

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»

11-12 апреля 2011 г.

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.42

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ПАРИКВАСЬШОРСКОГО УЧАСТКА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

КОЛГАНОВ Е. Р., АЛЕКСЕЕНКО И. О., ТЕЛЬТЕВСКИЙ В. А.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В ходе работ по геологическому доизучению площади листов Q-42-VII, VIII на Полярном Урале Северной научно-исследовательской геологической экспедицией (СНИГЭ) на водоразделе рек Малый Ханмей и Большой Харбей были установлены сближенные пункты минерализации золота.

В геологическом отношении участок занимает внутреннюю часть Харбейского метаморфического комплекса. Пункты минерализации локализованы в амфиболитах, гнейсах, сланцах лаптаюганской ($PR_1 lp$) и париквасьшорской ($PR_1 pr$) свит. В пределах участка по вмещающим породам развита эпидотизация (пропилитизация), наиболее сильно проявляющаяся в амфиболитах и амфиболовых гнейсах и имеющая площадной характер распространения. В целом по совокупности обнажений поле эпидотитов занимает участок правобережья реки Парноеган, включая водораздел (выс. 460.2; выс. 666.6 «Острый»). В коренных выходах среди эпидотизированных пород фиксируются кварц-карбонатные маломощные жилы сложенные полупрозрачным белым, дымчато-серым и бесцветным кварцем, а также железистым карбонатом. Залегание жил сложное – наиболее мощные жилы-лидеры (до 0,5 м) простираются в северо-западном направлении по азимуту 290-310° с падением на юго-восток и имеют крутые 50° и более углы падения вплоть до вертикального залегания. Жилы отчетливо дискордантные по отношению к вмещающим амфиболитам смятым в складки (аз. пад. крыльев: 250-270° < 54-80; аз. пад. 50-56 < 72-78). От главных жил отходят многочисленные маломощные (до 0,2 м), сложно ветвящиеся апофизы. В зальбанде жил и во вмещающих породах повсеместно отмечается медная минерализация: медная зелень и борнит, затухающая, но сохраняющаяся на удалении от жил. В одной из жил в ассоциации с борнитом отмечено видимое золото. Кроме того, присутствует гематит, иногда турмалин. Содержание золота в кварц-карбонатных жилах 0,7-1,38 г/т по результатам атомно-абсорбционного анализа.

Из протолочной пробы выделено 30 знаков золота размером от 0,1 до < 0,05 мм. Дополнительно отмечены халькопирит, пирит, ковеллин, халькозин, сфалерит, магнетит. Вблизи жил залегают сливные кварц-карбонат-эпидотовые пропилиты, с множеством прожилков и просечек с кварц-карбонатным заполнением, тонко рассеянным гематитом и борнитом. Основная масса породы сложена мелкозернистым агрегатом эпидота (40-50%), карбоната (50-40 %) и кварца (~10 %). По результатам бороздового опробования околожилные кварц-карбонат-эпидотовые метасоматиты (пропилиты) правобережья реки Парноеган обнаружили максимальную золотоносность – 1,73 г/т (атомно-абсорбционный анализ). На удалении от жил породы менее массивные, наследуют гнейсоватость амфиболитов и

приобретают полосчатую текстуру за счет чередования зеленых, обогащенных эпидотом и черных, существенно амфиболовых прослоев. Породы слабо золотосны – 0,1-0,2 г/т (Душин В.А. и др., 2010).

Минераграфическим описанием по существующей методике [1, 3] в рудоносных метасоматитах и кварц-карбонатных жилах установлены гематит, ильменит, рутил, борнит, халькопирит, ковеллин, золото.

Гематит – встречается в объеме до 5 %, образует ксеноморфные и гипидиоморфные зерна, с сечениями таблитчатой, игольчатой, изометричной и неправильной формы, размером от менее 0,01 до 0,35 мм. Внутри зёрен отмечаются дисковидные структуры распада ильменита. В сростании с другими минералами гематит не отмечается, однако его скопления тяготеют к зёрнам борнита.

Ильменит самостоятельно, вне связи с гематитом не встречен.

Рутил – содержится в аншлифах, в количестве до 1 %, образует ксеноморфные и гипидиоморфные зерна, размером до 0,01 мм. Сечения игольчатые, таблитчатые, неправильной формы. В поляризованном свете наблюдаются бурые и красноватые внутренние рефлексии.

Борнит – образует единичные ксеноморфные зёрна медно-розового цвета, неправильной формы с многочисленными угловатыми выступами, реже изометричные размером 0,01-0,5 мм. В образцах агрегаты борнита достигают 2-3 мм. По большинству зёрен развит ковеллин, как в краевых частях, так и захватывающий центральные части зёрен. Внутри зёрен борнита наблюдаются веретенообразные структуры распада халькопирита.

Халькопирит самостоятельно, вне связи с борнитом не встречен.

Ковеллин – развивается по борниту, замещая его в краевых и центральных частях зёрен. Цвет индигово-синий, при вращении столика меняется от темно-синего до голубовато-белого. При скрещенных николях наблюдаются яркие цветные эффекты – от оранжевых до красно-коричневых.

Золото отмечено в единичных зернах, которые образуют тончайшие прямолинейные просечки толщиной около 0,002 мм в нерудной массе (кварце и вероятно карбонате). Также присутствуют изометричные зёрна размером до 0,05 мм.

На основе проведённого минераграфического изучения аншлифов можно сделать следующие выводы:

1. Золото образует самостоятельные обособления в кварце и карбонате, реже в сростании с сульфидами меди, что в совокупности с малосульфидным (< 1 %) характером руд позволяет отнести оруденение к золото-сульфидно-кварцевой формации.

2. Установленные структуры распада халькопирита в борните имеют генетическое значение. По существующим представлениям такие структуры явно свидетельствуют о первичном эндогенном происхождении борнита. Кроме того, распад пары борнит – халькопирит выступает в роли геологического термометра и фиксирует температуру формирования распада твердого раствора этих минералов в интервале 220-300 °С, что позволяет характеризовать медное и связанное с ним золотое оруденение как средне-низкотемпературное [2].

Выявленные особенности минерального состава золотосных метасоматитов могут быть использованы в качестве поисковых признаков при дальнейших поисках золотого оруденения в пределах Харбейского блока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вахромеев С. А. Руководство по минераграфии // Иркутск: Иркутское книжное изд-во, 1956. – 264 с.
2. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания // Москва: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 1132 с.
3. Старцев Г. Н. Лабораторный практикум по минераграфии // Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1994. – 152 с.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СОВРЕМЕННОГО АЛЛЮВИЯ ГОРНОЙ ЧАСТИ ПОЛЯРНОГО УРАЛА НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ЛОНГОТЪЕГАН, ХАРБЕЙ И ЛАПТАЕГАН

ДЕМИНА Л. А., БЫКОВ А. Ф.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Минералогическое картирование является важным инструментом прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Основным его методом, позволяющим получить достаточный объем информации, выступает шлиховое опробование водотоков. Задача исследований состояла в выявлении закономерностей формирования минерального состава современных аллювиальных отложений в зависимости от особенностей геологического строения областей сноса обломочного материала, включая, помимо породных комплексов, зоны и участки развития эндогенного оруденения.

Наиболее удобным объектом для таких исследований является система водотоков, развитая в горной части Полярного Урала, где на минеральный состав аллювия и пролювия в большей мере, чем в зоне предгорий и аккумулятивной равнины, оказывают влияние первичные породы фундамента. В нижних частях речных долин, где весьма широко развит комплекс гляциогенных (ледниковых, водно-ледниковых), озерно-аллювиальных и морских отложений, мощность которого измеряется десятками метров, минералогия современных аллювиальных образований во многом (если не полностью) определяется составом пород осадочного чехла.

Материалом для исследования послужили шлиховые пробы, отобранные в 2008-2010 годах Северной НИГЭ в ходе работ по ГДП-200 в бассейнах верхнего течения рек Харбей и Лонготъеган с их наиболее крупными притоками – р. Лаптаеган и Яр-Шор, соответственно. Минералогический анализ проб производился методистом-минералогом С. В. Акуловой по стандартной методике с предварительным фракционированием навески по плотностным и магнитным свойствам минералов.

Минералогическим анализом в аллювиальных отложениях установлено 60 минералов, включая пороодообразующие, акцессорные и рудные. По частоте встречаемости они разделены на 4 группы: постоянно встречающиеся (в 75-100 % проб), часто встречающиеся (50-75 %), редко встречающиеся (50-25 %) и очень редко встречающиеся (< 25 %).

Из таблицы видно, что бассейны рек различаются, прежде всего, по частоте встречаемости золота, хромшпинелидов, оливина, пирита и халькопирита, то есть минералов индикаторов благороднометалльного оруденения, в то время как молибденит почти одинаково часто отмечается в аллювии всех рассмотренных речных систем, как и минералы группы окислов титана – ильменит, лейкоксен, рутил. Некоторые минералы установлены в отдельных водотоках, выявляя их специфику. Таковы киноварь и висмутин в пробах с Лонготъегана, ортит – на Яр-Шоре, реальгар – в аллювии Лаптаегана, шеелит – прежде всего в верховьях Харбея и на Лаптаегане. Самородное золото в современном аллювии в горной части территории наиболее часто (56 %) отмечается по Лонготъегану, почти вдвое реже – на Лаптаегане (36 %), затем – Харбее (23 %) и, наконец, реже всего на Яр-Шоре.

Характер распределения минералов по площади работ в целом подчиняется составу пород, слагающих коренные склоны речных долин. Особенно ярко это проявляется на Лонготъегане, и Яр-Шоре, там, где они «питаются» обломочным материалом с Харчерузьского и Яргеуского гипербазитовых массивов, поставляющим в большом количестве хромшпинелиды, оливин, пироксены. В аллювии Харбея и Лаптаегана эта ассоциация встречается вдвое реже, но также вблизи размываемых рекой более мелких тел ультраосновных пород. Там, где речные долины наследовали зоны глубинных разломов, возрастает количество и встречаемости минералов, традиционно связываемых специалистами с зонами мезозойской тектоно-магматической активизации – киновари и реальгара, а также хлоритоида и муассонита.

Частота встречаемости минералов в аллювии рек Полярного Урала

Водотоки	Частота встречаемости, %			
	100-75	75-50	50-25	< 25
Харбей	Магнетит, гранат, эпидот, амфиболы, гематит, ильменит , рутил, титанит, пирит (93) , циркон (100) , апатит	Хлорит, турмалин, хромшпинелиды (54)	Золото (23) , шеелит (31) , щелочные амфиболы, пироксен мон., гидроокислы железа, лейкоксен (46) , анатаз, халькопирит (23) , барит , кианит, везувиан, карбонаты,	Оливин (13) , брукит, молибденит (15) , монацит, ярозит, биотит, ставролит, силлиманит, шпинель, диаспор,
Лаптаеган	магнетит, гранат, эпидот, амфиболы, пироксен мон., гематит, ильменит, рутил , титанит, пирит (93) , циркон , апатит	хромшпинелиды (57) , анатаз, везувиан, гидроокислы Fe, турмалин, лейкоксен (71) , кианит, ставролит, хлорит,	Золото (36) , реальгар (21) , пироксен ромб., оливин (36) , халькопирит (29) , силлиманит карбонаты,, андалузит, биотит, шпинель, муассонит,	Шеелит (7) , амфибол щел., брукит барит , монацит, молибденит (14) , ярозит Ксенотим, корунд, хлоритоид
Яршор	магнетит, гранат, эпидот, амфиболы, пироксен мон., гематит, ильменит, рутил , титанит, пирит (100) , циркон , апатит, гидроокислы железа, турмалин, хромшпинелиды (75) , лейкоксен , везувман, кианит	Пироксен ромб., смллиманит	Анатаз, ставролит	Золото (19) , ортит (6) , оливин (6) , халькопирит (6) , молибденит (19) , монацит, шпинель, ярозит, андалузит, пумпеллиит, биотит,
Лонготъеган	магнетит, гранат, эпидот, амфиболы, пироксен мон., гематит, ильменит, рутил , титанит, пирит (100) , циркон , апатит, гидроокислы железа, турмалин, хромшпинелиды (89) , пироксен ромб., лейкоксен , везувиан, хлорит, кианит, анатаз,, силлиманит, корунд, шпинель	Золото (56) , амфибол щел., оливин (56) , турмалин, халькопирит (56) гидроокислы железа, монацит, ставролит, андалузит	Киноварь (33) , хлоритоид, биотит	Висмутин (11) , топаз, молибденит (11) , пумпеллиит, карбонаты

Примечание. Жирным выделены ценные рудные минералы, курсивом – породообразующие минералы-индикаторы благороднометальной минерализации

Петрографический состав пород коренного ложа и бортов речных долин отражается также и в вариациях содержаний минералов в аллювии. Например, среднее содержание ильменита на р. Бол. Харбей составляет 265 г/м³ при разбросе от 0,27 до 1700 г/м³, на р. Мал. Харбей – 442 г/м³ (257-845), на Лаптаюгане - 173 г/м³ (от единичных зерен до 358), Яр-Шоре – 93 г/м³ (десятки зерен – 360 г/м³), а в русловых отложениях р. Лонготъеган -325 г/м³ (от 39 до 960 г/м³). Другой пример – хромшпинелиды: Бол. Харбей – 0,3 г/м³, Мал. Харбей – 0,001 г/м³, Лаптаюган -1,6 г/м³, Яр-Шор – 7,37 г/м³ и Лонготъеган – 62,5 г/м³. Характер распределения содержаний минералов в направлении течения рек сверху вниз неодинаков, что связано с динамикой водного потока, конфигурацией речного русла, положением долин относительно общего структурного плана территории (секущие или согласные) и другими факторами, включая систему отбора проб.

РАДИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИСЛЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

КУРЧАВОВ В. В.

