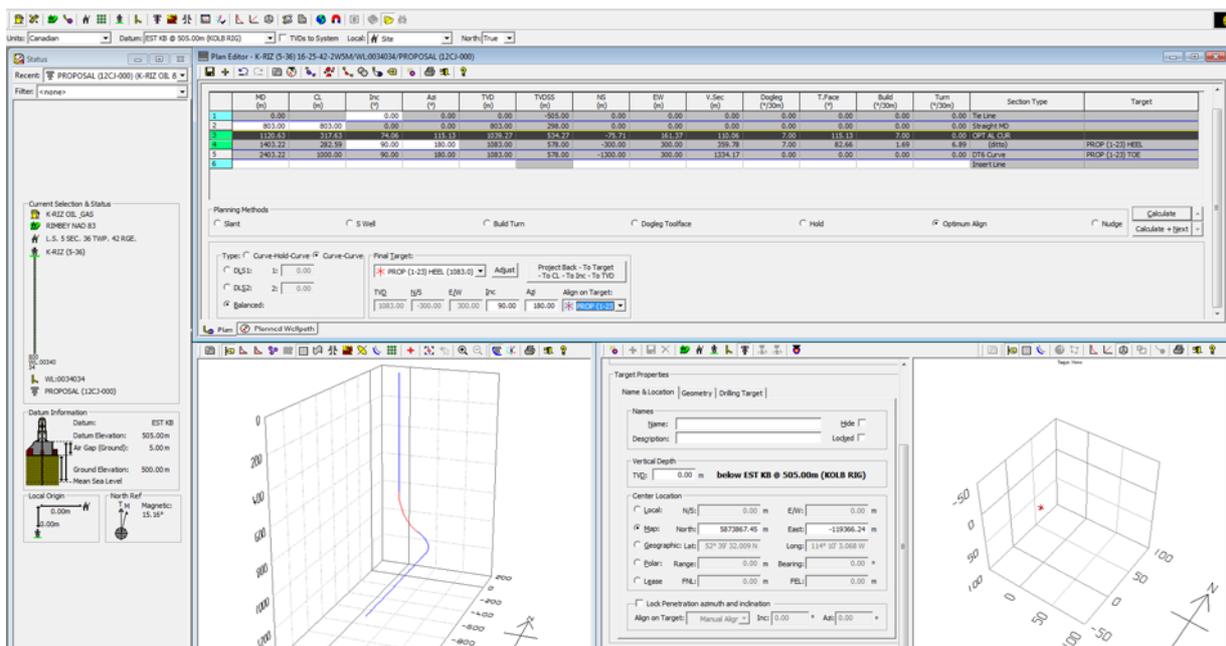


Рис. 5. Интерфейс COMPASS

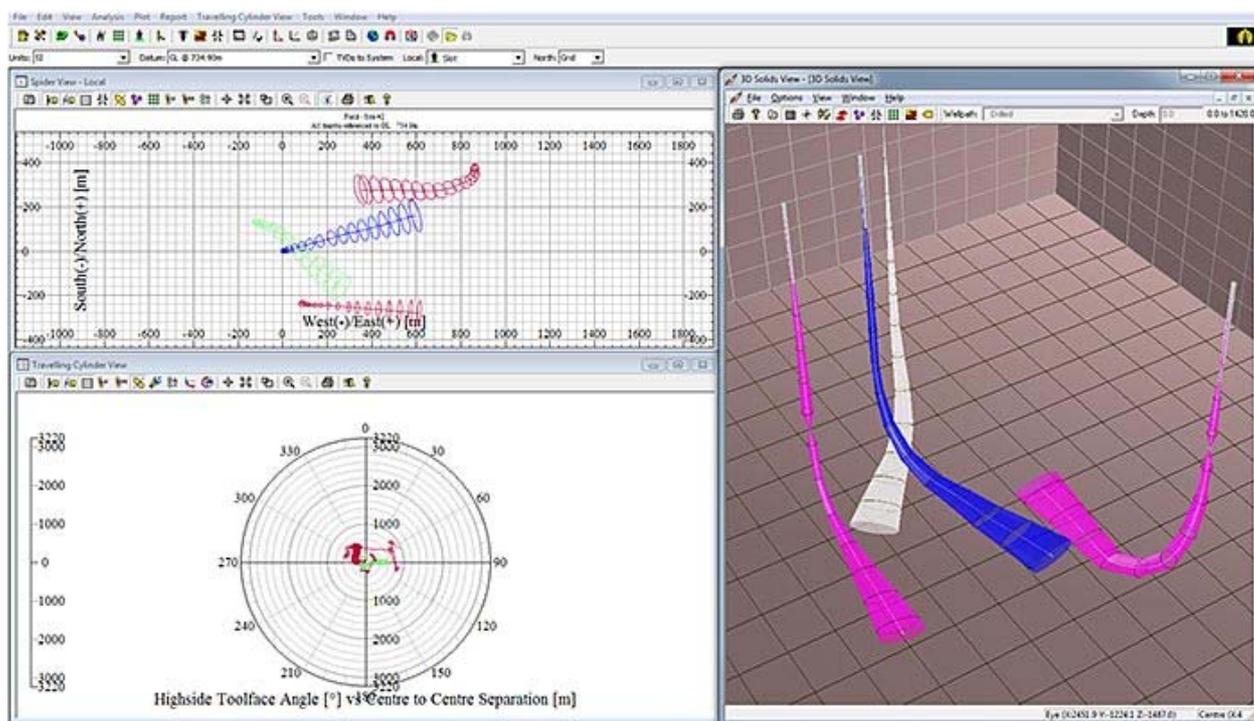


Рис. 6. Интерфейс COMPASS

### Вывод

В современном мире использование буровых программ является незаменимым способом получить экономически выгодные, надежные наклонно-направленные, горизонтальные и многоствольные скважины. Благодаря использованию программных продуктов снижается риск возникновения проблем в процессе бурения, значительно сокращаются затраты времени на принятие оперативных решений дальнейшего развития технологического процесса.

### Список использованных источников

- 1) <http://www.software.slb.com/>
- 2) <http://halliburton.com/>
- 3) <http://www.kellydown.ca/>
- 4) Аузин А.А., Глазнев В.В. Современная технология проектирования и построения траекторий скважин наклонно-направленного бурения. //Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2000.

**Секция «ГОРНОЕ ДЕЛО И ОБОГАЩЕНИЕ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

УДК 622-1/9

**О ВОЗМОЖНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО НОРМАТИВНЫЙ СРОК**

Осипов А.В., преподаватель ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», факультет СПО ГРТ

В настоящее время в организациях в эксплуатации находится значительное количество оборудования (экскаваторов, буровых установок, бульдозеров и др.) отработавшего 10–20 и более лет. Доля такого оборудования по России составляет по разным оценкам более 50 процентов, аналогичная ситуация и в Иркутской области. Экскаваторы и буровые станки на угледобывающих предприятиях отработали более 20–25 лет. Аналогичная картина и на золотодобывающих предприятиях: драги отработали 25–30 лет экскаваторы более 25 лет. Буровые установки в нефтегазодобывающих организациях отработали 10–15 лет.

В соответствии со ст. 7,8 Ф.З. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями на 4 марта 2013 года) организации должны проводить экспертизу промышленной безопасности технических устройств отработавших нормативный срок и разрабатывать обоснование безопасности. В соответствии со ст. 3 Закона в случае, если при эксплуатации, капитальном ремонте, консервации или ликвидации опасного производственного объекта требуется отступление от требований промышленной безопасности, установленных федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности, таких требований недостаточно и (или) они не установлены, могут быть установлены требования промышленной безопасности к его эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации в обосновании безопасности опасного производственного объекта.

Обоснование безопасности опасного производственного объекта – документ, содержащий сведения о результатах оценки риска аварии на опасном производственном объекте и связанной с ней угрозы, условия безопасной эксплуатации опасного производственного объекта, требования к эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации опасного производственного объекта;

Аналогичные требований предусмотрены в Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" утверждены Приказ Ростехнадзора от 12.03.2013 № 101. "Правила БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ И ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ" Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому

технологическому и атомному надзору от 11.12.2013 № 599 является экспертиза промышленной безопасности оборудования отработавшего нормативный срок.

В связи с этим актуальным становится вопрос определения остаточного ресурса такого оборудования, которое является основным документом при определении возможности эксплуатации оборудования.

Согласно ГОСТ27.002-89, ресурсом называется наработка оборудования от начала его эксплуатации или ее возобновление после ремонта до перехода в предельное состояние при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Предельное состояние- состояние оборудования при котором невозможна его дальнейшая эксплуатация по конструктивным, техническим, экономическим критериям или критериям безопасности, которые установлены в нормативно-технической документации. Ресурс оборудования до и после первого капитального ремонта указан в Положении о системе ППР оборудования и транспортных средств и инструкции завода изготовителя.

Причиной достижения предельного состояния металлоконструкций, механизмов и узлов являются: хрупкое разрушение металла, при этом наблюдаются трещины как правило в наиболее нагруженных местах: проушины, места соединения; изнашивание: уменьшение толщины более предельной установленной паспортными данными; пластичная деформация: прогибы несущих конструкций: рамы, стрелы, мачты на величину более предельной, уменьшение твердости, разрушение поверхностных и внутренних слоев металла.

Определение вышеперечисленных предельных состояний достигается применением: вибродиагностического контроля, визуального контроля, вихретокового контроля, нивелирования, ультразвуковой дефектоскопии, замера твердости металлоконструкций, замера толщины элементов. Указанные замеры должны выполнять специально обученные и аттестованные работники.

Особого внимания заслуживает определение остаточного ресурса конструкций подверженных коррозии. Коррозия – это разрушение металла в следствии взаимодействия его с коррозионной средой. Коррозионный износ – процесс изменения толщины элемента металлоконструкции по причинам коррозии.

Остаточный ресурс металлоконструкций, подвергающихся коррозии можно определить по формуле:

$$T_k = (V_f - V_p) / a, \text{ где}$$

$V_f$  – фактически измеренная величина элемента;

$V_p$  – минимально допустимая величина элемента;

$a$  – скорость коррозии мм/год.

Остаточный ресурс технического устройства по наработке определяется по формуле:

$$T_{\text{ост.}} = (N_{\text{норм.}} - N_{\text{ф}}) / N_{\text{ср.г.}}, \text{ где}$$

$T_{\text{ост.}}$  – остаточный ресурс технического устройства, лет;

$N_{\text{норм.}}$  – нормативная наработка экскаватора согласно НТД, млн м<sup>3</sup>, или метров;

$N_{\text{ср.г.}}$  – среднегодовая фактическая наработка технического устройства, млн м<sup>3</sup>, или метров;

$N_{\text{ф}}$  – фактическая наработка технического устройства, млн м<sup>3</sup> млн.

Нормативная наработка определяется по формуле:

$$N_{\text{норм.}} = N_{\text{норм. год.}} \times N_{\text{экспл.н}}, \text{ где}$$

$N_{\text{норм. год.}}$  – нормативная производительность технического устройства в год, равная 1,3 млн м<sup>3</sup>;

$N_{\text{экспл.}}$  – срок службы (работы) технического устройства, лет;

$N_{\text{экспл.н}}$  – нормативный срок службы, лет (15).