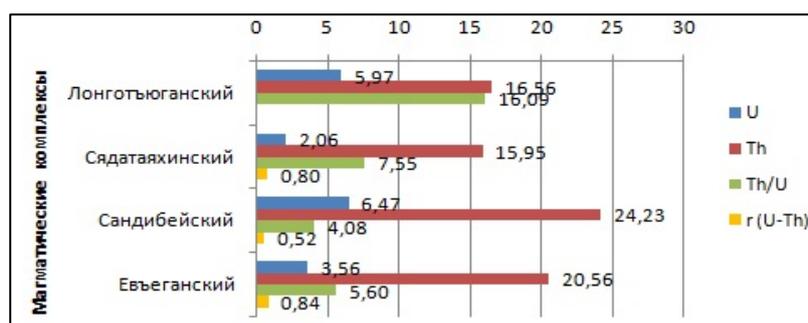
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время в геологии широко развит формационный анализ, объясняющий генетические связи оруденения с геологическими формациями. Для правильного выделения формаций необходим анализ многих факторов, среди которых значительную роль играет геохимическая характеристика пород. Радиоактивные элементы являются четкими индикаторами геологических процессов, поэтому важно исследование их геохимических параметров, в том числе их соотношение друг с другом, содержание, форма нахождения, характер связи с другими элементами и породообразующими оксидами. В рамках этого подхода автором предпринята попытка изучения радиогеохимических характеристик кислых интрузивных пород магматических комплексов Полярного Урала (Евьюганский, Сандибейский, Сядатаяхинский, Лонготьюганский). С помощью программы STATISTICA 8 рассчитаны основные статистические параметры (см. таблицу). Исходным материалом послужили результаты количественного анализа ICP-MS, выполненного в УрО РАН. В обобщенном виде результаты представлены на рис. 1.

Статистические параметры распределения урана и тория в кислых магматитах Полярного Урала

Статистические параметры	Магматические комплексы							
	Лонготьюганский		Сядатаяхинский		Сандибейский		Евьюганский	
Элемент	Th	U	Th	U	Th	U	Th	U
N	7	7	10	10	5	5	4	4
КК	0,92	1,53	0,94	0,52	1,34	1,66	1,14	0,91
S	3,55	6,81	8,01	0,69	9,26	2,77	10,21	1,53
A	-0,53	2,01	0,76	0,61	0,7	-0,46	-1,67	-1,3
E	0,3	4,44	-0,45	0,43	0,77	-1,2	2,7	0,83
V	21,44	114,01	47,26	34,87	39,22	42,87	49,68	42,9
A	0,57	2,17	0,98	0,78	0,63	0,41	1,36	1,06
E	0,16	2,40	0,29	0,27	0,35	0,54	1,10	0,34

Рис. 1. Поведение радиоактивных элементов в кислых магматитах Полярного Урала по данным анализа ICP-MS



Определен кларк концентрации и закон распределения элементов по показателям асимметрии и эксцесса.

На основании полученных данных можно сделать выводы:

1. Евьюганский комплекс характеризуется кларковыми содержаниями обоих радиоактивных элементов, умеренным ($Th/U=5,6$) торий-урановым отношением, высоким коэффициентом корреляции ($r=0,84$). Меры рассеяния указывают на менее равномерное распределение тория по сравнению с ураном.

2. Сандибейский комплекс имеет повышенные надкларковые содержания радиоактивных элементов, умеренное ($Th/U=4,08$) торий-урановое отношение, значительный ($r=0,52$) коэффициент корреляции, меры рассеяния обоих элементов незначительные.

3. В породах Сядатаяхинского комплекса обращает на себя внимание низкое содержание урана ($KK=0,52$), маленькое стандартное отклонение ($S=0,69$) и значительное торий-урановое отношение ($Th/U=7,55$). Коэффициент корреляции высокий ($r=0,8$).

4. Лонготьюганский комплекс существенно отличается по своим статпараметрам. Здесь наблюдаются отрицательный коэффициент корреляции ($r = -0,64$), высокое торий-урановое отношение ($Th/U=16,09$), уран характеризуется надкларковым содержанием ($KK=1,53$) и значительными по модулю показателями мер рассеяния.

Закон распределения элементов нормальный, только для урана в Лонготьюганском комплексе близок к логнормальному, что может свидетельствовать о его перераспределении при метасоматозе [1]. Судя по таким показателям, как стандартное отклонение, асимметрия и эксцесс, торий распределен менее равномерно, чем уран, за исключением Лонготьюганского комплекса. Вынесены фигуративные точки магматических комплексов на диаграмму важнейших радиохимических типов гранитов (рис. 2).

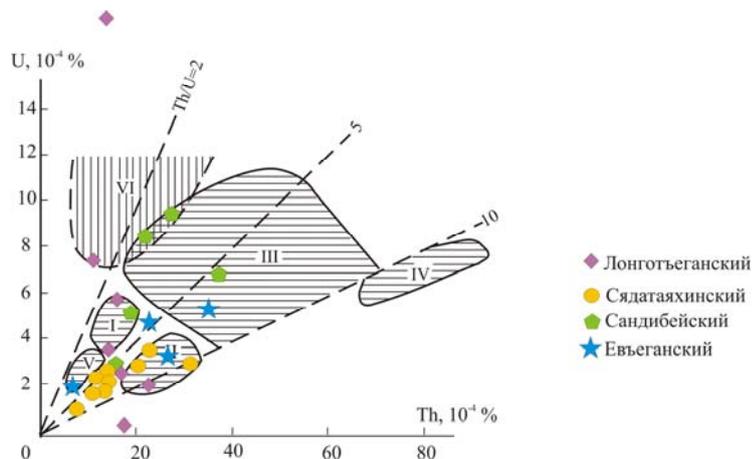


Рис. 2. Положение фигуративных точек кислых пород Полярного Урала на диаграмме Л. В. Комлева

Видно, что наименьшими разбросами точек характеризуются Сядатаяхинский и Сандибейский комплексы, породы первого занимают область слаборадиоактивных гранитов с повышенным торий-урановым отношением при недостатке урана,

а второй соответствует области нормально- и высокордиоактивных при недостатке урана. Положение фигуративных точек пород Лонготьюганского комплекса характеризуются значительным размахом торий-уранового отношения при постоянном содержании тория в пределах 15-20 г/т. Такое поведение может объясняться проявлением наложенных процессов для пород комплекса или различными местами пробоотбора, так как в краевых, апикальных частях интрузий может происходить концентрация радиоактивных элементов [2]. Фигуративные точки пород Евъеганского комплекса также не занимают четко определенного положения на диаграмме, что может быть объяснено формированием пород в несколько этапов и полигенностью происхождения.

Можно отметить, что неизменные породы комплексов обладают постоянным торий-урановым отношением, колеблющимся в пределах 5 единиц. Таким образом, можно предположить, что в породах Евъеганского, Сандибейского и Сядатаяхинского комплексов радиоактивные элементы накопились одновременно с формированием пород при кристаллизации магматического расплава и поэтому их вероятная форма нахождения – рассеянная или в акцессорных минералах [2]. В породах Лонготьюганского комплекса уран, скорее всего, перераспределялся при метасоматозе, и возможно образование собственных минералов урана [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смыслов А. А. Уран и торий в земной коре. – Л.: Недра, 1974.
2. Терехов В. Я., Егоров Н. И., Баюшкин И. М., Минеев Д. А. Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И СЕРЫ В МАГНЕТИТОВЫХ ЗАЛЕЖАХ НОВО-ЕСТЮНИНСКОЙ ЗОНЫ ЕСТЮНИНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

РУДНИЦКИЙ В. Ф., САХАБУТДИНОВ А. Р.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Естюнинское месторождение в Тагило-Кушвинском железорудном районе, по данным Ю. Н. Глазова, А. А. Пуркина, Б. М. Алешина и др. [1], приурочено к останцу контактово-метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород кабанской свиты лландоверийско-ранневенлокского возраста, расположенного в диоритах Тагильского сиенит-диоритового массива.

На Естюнинском месторождении выделяются две зоны: собственно Естюнинская, включающая разрабатываемое рудное тело № 1, и Ново-Естюнинская, залегающая примерно в 600 м стратиграфически ниже. Она содержит две основные залежи: рудное тело № 21 и отстоящее в 110-170 м ниже по разрезу рудное тело № 22. Залежи железных руд, так же, как и породы, имеют северо-восточное падение под углами в среднем около 38°. Главный рудный минерал магнетит, часто встречается пирит.

Обработано 500 химических анализов проб Высокогорской ГРП на железо магнетитовое и серу по рудным интервалам разведочных скважин (рудные тела №№ 21 и 22, разрезы №№ 2, 6, 10). Анализы выполнены в химлаборатории Тагильской ГРЭ.

Стандартные статистические характеристики, полученные при компьютерной обработке анализов, приведены в таблице.

Стандартные статистические характеристики распределения железа магнетитового и серы
в рудных телах №№ 21 и 22

Характеристики	Значения	
	Fe магн.	S
Среднее значение *, \bar{x}	24,32	0,59
Коэффициент вариации, V	66,49	199,06
Стандартное отклонение, S	16,15	1,17
Дисперсия, S^2	260,9	1,38
Коэффициент корреляция, R	0,032	

*В выборку включены анализы забалансовых руд, поэтому среднее содержание железа здесь и в балансовых различаются

Значения статистических характеристик показывают:

- на отсутствие корреляционной зависимости между железом и серой;
- степень изменчивости содержаний серы намного выше, чем железа.

Гистограммы распределения содержаний рассматриваемых компонентов позволяют разбить руды на три группы (класса):

- по железу магнетитовому (%): < 16; 16-37,8; > 37,8;
- по сере (%): < 0,1; 0,1-0,5; > 0,5.

По данным опробования разведочных скважин, с учетом выделенных классов, по разрезу № 6 отстроено распределение железа магнетитового и серы в рудных телах №№ 21 и 22. Анализ этих разрезов показывает:

– распределение содержаний железа и серы, также как текстурно-структурных разновидностей послойное [2], что является весьма примечательным для выяснения условий формирования магнетитовых залежей;

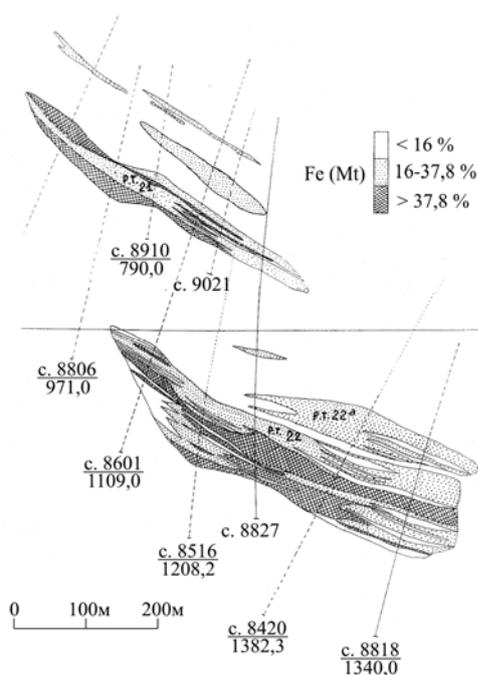


Рис. 1. Распределение железа магнетитового в рудных телах №№ 21 и 22. Разрез № 6

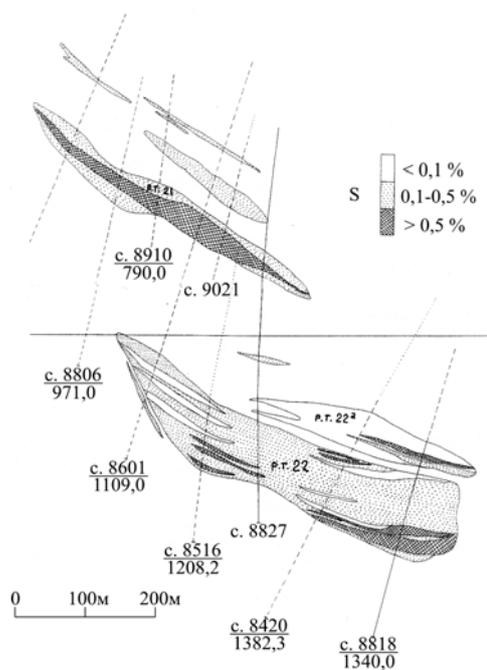


Рис. 2. Распределение серы в рудных телах №№ 21 и 22. Разрез № 6

– по содержаниям железа магнетитовые залежи характеризуются ритмичным (многоярусным) строением (рис. 1); в разрезе, по крайней мере, различаются два слоя с максимальными содержаниями железа ($> 37,8\%$);

– рудное тело № 22 отличается повышенными содержаниями серы; в том и другом случае распределение серы относительно равномерное, при этом слои с максимальными содержаниями ($> 0,5\%$) тяготеют к подошве магнетитовых залежей (рис. 2);

– в разрезе фланги магнетитовых залежей характеризуются в целом неравномерным, «пилообразным» распределением содержаниям железа и серы.

Приведенные данные подтверждают первично вулканогенно-осадочное происхождение магнетитовых руд Естюнинского месторождения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геология СССР. Том XII. – М.: Недра, 1973. – 632 с.
2. Тектурно-структурные особенности магнетитовых руд Естюнинского месторождения (Средний Урал) / Рудницкий В. Ф., Абрамова Н. А., Алешин К. Б., Матияш В. В. // Известия УГГГА. – Вып. 10. – Сер.: Геология и геофизика. – 2000. – С. 128-132.