Среднегодовая наработка определяется по формуле;

$$N_{\text{ср.г.}} = N_{\text{ф}} / N_{\text{экспл.}}$$

Расчет остаточного ресурса по наработке.

Нормативная производительность технического устройства.

$$N_{\text{норм.}} = N_{\text{норм. год.}} \times N_{\text{экспл.н}}$$

Среднегодовая наработка.

$$N_{\text{ср.г.}} = N_{\text{ф}} / N_{\text{экспл.}} \text{ млн. м}^3.$$

Остаточный ресурс экскаватора по наработке.

$$N_{\text{ост.}} = (N_{\text{норм.}} - N_{\text{ф}}) / N_{\text{ср.г.}}$$

Проведя анализ проектной документации результатов ультразвуковой дефектоскопии, вихревого контроля, замера твердости металлоконструкций, замера толщины элементов металлоконструкций, результатов вибродиагностики и нивелирования и после проведенных расчетов можно делать вывод о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования отработавшего нормативный срок установленный заводом изготовителем. При этом принимается во внимание Остаточный ресурс технического устройства по наработке и ресурс металлоконструкций, подвергающихся коррозии.

Для буровых установок нормативный срок определен заводом изготовителем 10–12 лет, для экскаваторов 15–20 лет в зависимости от типа экскаватора.

В соответствии с Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 г. № 538 г. Москва "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила проведения экспертизы промышленной безопасности" Техническое диагностирование, неразрушающий контроль или разрушающий

контроль технических устройств проводится для оценки фактического состояния технических устройств в следующих случаях:

- при проведении экспертизы по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем, либо при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет;
- при проведении экспертизы после проведения восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство;
- при обнаружении экспертами в процессе осмотра технического устройства дефектов, вызывающих сомнение в прочности конструкции

По результатам проведения технического диагностирования, неразрушающего контроля, технических устройств, составляется акт о проведении указанных работ, и делаются выводы

1) объект экспертизы соответствует требованиям промышленной безопасности;

2) объект экспертизы не в полной мере соответствует требованиям промышленной безопасности и может быть применен при условии внесения соответствующих изменений в документацию или выполнения соответствующих мероприятий в отношении технических устройств (указываются изменения, после внесения которых документация будет соответствовать требованиям промышленной безопасности, либо мероприятия, после проведения которых техническое устройство будут соответствовать требованиям промышленной безопасности);

3) объект не соответствует требованиям промышленной безопасности.

По результатам экспертизы технического устройства, опасных производственных объектов в заключении экспертизы дополнительно приводятся расчетные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния объекта экспертизы, включающие определение остаточного ресурса (срока службы) с отражением в выводах установленного срока дальнейшей безопасной эксплуатации объекта экспертизы, с указанием условий дальнейшей безопасной эксплуатации.

Считаю, что эксплуатация оборудования отработавшего нормативный срок связана с риском возникновения аварийных ситуаций, поэтому комиссионные обследования оборудования с целью определения возможности его дальнейшей эксплуатации должны проводиться не реже 1 раза в год, окончательное решение о возможности применения оборудования должен принимать технический руководитель эксплуатирующей организации.

УДК 622.235.43

**БОРЬБА С ЛЕДЯНЫМИ ЗАТОРАМИ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА ПРИ ПОМОЩИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

Шин О.М., Кононенко С.Р., ИРНИТУ, факультет СПО, ГРТ

В статье приведены основы действия взрыва в воде, методы взрывных работ по разрушению льда при угрозе затопления, рассмотрены современные направления способов предварительного ослабления ледяного покрова с помощью взрывных работ.

Вода является практически несжимаемой упругой средой; коэффициент ее сжатия равен 0,00005, т. е. в 20–30 тыс. раз меньше сжатия воздуха. Кроме того, вода, плотнее воздуха приблизительно в 800 раз. Эти свойства определяют особенности подводного взрыва. Вода увеличивает дальность действия взрыва, так как гидроударные волны (ГУВ) в воде передаются на значительно большее расстояние, чем в воздухе, а также приглушает звуковой эффект и уменьшает радиус действия ударной воздушной волны. Звуковой эффект и воздушная волна уменьшаются с увеличением глубины погружения заряда в воду. Зона разрушающего действия взрыва на ледяную поверхность определяется массой и конструкцией заряда, а также его положением по отношению к поверхности льда. Взрыв небольшого заряда без забоечного материала на поверхности толстого льда производит значительное разрушение, образуется воронка, вокруг которой создается зона раздробленного и трещиноватого льда. Взрыв характеризуется большой воздушной ударной волной, сопровождающейся значительным звуковым эффектом.

Еще более эффективен взрыв заряда в толще льда с забоечным материалом. При этом, как правило, образуется сквозное отверстие и разрушается большая площадь льда. Воздушная волна и звуковой эффект уменьшается, а радиус разлета льда увеличивается.

Взрыв подводного заряда, расположенного на оптимальной глубине, образуя майну, разрушает площадь ледяного покрова, в 1,5–2 раза большую, чем взрыв того же заряда в толще льда [1]. Если эффективность взрыва характеризовать объемом разрушенного льда, отнесенного к единице массы заряда, то он равен для внутренних зарядов рыхления (при взрывании сплошных ледяных массивов уступами) 2,2 м<sup>3</sup>/кг; подводных 7,8 м<sup>3</sup>/кг. Объясняется это тем, что ледяной покров расположен на пути распространения разрушительной силы взрыва (в том числе и газового пузыря), направленной больше в сторону менее плотной среды – воздуха и, следовательно, ледяного покрова. Эффект подводного взрыва увеличивается, если заряд взрывается на дне (или недалеко от него) так при этом часть энергии отражается от грунта. При определении воздействия ГУВ массу заряда, лежащего на дне (по сравнению с подвешенным в воде) увеличивают в 1,3–1,5 раза. Во время массового взрыва подводных зарядов эффект взрыва увеличивается за счет наложения ГУВ сосредоточенных зарядов.

Разрушительное действие взрыва в большей степени зависит и от числа свободных сторон (кромки) раскалываемой льдины: чем их больше, тем на большей площади раскалывается лед от взрыва заряда. При взрыве одиночных зарядов в зажиме расстояние между зарядами принимают равным  $(4-5) W$ . При взрыве тех же зарядов в льдине с двумя свободными сторонами расстояние между зарядами увеличивают примерно в 2 раза, в результате чего площадь раскалываемого льда возрастает в 4 раза. При взрыве заряда на поверхности льда или в его толще образуются мелкие осколки льда, а при подводном взрыве благодаря водяной подушке между зарядом и ледяным покровом – осколки более крупные.

Во время взрыва подводного заряда образуется фонтан воды высотой 20–30 м, выбрасываемый вместе с осколками льда и газообразными продуктами взрыва. Чем больше масса заряда, тем выше фонтан, круче его очертание и дальше разлет осколков льда. От взрыва сосредоточенного подводного заряда образуется майна диаметром, в 3–8 раз большим глубины погружения заряда в воду. Взрыв заряда независимо от его расположения по отношению к поверхности льда образует зоны выброса, рыхления и сотрясения.

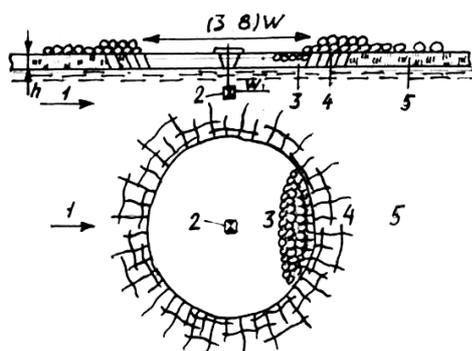


Рис. 1. Зона действия взрыва подводного заряда:

1 – направление течения; 2 – заряд

Зона выброса включает в себя майну, из которой лед выбрасывается взрывом. Осколки льда частично падают обратно в майну.

Зона рыхления – площадь льда, разрушенного на большие куски, не поднимаемые взрывом, и расколотого трещинами, расположенными в радиальном и кольцевом направлениях. Разрушение льда и размер трещин наибольшие у краев майн. Радиальные трещины при раскалывании льдин со свободными кромками имеют длину до нескольких десятков метров. В зоне рыхления располагается основная масса осколков льда, выброшенных взрывом.

Зона сотрясения охватывает площадь, на которой ледяной покров подвергается только колебанию без разрушения. В этой зоне частично располагаются осколки льда, выброшенные взрывом. Радиус зоны сотрясения может достигать нескольких сот метров. Граница зоны выброса видна отчетливо. Границу же зоны рыхления, и тем более зоны сотрясения, визуально установить невозможно.

**Основная опасность** затора льда заключается в значительном подъеме уровня воды в реке, при котором вода выходит из берегов и затопляет прилегающую местность. В общем случае заторы нельзя ликвидировать, их

можно лишь несколько ослабить или переместить в другое место. При борьбе с заторными наводнениями основное, к чему необходимо стремиться – это регулирование стока ледового материала. Широко применяется на практике, особенно для защиты мостов, предварительное ослабление ледового покрова.

Предварительное ослабление ледового покрова применяется довольно часто путем взрывов за 10–15 дней до вскрытия реки [2]. Наибольший эффект достигается при закладке зарядов на некоторую глубину под ледяным покровом – тем большую, чем толще ледяной покров. При толщине льда 0,5; 1,0; 1,5 м значения глубины закладки зарядов находятся соответственно в диапазонах 1,0–1,5; 2,0–2,5; 3,0–3,5 м.

Затор на широких реках разрушают, дробя его постепенно снизу - вверх по течению. Разрушение затора следует начинать с подрыва ледяных полей ниже затора. Подрывы льда начинают вдоль берегов. Ледяные поля раскалывают взрывами подводных зарядов, проводя взрывы сериями против течения. Условия и средства разрушения ледяного покрова, масса подводных зарядов и расстояние между ними приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия и средства разрушения ледяного покрова подрывом

Толщина ледяного покрова, м	Масса зарядов, кг	Глубина заложения зарядов под лед, м	Расстояние между зарядами, м	Количество рядов зарядов	Расстояние между рядами, м
0,4–0,5	1,2	1,0–1,5	5–7	1	–
0,6	1,8	1,5–2,0	4–6	3	10
0,8–0,9	2,6	2,0	4–5	3	5–10
1,0–1,1	3,6	2,0	4	3	5

Ряды заложения зарядов располагают по поперечным створам, расположенным на расстоянии в половину ширины русла реки. Если затор не потерял устойчивости после разрушения ледяных полей, то производится серия взрывов вдоль берегов, либо на середине в пределах нижней, наиболее уплотненной части затора. Если и после этого затор останется на месте, следует произвести серии взрывов вдоль берега. На узких и средних реках лед подрывают сверху вниз по течению или одновременно по длине затора.