ИЗУЧЕНИЕ СТЕПЕНИ РАСКРЫТИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ ТОНКОВКРАПЛЕННОЙ МЕДНО-ЦИНКОВОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЮБИЛЕЙНОЕ»

ФАДЕЕВА Н. В., ЗАВАРУХИНА Е. А., ХАХАЛКИНА В. Е., САФИУЛЛИНА Э. И.
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»

По разведанным запасам меди Россия занимает третье место в мире, уступая Чили и США. Месторождение «Юбилейное» является одним из крупнейших медно-цинковых месторождений на Урале. Данные руды относятся к наиболее трудному объекту обогащения. Минеральный состав руд представлен в основном первичными минералами меди и цинка. Содержание вторичных минералов меди составляет 13,5 %. К особенностям данной руды можно отнести тонкое взаимное прораствание минералов, ультратонкую вкрапленность и природную активацию минералов цинка. Анализ практики переработки медно-цинковой руды месторождения «Юбилейное» показал, что основные трудности обогащения связаны со сложностью получения высококачественного медного концентрата, низкой селективности разделения минералов меди и цинка, большими потерями минералов цинка не только с хвостами обогащения, но и с медным концентратом. Для оптимизации процессов рудоподготовки и разделения минералов, необходима полная и всесторонняя информация о структурных характеристиках руд, минеральных агрегатов и раскрытых фаз. Степень раскрытия минеральных комплексов при минералогическом анализе определяется путем подсчета числа раскрытых частиц рудных (ценных) и породообразующих минералов в отдельных фракциях. Для определения минералогического состава проводят макроскопическое изучение образцов, микроскопическое изучение мелких классов руды. Макроскопическое изучение образцов руды позволяет качественно определить основные минералы, крупность и характер их вкрапленности и производится визуально невооруженным глазом или с помощью карманной лупы. В процессе микроскопического исследования уточняют качественный и количественный состав пробы [3]. При микроскопическом изучении рассеянной на классы крупности руды дополнительно изучается степень раскрытия различных рудных минералов. Данная работа посвящена изучению минералогического состава и характера раскрытия основных рудных минералов (пирит, халькопирит, сфалерит) медно-цинковой руды месторождения «Юбилейное». Материал крупностью 40-1,25 мм просматривался визуально и под бинокулярным микроскопом. Классы крупности меньше 1,25 мм изучались с использованием аппаратно-программного комплекса анализа изображений «Минерал С7». Выделялись минеральные зерна различного качества: богатые, с содержанием основного рудного минерала более 50 %, бедные – менее 25 % рудного минерала и рядовые, с содержанием основного рудного минерала 25-50 %. Подсчитывалось количество раскрытых и нераскрытых зерен, рассчитывалось процентное содержание сростков, свободных рудных зерен, раскрытых породных зерен. Результаты анализа крупных классов представлены в таблице.

Установлено, что в руде в большом количестве присутствует пирит. Уже в крупных классах крупности он содержится в весьма богатых сростках с нерудными минералами. Халькопирит и сфалерит присутствуют в представленных пробах только в виде сложных сростков из всех рудных и нерудных минералов. Содержание богатых и рядовых сростков по халькопириту порядка 10-30 %. Сфалерит в основном входит в состав рудных сростков. По содержанию сфалерита такие сростки относятся к бедным.

Установлено, что в классах крупности до 0,040 мм все сростки рудных минералов ассоциированы с минералами пустой породы. В большей мере присутствуют сростки пирита с нерудными минералами, затем – сложные сростки нескольких рудных минералов с вмещающей породой. При крупности 40-30 мкм количество сложных сростков с нерудными минералами резко снижается, но имеются сростки рудных минералов между собой. Все сростки, находящиеся в классах 30-20 и 20-0 мкм, содержат сфалерит, причем его доля составляет 21-26 % от сростка.

Распределение сростков в крупных классах крупности

Классы крупности, мм	40+20	20+10	10+5	5+2,5	2,5+1,25
Виды сростков	Содержание сростка, %				
нерудные+пирит	23,9	32,2	38,1	47,8	27,3
нерудные+халькопирит	14,1	24,4	27,6	7,5	30,0
нерудные+сфалерит		0,7	1	2,5	1,3
нерудные+пирит+халькопирит	25,4	6,8	6,4	16,3	32,8
нерудные+пирит+сфалерит	5,6	3,4	5,1	5,7	3,0
нерудные+сфалерит+халькопирит	9,9	23	13,2	3,2	2,5
нерудные+пирит+халькопирит+сфалерит	21,1	0,3	0,3	3,5	2,3
пирит+сфалерит		4,7	4,8	8,3	
пирит+халькопирит		0,7		0,5	
сфалерит+халькопирит		3,1	3,5	1,2	
пирит+халькопирит+сфалерит		0,7		3,5	0,8

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что рудные минералы находятся в очень тесном и сложном взаимопрорастании друг с другом. Для оценки раскрытия руды по результатам исследований была построена диаграмма раскрытия рудных минералов (см. рисунок) [1].

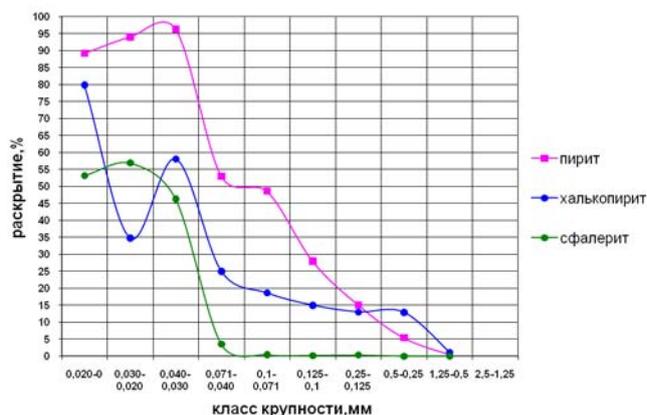


Диаграмма раскрытия медно-цинковой руды месторождения «Юбилейное»

Изучение степени раскрытия основных рудных минералов показало, что практически полное раскрытие зерен пирита (89,2-96,3 %) наблюдается при крупности меньше 40 мкм, раскрытие зерен халькопирита – в классе 20-0 мкм (79,9 %), а сфалерита – в классе 30-20 мкм (56,9 %). Следует отметить, что в отличие от пирита и халькопирита, сфалерит

раскрывается труднее: при крупности 40-30 мкм раскрытие его зерен составляет всего 46 %, а в тонких классах раскрытие не превышает 57 %. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости весьма тонкого измельчения руды для раскрытия зерен сфалерита, поскольку сростки с ним содержатся даже в самых тонких классах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козин В. З. Исследование руд на обогатимость: конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001.
2. Фадеева Н. В., Заварухина Е. А., Капуста М. Н. Изучение морфометрических параметров труднообогатимой медно-цинковой руды в тонких классах с применением анализатора изображений «Минерал С7» // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. – М.: ИПКОН РАН, 2010. – С. 414-417.
3. Шадрунова И. В., Глухова А. Ю., Горлова О. Е. Материаловедение: практикум. Учебное пособие для студентов высшего профессионального образования по специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых».

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОЛЬЦОВОЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)

ЛЕОНТЬЕВ В. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Проявление Гольцовое-1 приурочено к Рэдергинскому рудному узлу (Центрально-Алданский золоторудный район). Геологическое строение участка характеризуется горизонтально залегающими серыми тонкозернистыми доломитами усть-юдомской свиты (*Vujd*), прорванными в пределах описываемой площади щелочноземельными меланосиенитами второй фазы лебединского комплекса (*MZ*), которые слагают мелкие штоки. Ширина зоны метасоматически измененных пород в контакте с интрузиями достигает 600 метров. В непосредственном контакте они скарнированы и с удалением от него мраморизованы и осветлены. Золоторудное проявление представлено залежью сложной формы, локализованной в мраморизованных доломитах вблизи их контакта с известково-магнезиальными скарнами. Рудное тело представляет собой кору выветривания по тремолит-сульфидно-карбонатным метасоматитам, представленную глинистым материалом охристо-желтого цвета с обломками, глыбами кварц-сульфидных рудных образований и рассеянной вкрапленностью пирита по всему интервалу оруденения. Наблюдается реликтовая слоистость, по всему интервалу развиты окислы железа и марганца. Руды описанного проявления отнесены к лебединскому геолого-промышленному типу.

Материалом для исследования послужили кварц-сульфидные руды. Под рудным микроскопом изучались аншлифы. 70 % рудной массы представлено лимонитом, с часто встречающимися каркасными структурами (рис. 1), 2-3 % составляет вкрапленность пирита со средним размером 0,01 мм; оставшийся объём представлен нерудным минералом. В среднем на поверхность одного аншлифа приходится 3-4 золотины средним размером 0,05×0,03 мм (рис. 2).



Рис. 1. Каркасная структура лимонита

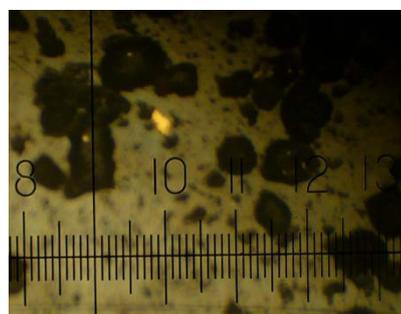


Рис. 2. Самородное золото в аншлифе

100 граммов руды было истёрто до 0,25 мм, и из данной протолочки выделена монофракция золота. Изучение частиц самородного золота производилось по методике А. Г. Баранникова [1]. Под бинокулярным микроскопом МБС-9 проводилось изучение морфологических и гранулометрических особенностей золотинок (рис. 3).

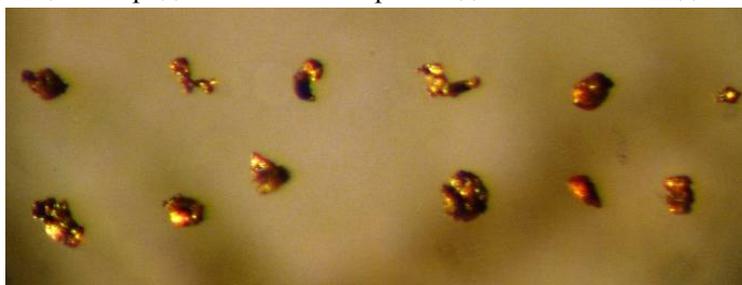


Рис. 3. Самородное золото

Полученная навеска составила 20 золотин. Средний рассчитанный размер составил 0,08 мм. Гистограмма гранулометрического состава представлена на рис. 4, а. 55 % составляют уплощённые золотины, 27 % – вытянутые («крючковидные») и 18 % – искажённые (уплощённые) кристаллы (рис. 4, б). Из этого можно сделать вывод, что золото выделялось при распаде твёрдых растворов и послекристаллизационной перегруппировке. По-видимому, имел место и метасоматический рост зерен минерала. Кроме того, преобладание уплощённых и вытянутых форм золотины указывает на их формирование близ поверхности [4].

Отмеченное преобладание в составе руд вытянутых и сплюснутых золотины игольчатой и пластинчатой форм свойственно для куранахского подтипа золото-джаспероидного оруденения, в то время как для лебединского подтипа характерно примерно равное соотношение золотины изометричной, вытянутой и сплюснутой форм [3]. Такое несоответствие типоморфных зёрен типу оруденения скорее всего объясняется преобладанием в руде таких сульфидов, как пирит и халькопирит.

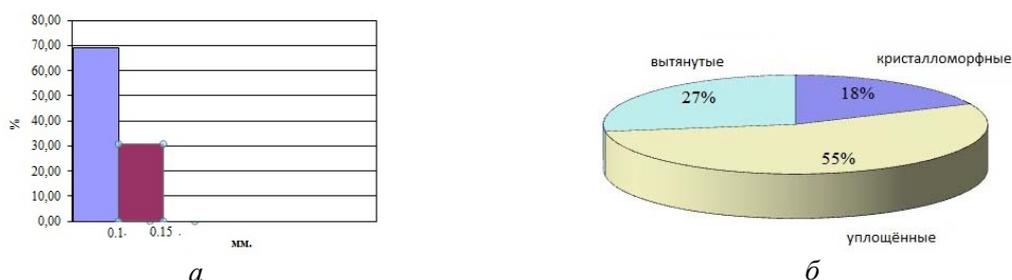


Рис. 4. Результаты изучения морфологических и гранулометрических особенностей золотины:

а – гранулометрический состав по наибольшему размеру; *б* – морфотипы

Результаты спектрального анализа показали высокие содержания меди, цинка, свинца и серебра (см. таблицу), причём концентрация серебра составляет 4 г/т. Из известных источников [2] мы знаем, что золото из окисленных руд данного типа имеет высокую пробу, и при средних содержаниях золота 5,74 г/т можно сделать вывод о том, что серебро приурочено не только к золотому оруденению, а имеет и другой источник. Вероятно, серебро имеет собственные минералы или связано с сульфидами меди, цинка и свинца, продукты распада которых имеют место в данном типе руд.

Содержание элементов, 10^{-3} % вес

Cu	Zn	Pb	Ag	Mo	Cr	V	Mn	W	Ge	Bi	Nb
50	100	4	0,4	0,3	0,3	1	5	2	0,15	0,1	0,9

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранников А. Г. Изучение самородного золота при проведении поисковых работ: Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Прогнозирование, поиски и разведка месторождений благородных металлов и алмазов». – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1994. – 22 с.
2. Ветлужских В. Г., Казанский В. И., Кочетков А. Я., Яновский В. М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных месторождений. – 2002. – С. 467-499.
3. Дворник Г. П. Метасоматические процессы и золотоджаспероидное оруденение в карбонатных породах Центрально-Алданского района // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Вып. 8; Красноярск, Издательско-полиграфический комплекс Сибирского федерального университета, 2010. – С. 4-11.
4. Петровская Н. В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 347 с.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСТАВА ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ РУД НА ЧЕРЕПАНОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)

ЧЕРНЕЦКАЯ М. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Черепановское рудное поле с золото-серебряно-полиметаллическим оруденением находится в предгорьях северо-западной части Рудного Алтая. На площади рудного поля расположено одноименное месторождение.

Северо-западная часть Рудного Алтая в прошлом являлась одним из старейших в России центров горнорудного производства. Основное промышленное значение имели золото-серебросодержащие месторождения колчеданно-полиметаллической формации, в которых золото и серебро относились к попутным компонентам.