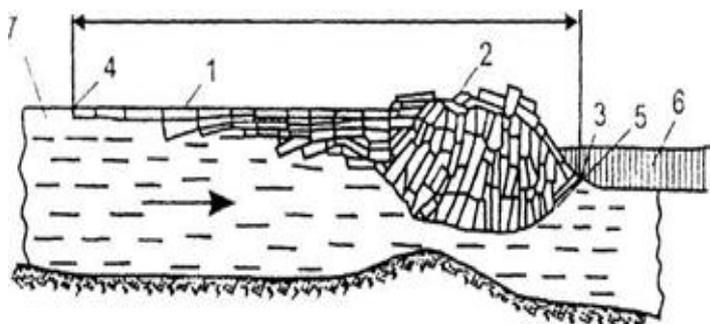


Рис. 2. Продольный разрез затора

- 1 – хвостовая часть (хвост) затора;
- 2 – головная часть (голова) затора;
- 3 – нижняя кромка (нижняя граница) затора;
- 4 – верхняя кромка (верхняя граница) затора;
- 5 – замок затора;
- 6 – не вскрытый ледостав;
- 7 – открытая вода

Для разрушения многослойных заторных масс применяются заряды массой не менее 30 кг, которые спускаются в воду между льдинами.

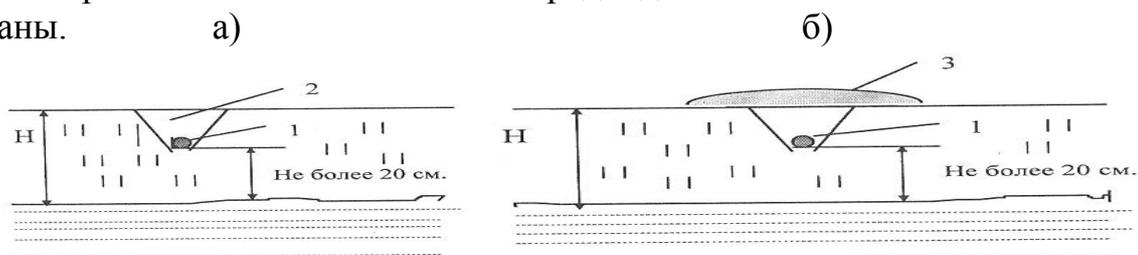
Разрушение льда в ледяном покрове производят сосредоточенными подледными зарядами, удлиненными зарядами, расположенными в толще льда и удлиненными зарядами, укладываемыми на поверхности льда.

При разрушении льда сосредоточенными подледными зарядами, вес зарядов и наиболее выгодную глубину их погружения в воду, считая от поверхности ледяного покрова, определяют в зависимости от требуемого диаметра (ширины) полыньи и толщины льда.

Расстояние между зарядами и рядами принимают в 5–6 раз больше глубины их погружения. Подледными сосредоточенными зарядами могут быть: тротиловые шашки, заряды из пластичных ВВ и другие промышленные ВВ.

Заряды опускаются под лед через лунки, которые бурятся механическими или электрическими ледобурами, пешнями, ломami или взрывами малых зарядов ВВ. Во избежание всплывания зарядов к ним привязывается груз.

Удлиненные заряды готовятся заблаговременно из пяти нитей детонирующего шнура (ДШ), перевязываемых шпагатом через 30–40 см. Для удобства применения изготовленные заряды длиной по 100 м наматываются на барабаны.



**Рис. 3. Конструкция удлиненных зарядов:**

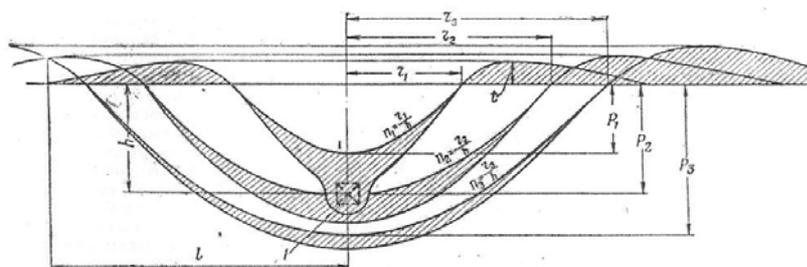
а) заряд затоплен водой; б) заряд засыпан мокрым снегом.

1 – удлиненный заряд; 2 – вода; 3 – мокрый снег; Н – толщина льда

Удлиненные заряды из детонирующего шнура укладываются в вырубленные во льду борозды, которые затем заливаются водой или забиваются мокрым снегом. Вода в борозду поступает через лунки, пробитые в борозде через 30–50 см. Для эффективности действия заряда необходимо, чтобы от дна борозды до нижней поверхности льда было не более 20 см. При толщине льда менее 20 см удлиненный заряд из ДШ укладывают на поверхности льда и прикрывают валиком из мокрого снега.

Для разрушения льда могут применяться удлиненные заряды из ДШ, укладываемые на поверхности льда [3]. При толщине льда до 35 см одна нить удлиненного заряда весом 1 кг/п. м. разрушает лед в полосе шириной 1,5–3,5 м. Для образования полосы большей ширины нити удлиненных зарядов укладывают параллельно друг другу на расстоянии 2–4 м. Рекомендуется проводить пробные взрывы для определения оптимальных расстояний между нитями ДШ. При наличии снежного покрова для укладки зарядов на лед в снегу устраивают борозды.

В случае подрыва сплошных, ледяных массивов сосредоточенные заряды закладываются в сделанных во льду колодцах, глубиной до 2 м. Вес таких зарядов определяется в зависимости от величины показателя действия взрыва « $n$ », который характеризует разрушительное действие взрыва заряда, заложенного в грунт или скальную породу и представляет собой отношение радиуса « $r$ », половины ширины воронки к линии наименьшего сопротивления « $h$ ». Схема воронок выброса при различных значениях показателя действия взрыва показана на рис. 4.



**Рис. 4. Схема воронок выброса при различных значениях показателя действия взрыва:**  
1 – положение заряда

### **Выводы.**

При угрозе затопления наиболее рационален способ предварительного ослабления ледяного покрова с помощью взрывных работ. Ледокольные взрывные работы имеют специфические особенности и в отдельных случаях более сложны, чем взрывные работы, проводимые на суше.

1. Необходимо знать места образования заторов льда, наиболее характерные уровни воды, время начала и конца подвижек льда и ледохода, скорость течения воды и особенности вскрытия реки.

2. Работы по раскалыванию ледяного покрова нецелесообразно проводить после подъема воды на величину примерно не менее трех размеров толщины льда, когда он отрывается от берегов. При этом образуются закраины и даже полыньи, увеличивающие эффективность взрывных работ и снижающие их трудоемкость. Рекомендуется приступать к работе с наступлением устойчивой оттепели, когда образуются закраины (примерно не ранее чем за 10, но не позже чем за 2...3 сут. до первой подвижки льда).

3. Взрывы проводят в направлении, противоположном течению, а при слабом течении или при отсутствии его – с подветренной стороны (против ветра), так как при этом отколотые льдины уносятся в полынью или закраину. В результате последующие взрывы происходят в меньшем зажиме, что увеличивает их эффективность.

4. Способ опускания зарядов под лед не зависит от вида выполняемых работ и способа взрывания зарядов. Он определяется толщиной льда, скоростью течения, глубиной воды, способом подготовки лунок. Чаще всего заряд опускают под лед на крепком шпагате (веревке, проволоке), свободный конец которого привязывают к перекладине (планке, палке), уложенной поперек лунки.

### **Список использованных источников**

1. Справочник спасателя. Книга 10. Производство взрывных работ при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в различных чрезвычайных ситуациях. Москва, 1999 г.
2. ВСН 028 – 70. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда.
3. [http://www.itcspr.ru/uslugi/vedenie\\_specialnyh\\_vzryvnyh\\_rabot/](http://www.itcspr.ru/uslugi/vedenie_specialnyh_vzryvnyh_rabot/)Разрушение льда.

УДК 622.235.43

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИНИЦИИРОВАНИЯ**

Шин О.М., Кононенко С.Р., факультет СПО, ГРТ, ИРНИТУ, г. Иркутск

В современных неэлектрических системах инициирования передачу энергии от внешнего источника к детонаторам осуществляют с помощью волноводов, полого пластикового шнура различных конструкций. Хорошо зарекомендовала себя система неэлектрического взрывания СИИВ.

Дальнейшее развитие неэлектрических систем инициирования представлено закрытым акционерным обществом ВСИ "Высокотехнологичные системы инициирования", которое является российским филиалом европейского лидера в области систем инициирования Union ExpLosivos – Ensign Bickford (UEB)[1]. ВСИ производит неэлектрические детонаторы Примадет<sup>®</sup> по лицензии компании UEB. Применяемая ударная трубка представляет собой пластиковую трубку малого диаметра, с нанесенным на внутреннюю поверхность канала трубки тонкого слоя реагирующего материала (около 15 миллиграмм на 1 п/м). При инициировании ударная трубка надежно передает низкоэнергетический иницирующий импульс со скоростью 2000 м/с от точки инициирования к противоположному концу. Ударная волна такого типа подобна взрыву пыли, которая распространяется по трубке, расположенной под любым углом и содержащей различного рода узлы и петли. Детонация поддерживается таким малым количеством реагирующего материала, что наружная поверхность ударной трубки не претерпевает никаких изменений, после прохождения иницирующего импульса. На способности ударной трубки передавать иницирующий импульс не отражается направление, более того, соприкосновение ударных трубок и их пересечение не приводит к передаче импульса от одной трубки к другой. Ударная трубка, как неэлектрическая система, не передает иницирующего импульса при воздействии высокочастотного радиоизлучения, статического электричества и блуждающих токов, открытого огня, при трении и ударе в нормальных условиях горнодобывающего предприятия. Неэлектрический детонатор Примадет<sup>®</sup> ВСИ – высоконадежное и точное по времени срабатывания средство инициирования. Детонатор состоит из: (1) заряд на основе бризантного ВВ, детонатор Примадет<sup>®</sup> по инициализирующей способности соответствует детонатору №8; (2) иници-

рующий заряд, который получает инициирующий импульс от замедляющего состава и передает его к заряду из бризантного ВВ; (3) алюминиевый корпус – содержит пиротехническую смесь, обеспечивающую замедление времени срабатывания детонатора. Зажигательный состав, размещенный в верхней части корпуса, получает импульс от ударной трубки и служит для инициирования замедляющего состава; (4) Буфер замедления инициирования выполняет три основных функции: а) Равномерно распределяет энергию от ударной трубки по всей поверхности зажигательной композиции и, таким образом, повышает точность времени замедления детонатора; б) Предотвращает отказы в линии замедления; в) Предотвращает обратное инициирование ударной трубки от собственного детонатора. Это свойство, особенно важно для изделий серии EZ Det®. (5) Полупроводящая резиновая пробка выполняет две основные функции: а) Обеспечивает герметичность детонатора. б) Обеспечивает снятие зарядов статического электричества с корпуса детонатора (проверяется на напряжении 20 кV).