Одним из упомянутых объектов является Черепановское месторождение. Оно открыто в 1780 г. штейгерами А. Демидова. Тогда же началась отработка объекта как серебряного. С тех пор работы неоднократно останавливались и снова возобновлялись. Месторождение эксплуатировалось как серебряное с 1780 по 1896 год. Отрабатывались наиболее богатые центральные части минерализованных недр со средним содержанием серебра на 1 т руды 1,1-1,3 кг. Максимальная глубина подземных выработок составила 66 метров. В то же время золото- и сереброносные вмещающие породы с более бедной рудной минерализацией в промышленное освоение не вовлекались. Всего за время отработки месторождения из земных недр было извлечено около 70 тыс. т сортированной руды, из которой выплавлено более 50 т серебра.

Отмечалось, что понятия «кварцевая жила» или «рудная жила» имеют на месторождении не генетический смысл, а экономический. Кварцевыми (или рудными жилами) называли центральные наиболее оруденелые части минерализованных зон. И в настоящее время остается актуальным предположение Г. Н. Майера, что запасы месторождения далеко не исчерпаны и возможен их прирост за счет вовлечения в освоение более бедных руд.

Различные взгляды на происхождение Черепановского месторождения сохранялись долгие годы в связи с тем, что оно расположено среди колчеданных барит-полиметаллических объектов Рудного Алтая. Сначала месторождение относили к вулканогенно-гидротермальному генетическому типу кварцево-жильной формации. Оно считалось полиметаллическим с преобладанием цинка над свинцом и медью, с примесью золота, серебра, ряда редких и рассеянных элементов. Добываемая руда, по архивным данным, представляет собой «роговик с вкрапленными галенитом, сфалеритом, халькопиритом и, нередко, самородным серебром» [3]. Рудные жилы с поверхности до глубины 30 м и более зачастую содержат окисленные сульфиды (охристые руды). С глубиной в рудных жилах уменьшается количество кварцевой составляющей и увеличивается количество сульфидов (до 100%) при общем уменьшении мощности жил вплоть до их «полнейшего утонения».

Рудными первичными минералами являются самородное серебро, а также галенит, сфалерит, халькопирит, электрум, кераргирит; из вторичных минералов - малахит, лимонит, смитсонит, церуссит, англезит, аргентит.

В результате работ партии №10 Центральной геофизической экспедиции (1970-1980-е гг.) [1] в минерализованных породах, помимо Ag, Au, Pb, Zn и Cu постоянно отмечались повышенные концентрации Mo, As, Sb, Hg, Co. Установлено, что рудные тела представляют собой кварцевые жилы с вкрапленностью сульфидов, а также трещинные зоны, в разной степени насыщенные кварцево-сульфидными прожилками с малахитом, азуритом, охрами. Золото входит в состав колчеданно-полиметаллической ассоциации, существенно обогащенной баритом, а также образует самостоятельные золоторудные тела.

Согласно современным представлениям [2], Черепановское месторождение относится к эпитермальному золото-серебряному типу. Располагается в очаговой вулканоплутонической

постройке центрального типа. Приурочено к периферии субвулканических тел риолит-порфиров среди туфов и риолитов, а также флюидо-эксплозивных брекчий.

Автор настоящего сообщения разделяет эту точку зрения. Ею изучен каменный материал, выполнена компьютерная обработка результатов геохимического опробования ряда разведочных выработок (канал, скважин). В образцах кварцита с кварцевыми прожилками, отобранных из отвалов горных выработок, обнаружены пирит, халькопирит, сфалерит, галенит и вторичные минералы – азурит, малахит, борнит. Помимо кварца в жилах и прожилках также присутствуют адуляр, халцедон. Выявлены (согласно опубликованным данным) крустификационные структуры халцедона, указывающие на эпитермальный низкотемпературный тип минерализации. Отмечены кварциты мозаичной микроструктуры с прожилками стебельчатого кварца, содержащие вкрапленность галенита, сфалерита, пирита, редко аргентита и самородного золота. Иногда в подобных прожилках наблюдаются гнезда опала, барита, вкрапленность марказита, аргентита [2].

Следует подчеркнуть, что результаты опробования поверхностного слоя заметно отличаются от данных по скважинам. Интерпретируя результаты глубинного опробования, можно выделить ассоциацию Ag-Pb-Cu, иногда сюда входит цинк. В приповерхностном слое ассоциации химических элементов сильно варьируют. По данным опробования каналов выделяются уже иные ассоциации: Ag-Pb, Cu-Zn. Барий, кобальт и молибден также отличаются высокими содержаниями. Накопление этих элементов в зоне гипергенеза может быть вызвано повышенной миграционной способностью. В горных выработках, где отмечены золотосодержащие пробы, характер ассоциаций несколько меняется. Здесь отчетливо проявлены 3 ассоциации элементов: Ba-Pb-Zn, Mo-Cu и Ag-Au, а в скважинах уже следует выделить иные ассоциации: Au-Cu-Pb-Zn и Ba-Mo-Ag. Приведенные сведения свидетельствуют о сложном строении месторождения, а также в пользу того, что на месторождении проявлены 2 типа геохимических полей – эндогенные и экзогенные.

Исследования корреляционных связей между элементами подтверждают, что на месторождении проявлены два типа минерализации: полиметаллический и золото-серебряный, разделённых временем. Полиметаллический тип минерализации характеризуется преимущественно свинцово-цинковым составом при подчинённой роли меди и невысоком содержании серебра. Он является более ранним, а золото-серебряный – более богатым, поздним, наложенным.

Полиметаллическая и золото-серебряная минерализации обычно совмещены в пространстве. При формировании месторождения, по-видимому, имела место неоднократная трансформация уже образованных полиметаллической залежей с перемещением ряда рудных компонентов (Cu, Pb, Ag и др.) в верхние горизонты месторождения.

При обобщении результатов литохимического опробования установлена геохимическая зональность. Прямая корреляционная зависимость, наблюдаемая между содержаниями золота-серебра-свинца и иногда цинка, характерна для верхних горизонтов. Прямая корреляционная зависимость на глубине сохраняется между Ag-Cu-Pb и заметно ослабевает с цинком. Связь между серебром и барием, молибденом и кобальтом здесь теряется, либо становится отрицательной. С глубиной в рудных телах уменьшаются содержания серебра при общем увеличении содержания золота.

Интерпретация результатов опробования каналов приобретает важное значение для обоснования рациональной методики поисковых работ на флангах Черепановского месторождения, а также при переоценке уже известных жильных тел.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вильдяев В. М. и др. Отчёт партии № 10/81-82 о результатах литохимической съёмки в Золотушинском и Змеиногорском рудных районах Алтайского края в 1981-82 гг. Фонды РАЭ, 1983. 190 с.
2. Гусев А. И., Гусев Н. И. Эпитермальное золото-серебряное Черепановское месторождение Рудного Алтая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований ISSN 1996-3955, 2010 г. – С. 96-98.
3. Майер Г. Н. Заметка о некоторых рудных месторождениях в Алтайском округе // Горный журнал, 1894, т. IV, С. 364-374.

ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛЮОРИТОВЫХ РУД МАЛТАТСКОЙ ПЛОЩАДИ И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

ПОЗДНЯКОВА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Плавиновый шпат (флюорит) представляет собой экономически и стратегически важное природное сырье, широко используемое в черной и цветной металлургии, химической промышленности, в атомной энергетике, сельском хозяйстве, производстве сварочных материалов, цемента, стекла, керамики и так далее.

Красноярский край относится к регионам, обладающим реальными предпосылками выявления новых месторождений плавинового шпата с легкообогатимыми рудами, приближенными к потребителям и сравнительно простыми горно-геологическими условиями. Наиболее перспективной в отношении возможного выявления месторождений флюорита, которые могут стать долговременной сырьевой базой для производства плавиношпатового концентрата высоких марок и кускового флюорита, является Дербинская флюоритоносная зона (далее ДФЗ), расположенная в северо-западной части Восточного Саяна.

Материал, положенный в основу проведенных исследований, был собран при полевых работах на производственной (преддипломной) практике, которая проходила на предприятии ОАО «Красноярскгеолсъемка» в пределах южной части Малтатского рудного поля ДФЗ Восточного Саяна.

Флюоритовые рудные тела проявлений Малтатской площади имеют, как правило, северо-западное простирание, вертикальное падение. Флюоритовая минерализация представлена гнездово-вкрапленными, прожилково-вкрапленными, брекчиевыми, редко массивными типами руд. По минеральному составу руды относятся к кварц-флюоритовым, с низким содержанием барита. Кварц часто встречается в виде низкотемпературных разностей, вплоть до халцедона, заполняющего пустоты и каверны. Общим для проявлений флюорита является пространственная связь оруденения с зонами повышенной трещиноватости.

По морфологическим признакам рудные тела классифицируются как сложные, реже, простые жилы с многочисленными апофизами, раздувами и пережимами. Протяженность установленных тел по простиранию от 5-10 до 80 м. Внутреннее строение их сложное: рудные интервалы, мощностью 0,3-8,5 м, разделены участками слабо минерализованных пород шириной от 0,3 до 11,5 м. Количество рудных интервалов в одном пересечении в пределах проявления изменяется от 1-го до 4-5-ти, реже 9-ти. По простиранию они расщепляются, сливаются или выклиниваются, обуславливая сложную морфологию рудного тела. Среднее содержание CaF_2 в рудных интервалах колеблется от 10,1 до 82,4 %, составляя по проявлениям 25,0-41,9 %.

Установлено крутое, близкое к вертикальному, падение рудных тел под углом 75-80°. С глубиной отмечается как уменьшение мощности рудных тел и содержания в них плавинового шпата (проявление Загадка), так и увеличение одного из этих параметров (проявление Орешное) при сохранении сложной морфологии. Вещественный состав руд выделенных проявлений достаточно близок и отличается значительными вариациями содержания SiO_2 и CaF_2 , что обусловлено соотношением обломков вмещающих пород и флюорита.

Изученные руды относятся к одному кварц-флюоритовому минеральному типу. Незначительная примесь других минералов обеспечивает высокое извлечение флюорита в концентрат в процессе обогащения.

Структурно-текстурные особенности руд определяются их формированием в зонах повышенной трещиноватости и брекчирования, протекающем при многостадийном процессе флюоритообразования в нестабильной рудолокализующей структуре. В результате образуется широкий набор текстурных разновидностей, который можно наблюдать в пределах рудных тел.

Изучение положения рудных тел в рельефе показало, что флюоритовое оруденение располагается в основном в пределах склона, и реже, подножия. Следовательно, в интервале

высот от 440 до 640 м можно будет прогнозировать появление новых рудных тел по простиранию и в узлах пересечений рудоконтролирующих структур.

На Малтатской площади преобладает 5 типов текстур – брекчиевая, прожилковая, массивная, вкрапленная, пятнистая; которые в большей или меньшей степени получили свое развитие на определенных высотах. Наиболее характерно незакономерное сочетание брекчиевой, прожилковой и вкрапленной текстур, количественное соотношение которых меняется как по простиранию, так и по падению рудных тел. Более редко встречается массивная жильная текстура (см. таблицу).

Распределение различных текстур в вертикальном разрезе рудного тела, %

Текстуры Рудное тело	Прожилковая	Брекчиевая	Массивная	Пятнистая	Вкрапленная
Верхняя часть	33	32	-	8	27
Средняя часть	40-45	32,5-33		19-22	8
Нижняя часть	33-40	40-45	10-22	10	-

В верхней, средней и нижней частях рудного тела наблюдаются 4 типа текстур – это является свидетельством того, что текстуры равномерно распределяются по всему объему рудного тела. Другая ситуация обстоит с преобладанием определенного типа текстуры в отдельной части изучаемого объекта. Например, прожилковая текстура, наряду с пятнистой чаще будет встречаться в средней части рудного тела, тогда как брекчиевая и массивная текстуры преобладают уже в нижней части разреза, а вкрапленный тип оруденения в большинстве своем будет встречаться вверху разреза.

Морфометрический критерий во многом отражает особенности геологического строения площади и позволяет оперативно оценивать, с учетом других факторов, перспективы выделенных участков. Флюоритовая минерализация установлена в интервале абсолютных отметок от 360 до 680 м. Отметка 250 м соответствует урезу воды Красноярского водохранилища, а самая высокая вершина – г. Бол. Стог – имеет высоту 877 м. Исследуемые проявления расположены в диапазоне отметок 440-640 м. Цифру их разницы в 200 м можно с определенными допущениями принять как вертикальный размах промышленного оруденения ДФЗ. Рудные тела и зоны наиболее перспективных проявлений (Верхнемалтатское, Орешное, Праворассохинское), заключающих приблизительно 40 % ресурсного потенциала сужают диапазон отметок до интервала 440-560 м. Площади в этом интервале отметок относятся к наиболее перспективным.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КАМСКО-УСТЬИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА

ХАФИЗОВ Р. И., БУРХАНОВ Р. Н.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

В данном докладе рассматриваются геологическое строение и метод разработки одного из старейших месторождения гипса. В 2005 году отмечалось 100-летие рудника. Первыми разработчиками гипса были древние болгары в 7 веке. Месторождение гипса расположено в Камско-Устьинском районе Республики Татарстан на правом берегу Куйбышевского водохранилища в 65 км от г. Казани. Площадь месторождения 4 кв. км. Отметки поверхности изменяются от 195 м до отметки уровня реки Волги 52,8 м. Восточная часть месторождения ограничивается обрывистым берегом водохранилища. В районе работы распространены четвертичные аллювиальные и пролювиальные, Казанские и Татарские отложения.

В геологическом строении месторождения принимают участие породы, которые представляют регрессивную сульфатную формацию Пермской системы. Пермская система представлена верхним отделом, который сложен Казанским и Татарским ярусами. В Казанском ярусе выделяется 7 серий (Ядреный камень, Слоистый камень, Подбой, Серый камень. Опоки, Подлужник, Переходная толща). «Ядреный камень» и «Слоистый камень», сложены, в основном, доломитами. Гипсовая толща «Подбой» перекрывается породами серии «Серый камень» и «Шиханы», общая толщина которых изменяется от 0,6 до 11,6 м. Сложены доломитами с желваками кремния. Выше залегает серия «Опоки», представленная доломитами, мергелями, гипсами и песчаниками. В составе серии выделяется Ш пласт гипса толщиной от 3,0 до 7,0 м. Кровля пласта находится на отметках 78-110,9 м. В кровле серии залегает песчаник плотный, средний крепости, мелкозернистый. В кровле верхнеказанских отложений залегают породы серий «Подлужник» и «Переходная», представленные доломитами с прослоями гипсов непромышленной мощности.

Структуру гипсов можно разделить на первичные и вторичные. Первичные возникают в момент образования породы, а вторичные структуры образуются при дальнейшем преобразовании породы. Вторичные структуры делятся по размеру и форме кристаллов. Гипс образуется в результате осаждения из истинных растворов.

Разработка месторождения осуществляется подземным камерно-столбовым методом. Месторождение состоит из 13 штреков коридоров. На каждом штреке – по 30 камер. Камеры имеют размеры 12×11 м, а в высоту – 7 метров. Камера в вертикальном и горизонтальном разрезах показана на рис. 1, 2.

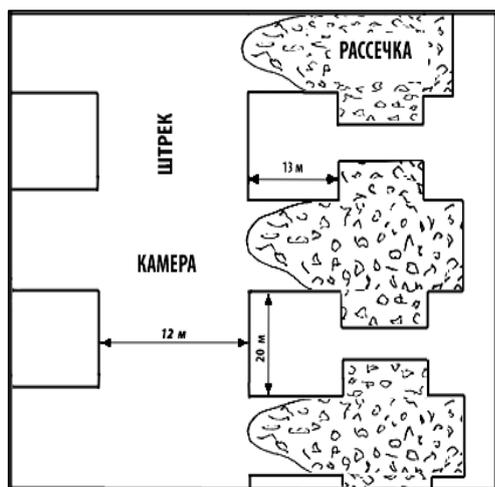


Рис. 1. Вертикальный разрез шахты

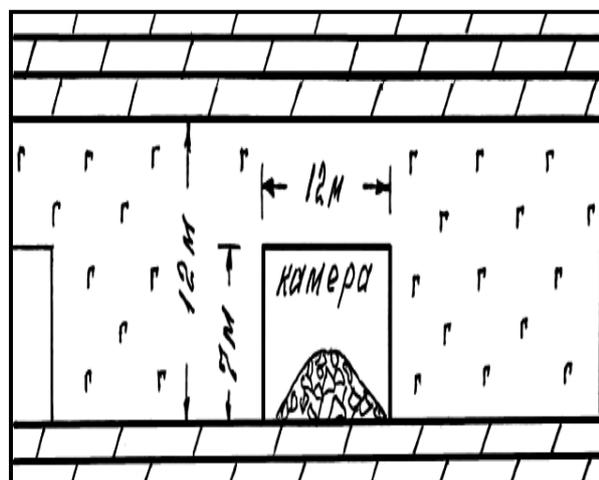


Рис. 2. Горизонтальный разрез шахты

Наиболее опасным явлением при разработке месторождения является сульфатный карст. Карст представлен зонами трещин, карстовыми пещерами, а на земной поверхности прослеживается в виде многочисленных карстовых воронок. Выработки и многочисленные пещеры объединяются в единую спелеологическую систему. Выделяются три основные зоны карста: в северо-западной части – зона номер 1; в юго-западной – зона номер 2 и вдоль р. Волги – зона номер 3 (см. рис. 3). В этих направлениях выработка пластов не ведется.

На начальном этапе исследования авторы предполагали, что карст месторождения связан с деятельностью р. Волги, но, построив карты по кровле и подошве гипсового пласта, убедились, что он залегает значительно выше реки. Было обнаружено, что поверхностные проявления карста связаны с понижениями в рельефе. Через эти участки происходит инфильтрация поверхностных вод, которые и усиливают процессы карстообразования. При анализе положения контактов пород ниже-татарского и средне-татарского подъярусов в долине р. Амгамки была установлена значительная разница в их отметках. Авторы предположили, что здесь находится разлом, через который также происходит инфильтрация воды.

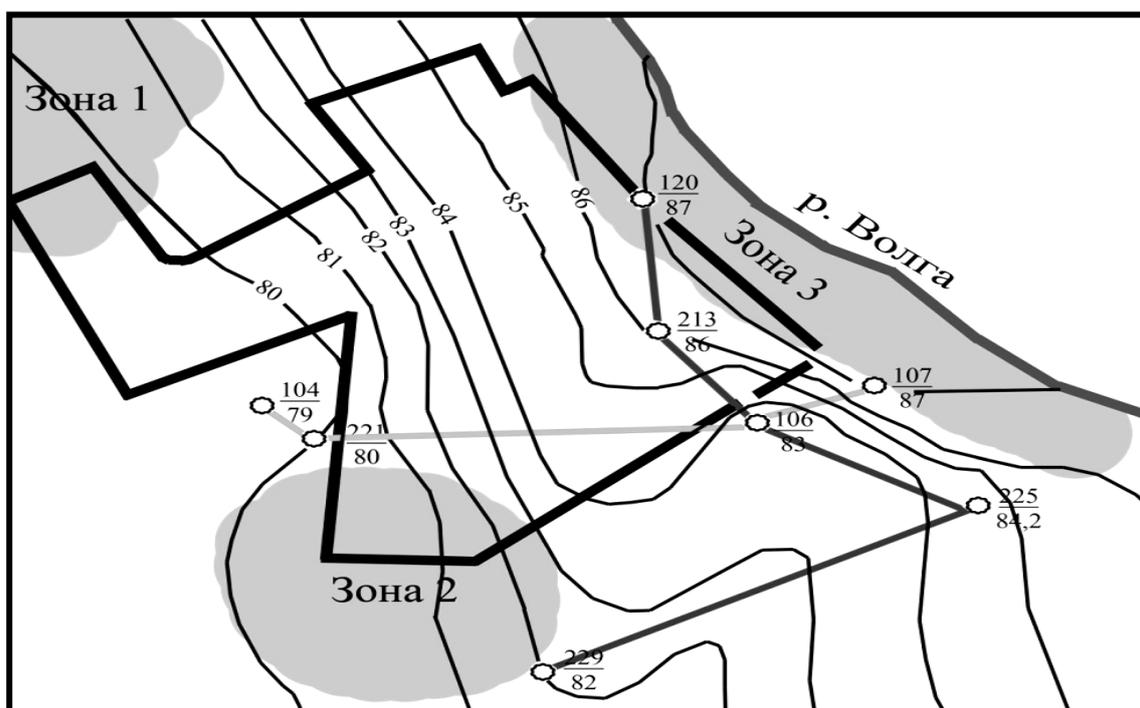


Рис. 3. Карта кровли месторождения

К вопросу о перспективах добычи гипса можно отметить, что на месторождении добывается гипс высших 1 и 2 сортов (по содержанию) и три основных сорта (по фракционному составу камня). Их отправляют на переработку в летний период различными грузовыми судами по Волге, так как в зимний период отправка невозможна из-за образования ледяного покрова на реке. Доставка производится на заводы:

- 1) ООО «Аракчинский гипс»
- 2) ОАО «Ульяновскцемент»
- 3) ОАО «Вольскцемент»
- 4) ОАО «Вольск АЦИ» и др.

Гипс широко используется в различных строительных и медицинских целях.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СИЛЬВИНИТОВОГО ПЛАСТА АБ ВМКМС

БОГАТЫРЕВ Н. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Верхнекамское месторождение калийно-магниевого солей представляет собой свиту калийных и калийно-магниевого солей, разделенных пластами каменной соли. Соляные залежи связаны с породами галогенной формаций раннепермского возраста (верхи кунгурского яруса) в пределах Соликамской депрессии. В строении продуктивной части соляной залежи месторождения выделяют две зоны: нижнюю-сильвинитовую и верхнюю сильвинито-карналитовую. В объеме сильвинитовой зоны выделены четыре пласта. Основное промышленное значение имеет сдвоенный пласт АБ. Все пласты вскрыты скважинами в «слепом» залегании.

Объект исследования – Усть-Яйвенский участок, находящийся в юго-западной части месторождения. В его пределах пробурено около 40 скважин. По каждой разведочной выработке установлены параметры, учитываемые при оконтуривании и подсчете запасов калийных солей. В их числе: абсолютные отметки кровли и почвы пласта АБ, значения мощностей сильвинитового пласта, средние содержания на пласт хлористого калия (KCl), хлористого натрия (NaCl) и брома (Br). Обработка собранной информации выполнена с использованием программы SURFER. Интерпретация полученных результатов выполнена с использованием методики парагенетического анализа*. В основе методики лежит исследование закономерных сочетаний химических элементов в породе, их компонентов и минералов (или компонентов руд) с оценкой изменения этих сочетаний в пространстве и во времени. Полученные результаты приведены на рис. 1.

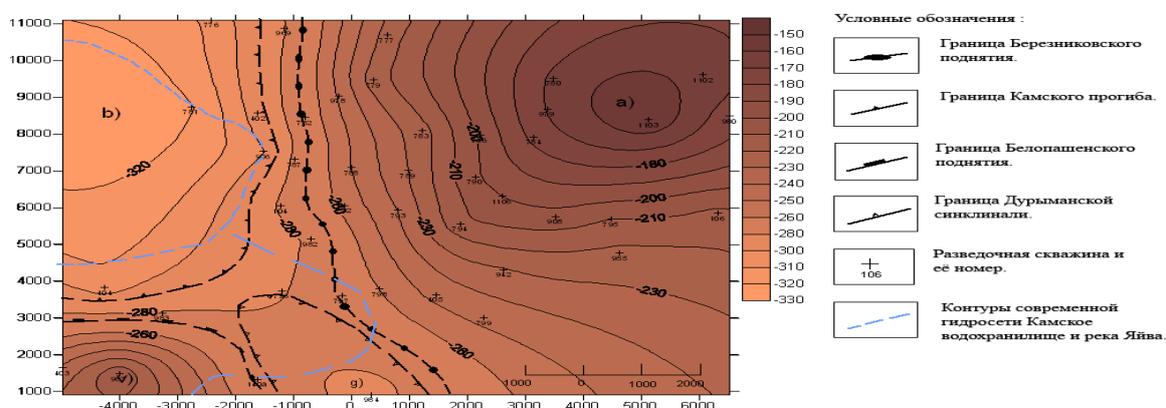


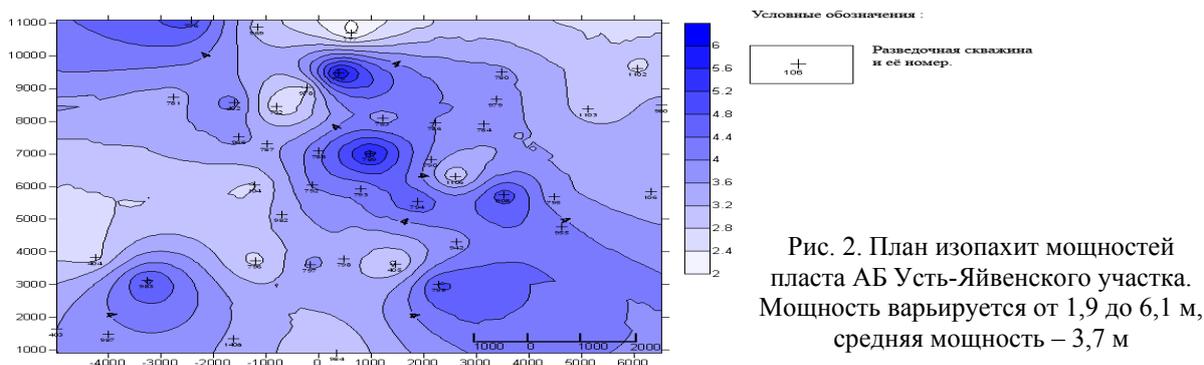
Рис. 1. План изогипс пласта Усть-Яйвенского участка. Основные морфоструктуры:
 а) Березниковское поднятие; б) Камский прогиб; в) Белопапенское поднятие; г) Дурьманская синклинали

При анализе отстроеного плана изогипс (рис. 1) выполнены морфоструктурные построения в пределах разведанной площади (порядка 10,5 км). Судя по структурному плану изогипс подошвы, ранее субгоризонтально залегавший пласт АБ на «пострудном» этапе (в мезозое-кайнозое) испытал тектоническое корабление. Об этом свидетельствует изменение абсолютных отметок с -160 м (в северо-восточной части) до 320 м (на западе площади). Определившиеся при этом морфоструктуры получили отражение в современном рельефе. В их числе выделены: Березниковское поднятие (северо-восточная часть площади),

* Мягков В. Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. – М.: Недра, 1984. – 126 с.

Белопашенское поднятие (юго-западная часть), разделяющая их Дурыманская синклиналь (впадина), Камский прогиб (на западе, унаследованной современной долиной реки Камы).

Отстроенный план изопакит (рис. 2) пространственное изменение суммарной мощности пласта и позволяет отметить следующие; а) мощность пласта варьирует в пределах 1,9-6,1 м, в среднем составляя 3,7 м, что позволяет обрабатывать пласт АБ комбайном Урал 20м с выемочной мощностью 2,1 м без потерь и разубоживания качественных параметров; б) при геометризации выделилась зона повышенной мощности (более 4 м), прослеживаемая в виде полосы северо-северо-западной ориентировки, она приурочена к склону Березниковского поднятия; возможно, что в период осадконакопления на этом участке существовала ложбина с наиболее благоприятными условиями для отложения соли.