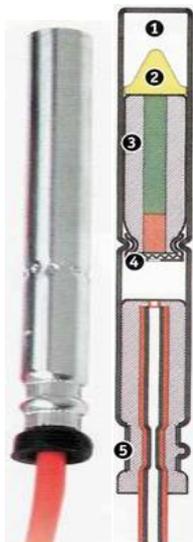


Рис. 1. Детонатор неэлектрической системы Примадет

К каждому детонатору прикреплен соединитель J-hook, который обеспечивает быстрое и надежное соединение трубки с детонирующим шнуром. Конец ударной трубки герметично заварен с помощью ультразвуковой сварки для предотвращения проникновения воды и увлажнения канала трубки. Каждое изделие имеет водо- и износостойкую бумажную бирку с указанием серии и номинала замедления. Примадет® серии MS, это миллисекундная серия (MS) может быть использована в большинстве случаев взрывных работ на земной поверхности. Она имеет периоды замедления с шагом 25 и 50 миллисекунд и может иметь ударные трубки любой желаемой длины. Изделия Примадет® серии MS идентифицируются по оранжевой окраске ударной трубки и биркой белого цвета с надписями красного цвета. Периоды замедления с шагом 25 и 50 мс Примадет® серии MS.

Особенность каждого изделия заключается в наличии соединителя J-hook для простоты соединения с магистральной линией детонирующего шнура. Примадет® серии LP с большими периодами замедления специально разработана для работ в подземных условиях. Времена замедления значительно выше, чем у серии MS, что позволяет разрушенным скальным породам перемещаться, создавая свободные поверхности. Периоды замедления с шагом 100 и 1000 мс Примадет® серии LP. Изделия Примадет® серии LP [2] могут быть также инициированы пучком от детонирующего шнура.



Рис. 2. Примадет® серии LP

1. Группировка ударных трубок (не более 20 штук) в пучок. 2. Туго обжать пучок трубок, идущих из шпурави обмотать их липкой лентой. 3. На расстоянии примерно 1 метр вторично обмотать пучок липкой лентой. 4. По середине пучка, между двумя обмотанными частями, присоединить детонирующий шнур принятыми в практике узлами. 5. Этот метод может быть повторен для любого количества пучков. 6. Объединить все пучки детонирующим шнуром.

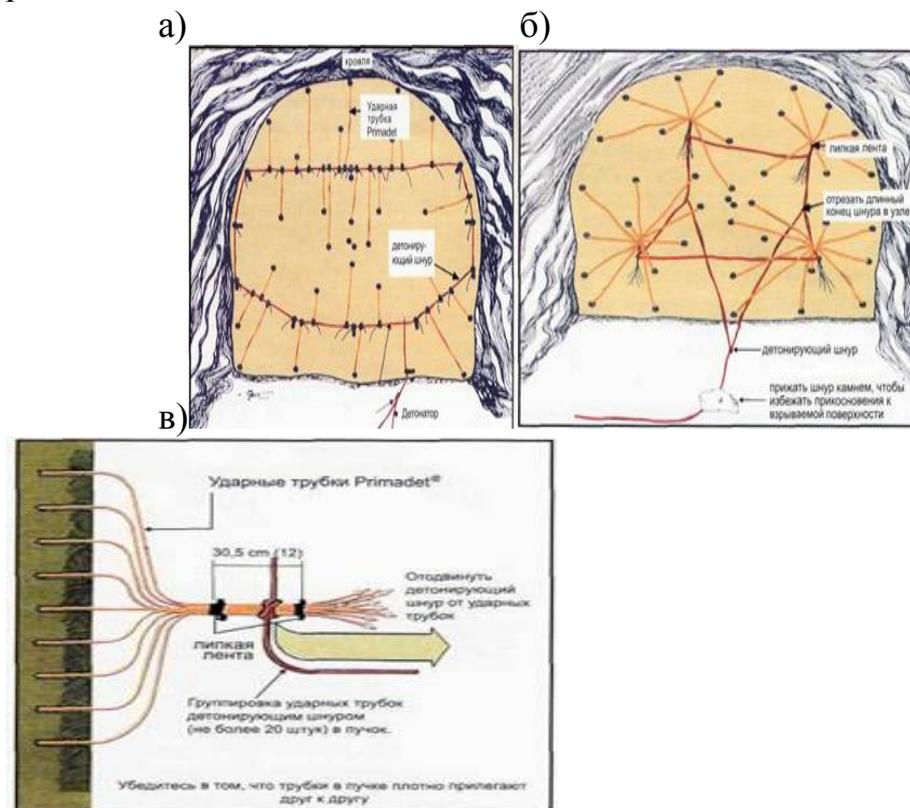


Рис. 3. а) Примадет® серии LP с детонирующим шнуром и соединением J-hook; б) и в) – метод подрыва пучком

Неэлектрическая система Примадет® серии EZ Det® содержит скважинный детонатор и поверхностный микрокапсюль с замедлителем. Более того, поверхностный микрокапсюль помещен в корпус соединителя, соответствующего лучшим мировым стандартам, который обеспечивает простоту и надежность соединения. Изделия Примадет® EZ Det® идентифицируются по оранжевой окраске ударной трубки. Бирка с указанием замедления белого цвета с нанесенными красными надписями и соединитель окрашен в соответствии с кодом времени замедления. В этой серии используются следующие компоненты: (1) скважинный детонатор №8, (2) ударная трубка, (3) микрокапсюль и (4) пластиковый соединитель.



Рис. 4. Примадет® серии EZ Det®

Микрокапсюль расположен внутри соединителя. Микрокапсюль представляет собой детонатор с низкой энергией взрыва (он не содержит основного

заряда). Его функция заключается в инициировании ударной трубки внутри соединителя. Он не должен инициировать ВВ или детонирующий шнур. Низкая энергия взрыва детонатора в совокупности с конструкцией специально разработанного для этих условий соединителя исключает появление осколков при взрыве. В связи с чем нет необходимости в дополнительном предохранении от разлета осколков. Пластиковый соединитель способен соединить от 1 до 6 ударных трубок. Ударные трубки всегда монтируются под углом 90 градусов к оси изделия, с тем, чтобы гарантировать инициирование ударной трубки в обоих направлениях. При подключении к соединителю EZ-block, трубки вводят по одной, при этом следует прислушаться к щелчку, который свидетельствует о правильности соединения.

Таблица 1

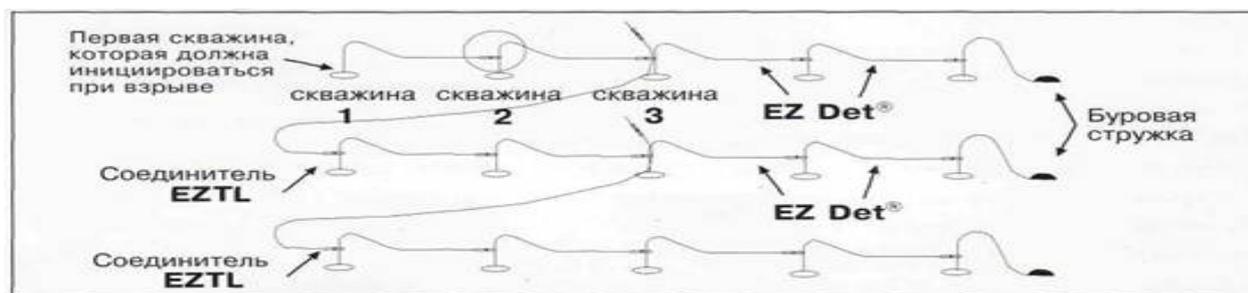
Комбинации поверхностных и скважинных времён замедления

Поверхностное замедление	Скважинное замедление	Цвет корпуса соединителя
25	500	красный
42	500	белый
67	500	черный

Изделие Примадет<sup>®</sup> серии EZ Det<sup>®</sup> применяется в большинстве взрывных работ, где требуются короткие времена замедления [3].

Операции монтажа взрывной сети весьма просты. Каждая скважина должна быть снаряжена детонатором одного типа, затем соединитель от первой скважины служит для соединения со второй скважиной, а соединитель от второй скважины используется для третьей скважины и т.д.

Таким образом монтируется каждый ряд скважин. Междурядное соединение осуществляется с использованием изделий серии EZTL, см. рис. 5.

Рис. 5. Типовое соединение с использованием изделий EZ Det<sup>®</sup>

Примадет<sup>®</sup> серии EZTL – поверхностное изделие с замедлением. Оно состоит из соединителя EZ-block и микрокапсуля, объединенных отрезком ударной трубки. Отличительная особенность изделий этой серии желтый цвет ударной трубки и различная окраска соединителя. Замедление четко отпечатано красным цветом на водо- и износостойкой бирке. EZTL может применяться совместно с системой EZDet<sup>®</sup> для изменения времени замедления как внутри одного ряда, так между рядами. Комбинации изде-



лий EZTL позволяют получить желаемое время замедления ( $25 \text{ мс} + 42 \text{ мс} = 67 \text{ мс}$ ). EZTL может также использоваться совместно с изделием Примадет® серии MS. EZTL в этом случае служит малошумной альтернативой детонирующему шнуру. Они легки и надежны в соединении и создают дополнительные времена замедления. Инициирование неэлектрической системы, ударной трубки осуществляется за счет ударной и тепловой энергии.

#### Рис. 6. Пусковое устройство

Это может быть реализовано различными способами [4]:

- путем инициирования от детонирующего шнура, используя соединитель типа J-hook или метод взрыва пучком;
- путем использования неэлектрического детонатора системы EZTL или электрического детонатора;
- путем использования специального пускового устройства (см. рис. 6).

Типовые схемы монтажа поверхностной сети и изготовление боевика представлены на рисунке 7.



Рис. 7. Монтаж поверхностной сети и изготовление боевика

Перед подрывом необходимо провести визуальный контроль всех соединений. Разноцветная окраска ударных трубок Примадет и соединителей предназначены для удобства такого контроля.

#### Выводы:

– система неэлектрического инициирования Примадет® очень проста в применении, особенно прост монтаж поверхностной сети и механизм изготовления боевика;

– система Примадет® это система волноводного горения, в которой нельзя применять свойство короткозамедленного подрыва для нескольких рядов скважин, хотя методом подрыва пучком вполне можно пользоваться этим методом на подземке, а также для подрыва поверхностной сети соединенных нескольких скважин двумя сериями из Примадет® MS и LP;

– принципиальное отличие неэлектрических систем инициирования состоит в том, что поверхностная сеть полностью срабатывает за интервал времени 60-80мс, а внутри скважины детонаторы за это время только поступает взрывной импульс и в них происходит сгорание замедляющего состава, который и вызовет инициирование КД и заряда через 400–500 мс. Это позволяет повысить исключать отказы зарядов из-за обрывов подводящих участков взрывной магистрали в скважинах, т. е. подбоя скважин.

#### Список использованных источников

4. DETONADORES NONEL-PRIMADET (SERIES MS): [Электронный ресурс]. URL:[http://www.semeze.com/pagina\\_nueva\\_6.htm](http://www.semeze.com/pagina_nueva_6.htm).

5. DETONADORES NONEL-PRIMADET (SERIES LP): [Электронный-ресурс]. URL:[http://www.semeze.com/pagina\\_nueva\\_7.htm](http://www.semeze.com/pagina_nueva_7.htm).
6. Primadet EZ Det): [Электронный ресурс]. URL:<http://www.pt46.com/detail-products-2-primadet-ez-det.html>.
7. [http://www.itcspr.ru/uslugi/vedenie\\_specialnyh\\_vzryvnih\\_rabot/](http://www.itcspr.ru/uslugi/vedenie_specialnyh_vzryvnih_rabot/) Не-электрические системы инициирования.