Отстроенные планы изоконцентрат дают представление о пространственном распределении основных компонентов сильвинитового пласта (KCl, NaCl, Br) на участке. Геометризация значения KCl (при минимальном значении 13,98 %, максимальном – 52,23 %, среднем – 40 %) позволила отметить, что область повышенных концентраций KCl (44 % и выше) приурочена к юго-восточному сектору, а область со значением 41 % и выше протягивается в субширотном направлении. Какой-либо пространственной согласованности поля распределения KCl с планом изогипс и изопакит не отмечено.

Иной характер свойственен плану распределения значений NaCl: минимальное значение – 42,43 %, максимальное – 81,85 %, среднее – 55 %. Максимальные значения (от 60 % и выше) протягиваются в субмеридиональном направлении в виде концентрически обособленных аномалий. Соотношения полей концентрации NaCl и KCl антикордантное. Рассчитанное с использованием модуля $\cos \varphi$ значение коэффициента корреляции между отмеченными полями оказалось равным -0,48. Антикордантное соотношение полей, по мнению В. Ф. Мягкова, свидетельствует о том, что минералообразование шло по способу глубокой дифференциации вещества. Резкая сепарация вещества, находившегося изначально в истинном рассоле, привела к образованию существенно сильвинитовых и галитовых горизонтов.

На отстроенном плане изоконцентрат брома (минимальное значение 0,022 %, максимальное – 0,087 %, среднее – 0,06) видно, что максимальные значения этого элемента отмечены в юго-восточном секторе площади. Поля Br и KCl уверенно коррелируются – конкордантное соотношение. Коэффициент корреляции, рассчитанный с использованием $\cos \varphi$, составил +0,58. Установлено, что бром собственных минералов на месторождении не образует и входит в состав солей в виде изоморфных примеси. На уровень концентрирования брома в минералах солей влияет скорость кристаллизации основного минерала-носителя – чем выше скорость кристаллизации и меньше зернистость, тем больше переходит брома в твёрдую фазу.

Несмотря на то, что сильвинитовый пласт в настоящее время планируется обрабатывать горнодобывающим комплексом на весь вскрытый разрез, исследования пространственного распределения компонентов могут быть полезны при составлении плана развития на шахтном поле горных работ, обосновании возможных качественных показателей добываемой минеральной соли.

ПЛОТНОСТНЫЕ ГРАНИЦЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ КАК ИСТОЧНИК ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

ВАНДЫШЕВА К. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В работе [1] были описаны результаты геологической интерпретации Нижне-Тагильской аномалии в поле силы тяжести и показано, что в геологическом отношении ее источником может быть протрузия ультрабазитов, вещество которой внедрилось из низов земной коры под действием глубинного стресса по зоне листрического разлома, служащей границей между Центрально-Уральским поднятием (ЦУП) и Тагильским прогибом (ТП). Но в этой работе не был дан ответ на вопрос о том, чем обусловлен стресс, какова его природа. В настоящей статье сделана попытка анализа различных факторов (структурно-тектонических, геодинамических и геомеханических), которые могли бы способствовать миграции мантийного вещества из низов коры по проницаемой разломной зоне к дневной поверхности.

Начнем этот анализ с оценки характеристик естественного поля напряжений. Это поле по современным представлениям рассматривается как суперпозиция нормального поля, обусловленного весом пород (литостатическая нагрузка) и аномального или тектонического. Обозначим главные значения тензора естественного поля напряжения через $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$, нормального – через $\sigma_x^0, \sigma_y^0, \sigma_z^0$, тектонического – через $\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_z$, где x, y, z – направления главных осей напряжений, совмещенных с осями декартовой системы координат, в которой ось z направлена по линии отвеса внутрь Земли.

Главные значения тензора нормального поля напряжений в предположении, что консолидированная кора – однородное по упругим свойствам тяжелое полупространство с плоской границей раздела «воздух-земля», перпендикулярной оси z . В этом случае, как известно [3],

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z^0 &= \rho gh \\ \sigma_x^0 &= \sigma_y^0 = \frac{\nu}{1-\nu} \rho gh = \frac{\rho gh}{m-1} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где ρ – плотность пород; g – ускорение силы тяжести; h – глубина определения напряжения; ν – коэффициент Пуассона; m – число Пуассона, равное $1/\nu$.

Некоторые исследователи [9, 10 и др.] называют минимальное напряжение нормального поля всесторонним. Это напряжение растет с глубиной (как, впрочем, и два других – максимальное и промежуточное). Растет с глубиной и температура. На глубине более 5 км она превышает 100-200 °С [5]. В таких термодинамических условиях в геологической среде начинают развиваться процессы ползучести и релаксации напряжений, особенно если время релаксации напряжений превышает 10^{13} с, что характерно для древних структур, каковой, в частности, является уральская складчатая система. Это приведет к тому, что горные породы приобретают свойства несжимаемой жидкости, для которой коэффициент Пуассона приближается к 0,5. Тогда, как следует из формул (1), при $\nu=0,5$ $\sigma_x^0 = \sigma_y^0 = \sigma_z^0$, т.е. в геологической среде наступает гидростатическое напряженное состояние, или состояние равномерного всестороннего сжатия, при котором тензор нормального поля напряжений будет шаровым, а дифференциальные напряжения, равными 0. В этом случае среда будет находиться в равновесии, деформация будет равна 0 и, следовательно, будут отсутствовать условия для перемещения мантийного вещества из низов коры в вертикальном направлении к дневной поверхности. По оценкам [2, 4 и др.] гидростатическое напряженное состояние устанавливается в консолидированной коре на глубине более 5 км. В нашем случае это соответствует глубине залегания нижней кромки протрузии [1].

Какие же причины в такой ситуации могут способствовать деформированию геологической среды и обуславливать в ней различные структурно-тектонические преобразования: разломо- и структуро-образование? Причиной этой деформации является тектоническое поле напряжений. Что же оно из себя представляет? Каков его источник?

В работах [7, 8] дано решение задачи о напряжениях, вызываемых различными формами рельефа внутрикорковых поверхностей, при переходе через которые происходит скачкообразное изменение плотности пород. Эта задача решена для модели коры в виде бесконечного упругого полупространства с плоской внешней границей, имитирующей дневную поверхность. Полупространство состоит из двух одинаковых по величине упругих модулей плоскопараллельных слоев – верхний имеет конечную мощность, равную h , мощность второго – бесконечна. На подошве верхнего слоя задается скачок плотности $\Delta\rho$. Положительная или отрицательная форма поверхности $z=h$ имитируется действием осесимметричной нагрузки P , радиус действия которой равен радиусу основания формы рельефа (выпуклость), и отрицательной – при отрицательной форме рельефа (впадина). Величина средней величины нагрузки P_0 в пределах круга радиуса r_0 определяется по формуле

$$P_0 = \frac{1}{2} \Delta\rho g H, \quad (2)$$

где H – максимальная высота (глубина) формы рельефа.

Наибольший интерес рассмотренной в [7, 8] задачи представляется случай, когда распределение нагрузки (форма рельефа) описывается параболоидом

$$P(r) = \begin{cases} 2P_0(1-\alpha^2), & \text{при } 0 \leq \alpha \leq 1 \\ 0, & \text{при } \alpha > 1 \end{cases}, \quad (3)$$

где $\alpha=r/r_0$.

Из анализа результатов вычисления максимального касательного напряжения ($\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma'_z - \sigma'_x)$), приведенного в [7, 8], следует, что

– напряжения, обусловленные различными формами рельефа плотностной границы, возникают не только ниже, но и выше поверхности $z=h$, нарушая гидростатическое напряженное состояние;

– величина напряжений зависит от глубины нахождения неровностей плотностной границы.

А теперь рассмотрим, что из себя представляют основные плотностные границы в пределах Тагило-Кушвинского железорудного района. Их две – поверхность Мохо и кровля гранулит-базитового слоя. Положение обеих установлено по данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ).

Обе границы осложнены: граница Мохо – погружением, кровля гранулит-базитового слоя – выпуклостью. Скачок плотности при переходе через поверхность Мохо составляет $0,40 \text{ г/см}^3$, через кровлю гранулит-базитового слоя – $0,10 \text{ г/см}^3$ [6]; глубина h до кровли гранулит-базитового слоя оценена в 20 км, поверхности Мохо – в 40 км. В мантии граница Мохо погружается на 10 км; высота выступа в гранулит-базитовом слое около 10 км. Обе формы рельефа в плане изометричны, и радиусы и той, и другой структур приблизительно равны 40 км. Величина средней нагрузки в пределах круга поверхности Мохо – 100 МПа. По этим данным была построена схематическая модель коры Среднего Урала (см. рис. 1). Ее отличие от модели, для которой решена задача в [7], заключается в том, что она трехслойная, поэтому расчет абсолютных значений максимальных касательных напряжений был выполнен отдельно для верхней и нижней плотностных неоднородностей (см. рис. 2).

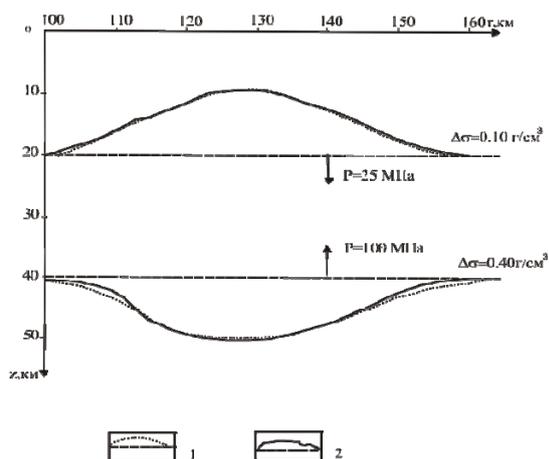


Рис. 1. Модель коры:

1 – аппроксимация рельефа плотностной границы параболоидом; 2 – фактическая линия рельефа

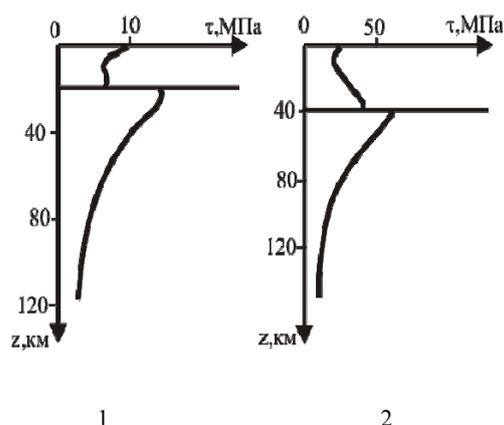


Рис. 2. Изменения абсолютных значений максимальных сдвиговых напряжений по глубине:

1 – гранулит-базитовый слой; 2 – поверхность Мохо

Из расчетов следует, что касательные напряжения верхней плотностной неоднородности увеличивается к дневной поверхности от 7 до 10 МПа; нижней – уменьшается от 40 до 30 МПа. Имея противоположные направления действия, они компенсируют друг друга, поэтому их разность будет способствовать нарушению гидростатического напряженного состояния в коре от ее низов до дневной поверхности, т. е. равновесию в среде и обеспечивать, таким образом, условия для миграции мантийного вещества к дневной поверхности и формированию протрузии ультрабазитов.

Работа выполнена при поддержке гранда РФФИ, проект № 100500013.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вандышева К. В. О геологической природе источника Нижне-Тагильской аномалии в поле силы тяжести // Литосфера. – 2011. – № 2. – (в печати).
2. Гутерман В. Г. Эволюция многофазно-слоистой тектоносферы. – Киев: Наукова думка, 1977. –
3. Динник А. Н. Статьи по горному делу. – М.: Углеиздат, 1957. – 195 с.
4. Исай В. М. К вопросу об условиях разломообразования консолидированной земной коре // Геофизический журнал. – 1983. – Т 5. – № 3. – С. 88-94.
5. Кутас Р. И. Поле тепловых потоков и термическая модель земной коры. – Киев: Наукова думка, 1978. – 148 с.
6. Оценки региональных напряжений в верхней части земной коры Среднего Урала и Пермского Приуралья / Хронусов В. В., Константинова С. А. и др. // ФТПРПИ, 1999. – № 4. – С. 33-42.
7. Трубицын А. П., Карасева А. А. Упругое напряжение, связанное с неровностями плотностных границ раздела в Земле // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1979. – № 12. – С. 15-22.
8. Трубицын А. П. Неровность плотностных границ раздела как источник напряжений в коре и мантии // Изучение Земли как планеты методами астрономии, геодезии и геофизики. – Киев: Наукова думка, 1982. – С. 39-46.
9. Ферхуген Дж., Тернер Ф., Вейс Л., Вархафтиг К., Файф У. Земля. Введение в общую геологию. Т. 2. – М.: Мир, 1974. – С. 482-595.
10. Хендин Д. Прочность и пластичность // Справочник физических констант горных пород. – М.: Мир, 1969. – С. 211-273.

ДОЛЕРИТЫ СРЕДНЕГО УРАЛА

ГРОМОВА А. И., РЫБАЛКО В. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Долериты как объекты исследования привлекают внимание геологов многих стран. Подобный интерес вызван тем, что данные интрузивные образования являются реперными комплексами, формирующимися при определенном геодинамическом режиме – режиме глубинного растяжения земной коры, или спрединга. Долеритовые дайковые серии встречаются как в материковых, так и в океанических сегментах.

В пределах Уральского складчатого пояса комплексы долеритов разного возраста и генезиса зафиксированы на всем его протяжении. Проблема разделения разновозрастных базитов заключается в сходстве минерального состава, структур и текстур, окраски и морфологических особенностей пород. Долериты, как правило, образуют вытянутые ареалы и протяженные пояса даек. Для изучения долеритовых серий Восточной зоны Среднего Урала были выбраны для полевых наблюдений два участка – Рефтинский и Смолинский.

В дальнейшем были проанализированы материалы предыдущих исследований, собрана коллекция горных пород, проведены лабораторные исследования. Результаты изложены в данной статье.

Рефтинский участок находится на правом берегу р. Рефт вблизи одноименного поселка. В крупном щебеночном карьере обнажаются параллельно крутозалегающие дайки долеритов. Размеры дайкообразных тел изменчивы – от первых см до первых десятков м по мощности и до 4 км по простиранию. Между дайками долеритов – габбродолеритов располагаются блоки габброидов (так называемых скринов). Долериты представлены зеленовато-серыми до черного цвета породами. Минералы в центральных частях тел – мелкозернистые, в зонах закалки – тонкозернистые. Структура пород – офитовая. Текстура массивная. Минеральный состав – магнезиальная роговая обманка, плагиоклаз, рудный минерал. Вторичные изменения представлены эпидотизацией, хлоритизацией, сосюритизацией. Магнитная восприимчивость составляет $110-116 \times 10^{-6}$ СИ. С дайками долеритов пространственно сопряжены мономинеральные эпидозиты, реже – кальцитовые жилы и прожилки.

Комплексы параллельных даек являются признаком офиолитов, часто, но не всегда, фиксирующих раздвижение плит и рождение океанической коры в зонах спрединга. По ряду других признаков В. Н. Смирновым [3] была доказана принадлежность рефтинских базитов к офиолитовой формации. Офиолиты являются характерной ассоциацией основных и ультраосновных пород, находящихся в определенных стратиграфических соотношениях. В ее состав входят следующие комплексы: 1) ультрабазитовый, выделяемый в основании ненарушенных офиолитовых разрезов, который состоит из мощной толщи тектонизированных перидотитов с жильной серией разнообразных ультрамафитов, иногда мафитов; 2) габброидный, объединяющий пеструю толщу закономерно чередующихся в разрезе ультрамафитов и габброидов; 3) параллельных даек, преимущественно основного состава; 4) вулканический, представленный подушечными лавами и гиалокластитами [1].

Смолинский участок располагается на левобережье р. Исеть напротив д. Смолино, а также по р. Камышенка – левому притоку р. Исеть. В легенде Среднеуральской серии листов масштаба 1:200000 смолинский дайковый комплекс выделен в ранге петротипа. На Смолинском участке имеет место ареал даек долеритов и габбродолеритов с северо-восточным простиранием. Строение тел – одинаковое: в центре раскристаллизованная порода, в зоне контактов – тонкозернистая.

Породообразующими минералами долеритов и габбродолеритов являются роговая обманка или пироксен, альбитизированный, нечетко зональный плагиоклаз. Структура пород габбро-диабазовая, офитовая, текстура массивная. Акцессорные минералы – гематит, магнетит, титаномагнетит, ильменит. Титаномагнетит представлен своеобразными скелетными формами, ильменит чаще замещен лейкоксеном. К вторичным минералам относятся кальцит, хлорит, серицит, сосюрит, редко – кварц.

Сопутствующие гидротермалиты имеют карбонатный состав. Дайки долеритов пронизаны кальцитовыми выделениями. Особенно обильная сеть прожилков наблюдается в эндоконтакте даек в виде псевдобрекчиевой структуры. Магнитная восприимчивость пород низкая, полосовидная по падению – $20-40 \times 10^{-6}$ СИ. Возраст пород принят раннекаменноугольным (визейский) на основании находок брахиопод во вмещающих породах. По мнению Е. Н. Волчек [2], становление системы долеритовых даек связано с явлениями растяжения в тыловой части фронта коллизии при шарьировании.

Сравнивая геохимическую специализацию долеритов Рефтинского и Смолинского участков, получают следующие результаты. Долериты рефтинского участка обогащены (в 3,0 и более раз) медью, цинком, свинцом, молибденом, оловом, хромом. Долериты Смолинского участка обогащены (в 3 и более раз) серебром, стронцием, барием.

Цифры не вполне корректны, поскольку рефтинские долериты анализировались в лаборатории УГГУ, а Смолинские – в лаборатории Института геологии и геохимии более точными методами, но определенная тенденция геохимической специализации намечается.

На диаграмме кремнезем – щелочи (рис. 1) фигуративные точки смолинских долеритов попадают в поле субщелочной серии, а рефтинских долеритов – в поле толеитовой серии.

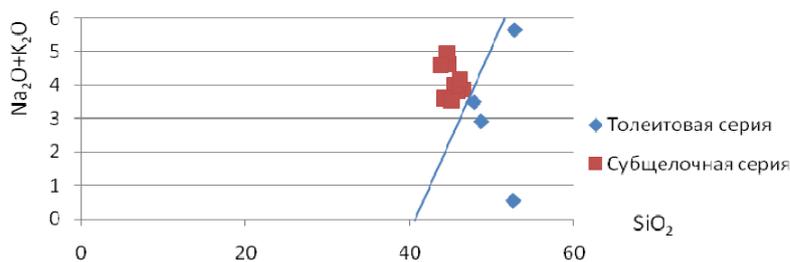


Рис. 1. Диаграмма $K_2O + Na_2O - SiO_2$ (сплошной линией показана граница между щелочной и толеитовой базальтами Гавайских островов, по Макдональду и Кацуре)

На диаграмме $TiO_2 - SiO_2$ (рис. 2) видно, что рефтинские долериты характеризуются низкой титанистостью по сравнению со смолинскими. Тренд составов смолинских долеритов более обширный.

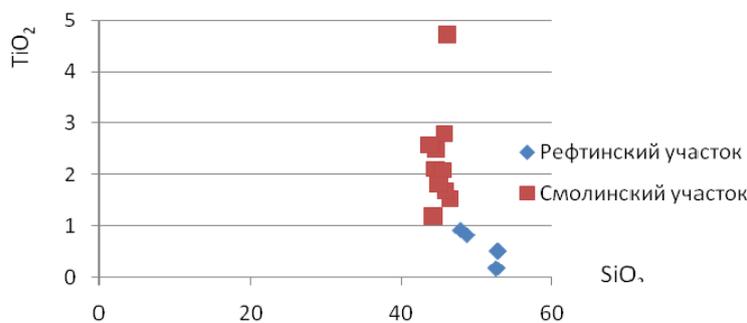


Рис. 2. Диаграмма $TiO_2 - SiO_2$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева Е. Д., Богатиков О.А. и др. Магматические г/п. Основные породы. – «Офиолитовый комплекс», с. 106.
2. Волчек Е. Н., Червяковский В. С. Вещественный состав долеритовых даек в верхнедевонских отложениях р. Исети // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрОАН. – Вып. 157. – 2010. – С. 113-115.
3. Лобова Е. В., Смирнов В. Н. Амфиболы параллельных долеритовых даек офиолитовой ассоциации восточной зоны Среднего Урала // Вестник Уральского отделения Российского минералогического общества. – № 7. – 2010. – С. 76.
4. Князев В. С., Кононова И. Б. Руководство к лабораторным занятиям по общей петрографии. – М.: Недра, 1991.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕ-АЛИИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

АБАТУРОВА И. В., ПУГОВКИНА Е. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

При формировании массива скальных пород в нем образуется пространственная неравномерная сеть тектонических разрывных нарушений и трещин разных размеров, играющих роль деконцентрации естественных напряжений, повышения водопроницаемости, уменьшения характеристик прочностных и деформационных свойств массива и как следствие снижение устойчивости горного сооружения. Трециноватость, включающая в себя разноориентированные системы трещин разных порядков, образует в массиве различные по размеру и форме ячеи «сети зон» ослабления, причем в каждой из ячеек располагается блок относительно сохранных пород. Форма и размер блока определяются характером сочленения плоскостей трещин, развитых в конкретной части изучаемого массива [1].

Верхне-Алиинское золоторудное месторождение находится на территории Балецкого района Читинской области, в отрогах Ононского хребта [2].

В пределах месторождения геометризовано и изучено 6 рудных тел: Зона Главная, Зона 5, Зона 10, Жила 2, Жила Сентябрьская-2, Жила Майская-1. Согласно классификации ГОСТ 25100-95, разрез месторождения представлен двумя классами: природных скальных (преимущественно монзонитов, в различной степени измененных метасоматическими процессами) и дисперсных пород (мощностью от 1 до 45 м).

Приуроченность месторождения к зонам сочленения крупных тектонических структур субмеридионального и субширотного простирания, обусловило блоковое строение и развитие тектонических зон дробления, представленных обломками в виде дресвы и щебня, часто малопрочные, легко ломаются руками. Поверхности трещин нередко с зеркалами скольжения, с корочками карбонатов, хлоритов, нередко обломки перемешаны с глиной трения либо каолинизированы.

Ослабленные зоны отличаются от тектонических зон дробления размерами столбиков керна – их длины составляют от 5-6 до 10-12 см, переработкой (перематостью) пород, их интенсивной каолинизацией, пониженной прочностью, покрытием серией либо параллельных, либо ветвящихся тонких трещин без заполнителя, практически невидимых. При слабом механическом воздействии порода рассыпается на мелкую остроугольную дресву, либо обломки длиной 3-6 см.

Месторождение характеризуется развитием открытой и закрытой трещиноватости. Открытые трещины преимущественно сколовые с гладкими притертыми поверхностями, с зеркалами и штрихами скольжения. Закрытые – залеченные хлоритом, вермикулитом, каолинитом, кварц-карбонатным и рудным материалом. По углу наклона преобладают трещины, ориентированные под углом 30, 45 и 60° к оси керна [2].

В основе классифицирования была использована «Классификация пород по степени трещиноватости» ВСЕГИНГЕО [3] с добавлениями, вызванными спецификой исследуемого объекта (табл. 1).

Инженерно-геологический анализ интенсивности трещиноватости проводился с использованием таких критериев как модуль трещиноватости (Mm), модуль кусковатости (Mk), показатель прочности породы (RQD), коэффициент зон дробления (Kdp).

Стоит отметить, что категория пород по степени трещиноватости определенная по каждому из вышеперечисленных классификационных показателей на одном и том же интервале может отличаться друг от друга, как в сторону наименьшей степени трещиноватости, так и большей. Данное обстоятельство обусловлено, прежде всего, спецификой трещиноватости массива, поэтому при классификации пород в пределах каждого двадцатиметрового интервала, авторы отчета ориентировались на наихудшие условия, т.е. на наибольшую интенсивность трещиноватости (определенную по каждому из классификационных показателей).

Таблица 1

Классификация пород по степени трещиноватости

Категория пород по степени трещиноватости	Мт, тр/м	Мк, кус/м	RQD, %	Размер элементарного структурного блока, м	Коэффициент зон дробления, д. ед.
Слаботрещиноватые	<3	<5	>40	>0,15	<0,05
Среднетрещиноватые	3-7	5-10	20-40	0,09-0,15	0,05-0,20
Сильнотрещиноватые	7-15	10-15	5-20	0,06-0,09	0,20-0,30
Раздробленные	>15	>15	5	<0,06	>0,3

Следует отметить, что для рудных тел характерна различная степень интенсивности трещиноватости пород, которая обусловлена влиянием целого ряда факторов, таких как тектонические напряжения пород, процессы рудообразования, процессы разгрузки и т.д.

Наиболее интенсивно трещиноватые породы распространены в пределах рудных тел Жила 2 и Жила Сентябрьская-2, где на долю сильнотрещиноватых и раздробленных пород приходится 64,5 и 64,6 % соответственно. Причем доля раздробленных пород в пределах рудного тела Жила Сентябрьская-2 составляет 32,3 %, в пределах рудного тела Жила 2 – 11,6 %.

Рудные тела Зона Главная и Зона 5 характеризуются наименьшим распространением раздробленных и сильнотрещиноватых пород. В пределах рудного тела Зона Главная на долю раздробленных и сильнотрещиноватых пород приходится 14,9 % от общей длины исследованного керна, в пределах рудного тела Зона 5 – 15,8 %.

Среднетрещиноватые и слаботрещиноватые породы преобладают в пределах рудных тел Зона Главная и Зона 5, где на их долю приходится 85,1 и 84,2 % от общей длины исследованного керна соответственно. Наименьшее распространение среднетрещиноватые и слаботрещиноватые породы получили в пределах рудных тел Жила 2 и Жила Сентябрьская-2 – 35,5 и 35,4 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение пород по степени трещиноватости (из расчёта на 20-метровый интервал)

Категория пород по степени трещиноватости	Распространенность пород в массиве, %					
	Зона Главная	Зона 5	Зона 10	Жила 2	Жила Сентябрьская-2	Жила Майская-1
Слаботрещиноватые	3,0	0,0	4,1	0,0	0,0	2,1
Среднетрещиноватые	82,1	84,2	69,1	35,5	35,4	74,5
Сильнотрещиноватые	14,9	5,3	18,6	52,9	32,3	9,6
Раздробленные	0,0	10,5	8,2	11,6	32,3	13,8

Таким образом, наибольшей интенсивностью трещиноватости в массиве пород Верхне-Алиинского месторождения, характеризуются рудные тела Жила 2 и Жила Сентябрьская-2, наименьшей – рудные тела Зона Главная и Зона 5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абатурова И. В., Емельянова И. А., Зудилин А. Э. Особенности оценки степени трещиноватости пород при инженерно-геологическом изучении месторождений полезных ископаемых.
2. Абатурова И. В., Анохина О. О., Афанасиади Э. И., Грязнов О. Н., Емельянова И. А., Стороженко Л. А. Отчет «Изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий Верхне-Алиинского золоторудного месторождения».
3. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых. ВСЕГИНГЕО. – М.: Недра, 1986. – 171 с.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, РАЗВЕДКИ И ДОБЫЧИ ХРИЗОБЕРИЛЛ-АЛЕКСАНДРИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛЬСКИХ ИЗУМРУДНЫХ КОПЕЙ

ПОПОВА Е. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

23 января 1831 года (по старому стилю) является официальной датой открытия Уральских изумрудных копей.

В 1833 году на Сретенском месторождении, входящее в состав Уральской изумрудоносной полосы, Я. В. Коковиним был найден хромсодержащий хризоберилл и Н. Норденшильдом был назван александритом в честь русского царя-реформатора Александра II. В этот день на месте первой находки по приказу командира Екатеринбургской гранильной фабрики были начаты горные работы, и вскоре здесь вырос прииск, получивший название Сретенский (ныне Свердловское месторождение). Первое сообщение об уральском хризоберилле мы находим у профессора Д. И. Соколова в его дополнительных страницах Руководства по минералогии.

В «Горном журнале» (1840 г.) появилась заметка с описанием уральского хризоберилла, принадлежащая Г. Розе. Он был первым минералогом, кто измерил и вычертил кристалл уральского хризоберилла. Всё это ему удалось благодаря любезности обер-бергмейстера А. Б. Кеммерера, который во время кратковременного посещения Берлина демонстрировал Г. Розе замечательные по величине и прекрасно образованные кристаллы [1].

Уральцу и выпускнику Горного института Н. И. Кокшарову принадлежит классическое описание кристаллов хризоберилла и его разновидности – александрита – яркий пример тщательных геометрических исследований. Им была описана самая большая и знаменитая друза александрита, которая состояла из 26 больших и многих меньших тройниковых кристаллов. Большинство кристаллов имеют тёмный травяно-зелёный цвет и просвечивают в краях. Вся группа имеет около 25 см в длину, около 14 см в высоту и около 11 см в ширину. Вес 13 фунтов и 13 золотников. Если перейдём из старых русских мер веса к современным, метрическим, - друза весит 5,872 кг. Данная историческая друза после долгого пребывания за границей благодаря усилиям В. И. Вернадского и А. И. Ферсмана в числе прочих уникальных камней из коллекции П. Кочубея вернулась в Россию и сейчас хранится в минералогическом музее Академии наук им. А. Е. Ферсмана в Москве [1].

Детальное научное минералогическое описание хризоберилла и александрита приведено в книге К. А. Власова, Е. И. Кутуковой [2]. Следующим серьёзным научным изданием, целиком посвященным александриту, является монография Ю. С. Козлова, вышедшая в 2003 г. в издательстве «Наука» [4]. В ней подробно описывается кристалломорфология минерала, методы его исследования, приводится обзор рынка и цен на камень. Данная работа может послужить своего рода справочником, посвященным одному-единственному камню.

В 2009 г. вышла большая интернет-книга, в которой рассказывается об уральском александрите, его свойствах, происхождении, истории открытия и использования человеком этого прекрасного самоцвета, мифах и легендах, с ним связанных.

В 2010 г. вышло серьёзное зарубежное научное издание *Russian Alexandrites*, автором которого является доктор Karl Schmetzer. Оно полностью посвящено уральскому александриту. В работе приводятся результаты исследования современными методами (рентген-флюоресцентный анализ, лазерная ICP-MS спектроскопия, ИК-спектроскопия, микронзондовый анализ) уральских александритов.

На Уральских изумрудных копиях хризоберилл-александритовая минерализация, в основном, развита на следующих месторождениях Изумрудных копей: Мариинском (Малышевском), Черемшанском, Свердловском и Красноболотном рудопроявлении. В таблице, по данным А. Е. Ферсмана, Л. А. Изергина, приводятся данные по добыче и огранке хризоберилла и александрита с 1833 года по 1947 год на территории Уральских изумрудных копей [3].

Данные по добыче и огранке хризоберилла и александрита

Месторождение	Годы разработки	Добыто сырья, грамм	Огранено камней	
			Кол-во, шт.	Масса, карат
Изумрудные копи (Красноболотное)	1833-1862	39787	135	-
То же	1878-1882	40950	-	-
Малышевское	1899	4015	855	198
Малышевское	1930	107	733	182
Черемшанское	1934	135	-	230
Черемшанское	1945	421	-	-
Черемшанское	1947	32	-	-

Примечание: прочерк – отсутствие данных.

При детальной разведке, проведенной в 1982-1991 годах на глубоком горизонте Мариинского месторождения, впервые в истории были посчитаны ресурсы и запасы хризоберилл-александритовой минерализации.

По результатам детальной подземной разведки, проведенной ранее в 1982-1990 годах на Свердловском и Черемшанском изумрудноносных месторождениях, выделен новый тип рудных тел хризоберилл-фенакитового состава. Позднее, в 2000 г., были оценены прогнозные ресурсы данного вида камнесамоцветного сырья. Основная масса жил этого типа локализуется в западном лежачем боку месторождения, непосредственно примыкая к изумрудноносной жильной зоне. Однако хризоберилл встречается не только в этом западном блоке, но и фиксируется в изумрудноносных слюдитовых жилах главной рудной зоны.

По данным разведочных работ, проводимых ПГО «Уралкварцсамоцветы» на Свердловском месторождении в западной не изумрудноносной зоне, зафиксировано: хризоберилла – 63 %, фенакита – 33 %, берилла – 4 % от всего добытого камнесамоцветного сырья. Это говорит о преобладании хризоберилл-александритовой минерализации над изумрудно-бериллиевой. Эти данные позволяют говорить о выделении нового промышленного типа камнесамоцветного сырья.

На Черемшанском месторождении подавляющая масса хризоберилла сосредоточена в западном лежачем боку месторождения, где практически отсутствуют изумруды. Александритоносные и изумрудноносные рудные тела отличаются между собой по структурным особенностям и по минеральному составу. Тем не менее, хризоберилл-фенакитовые жилы находятся в тесной генетической связи с телами изумрудноносных слюдитов, хотя располагаются в различной геолого-структурной обстановке.

Красноболотное рудопроявление зарекомендовало себя замечательными александритами. Оно периодически разрабатывалось старателями и арендаторами с поверхности с 1839 года горными выработками глубиной до 10 метров. Данное проявление является одним из наиболее перспективных в районе Изумрудных копей на добычу александрита. В 1839 году на этом прииске был добыт самый крупный и наиболее ценный сросток кристаллов александрита массой 5389 граммов. В настоящее время он хранится в минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана (Москва). С 1991 по 1999 гг. на рудопроявлении ГП «Уралкварцсамоцветы» проводили дополнительные изыскания (поисково-оценочная стадия). В результате работ на месторождении были выявлены перспективные участки и подсчитаны запасы по категории Р₂, которые составляют примерно 1500 кг Черногового кристаллосырья (Рудаков, 2007 г.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдонин В. Н., Поленов Ю. А. Очерки об Уральских минералах. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 412 с.
2. Власов К. А., Кутукова Е. И. Изумрудные копи. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 251 с.
3. Золотухин Ф. Ф., Жернаков В. И., Попов М. П. Геология и закономерности распределения драгоценных камней Малышевского месторождения (Уральские Изумрудные копи). – Екатеринбург: 2004. – 75 с.
4. Козлов Ю. С. Александрит. – М.: Наука, 2003. – 73 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ-ЩЕЛОЧНОСТИ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ШАХТНЫХ ВОД ПО СООТНОШЕНИЯМ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

МАХНЕВА Е. А., МАРТЫНЕНКО М. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Изучение и выявление закономерностей распределения редкоземельных элементов в трансформированных техногенезом уральских рудничных и шахтных водах было начато в начале 80-х гг. XX века и продолжается до настоящего времени (Л. С. Табаксблат, 1991, 1992, 1996, 1999, 2000, 2004, 2007, 2010 и др.).

Среди разных закономерностей проявления редкоземельных элементов, связанных с их геохимическими свойствами (лантаноидное сжатие и др.), с одной стороны, и массивным влиянием техногенеза подземных вод, с другой стороны, выявились некоторые особенности этих элементов, которые могут служить показателями изменения окружающей среды, в том числе на разрабатываемых угольных месторождениях. Из пробы с значением рН=4 были взяты значения концентраций РЗЭ (табл.1).

Таблица 1

Концентрации РЗЭ в пробе

Наименование элемента	Концентрация
Sc	0,000048
Y	0,000116
Ce	0,000009
Nd	0,000074
Sm	0,000003
Eu	0,000002
Gd	0,000005
Tb	0,000002
Tm	0,000278
Yb	0,00087
Lu	0,000001

На основе этой таблицы построен нормализованный профиль распределения РЗЭ в трансформированных техногенных водах (рис.1).

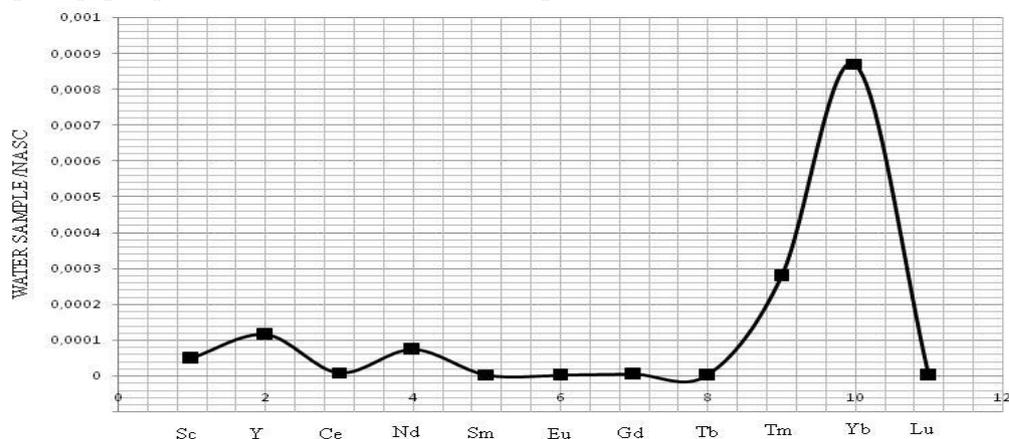


Рис. 1. Нормализованный профиль распределения РЗЭ в трансформированных техногенных водах Кизеловского угольного бассейна

Положительная аномалия иттербия подтверждает кислотность воды. В нетрансформированных шахтных водах все значения укладываются в интервале 0,0001-0,001 по сравнению с американским стандартом, где интервал колеблется от 0,00000001-0,01. На профиле видна положительная аномалия близких к РЗЭ иттрия и неодима. Слабая отрицательная аномалия вырисовывается у церия, но по приближению к иттербию наблюдается устойчивый отрезок повышенных концентраций тербия, тулия и самого иттербия. Содержание резко снижается при приближении к последнему элементу ряда, т. е. к лютецию.

Также было выявлено показательное соотношение Yb/La, которое мы рассчитали и занесли в таблицу (табл. 2).

Таблица 2

Концентрации Yb и La, их соотношение

Номера проб	мкг/дм ³		Yb/La	pH
	Yb	La		
211	0,00087	0,008	0,10875	4
197	0,00355	0,000087	40,8046	3
227	0,000002	0,00003	0,06667	4,5
203	0,000001	0,000013	0,07692	7,3
214	0,000004	0,000008	0,5	7,4
221	0,00000212	0,0011	0,00193	5
187	0,000037	0,00016	0,23125	3
210	0,000002	0,00002	0,1	4

По данным табл. 2 построен график соотношения Yb/La в зависимости от pH (рис. 2).

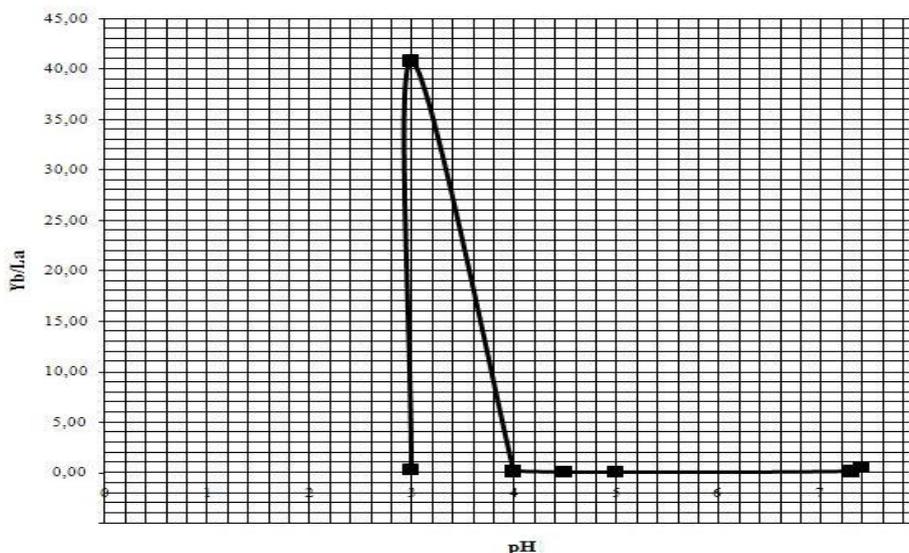


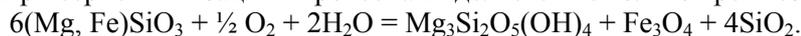
Рис. 2. Соотношение Yb/La в зависимости от pH

Это соотношение подтверждает высокий уровень кислотности трансформированных шахтных вод, в пробе 197 при pH=3 наблюдается максимальное значение этого коэффициента, которое и не предполагалось, и не было подтверждено этим же показателем на других объектах.

Таким образом, данные по геохимии группы редкоземельных элементов интересны тем, что их анализ может выявить те или иные свойства техногенных вод, условия их формирования. Интерес в изучении содержаний и характера распределения РЗЭ в водах и водовмещающих породах вызван их особыми свойствами и миграционной способностью.

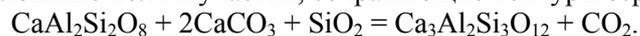


Как видно из уравнения реакции, хлоритизация пироксена происходит с выносом кремнезема. При серпентинизации пироксена выделяется не только кремнезем, но и магнетит



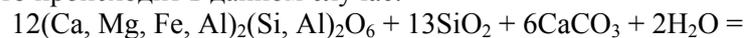
Итак, исходным веществом для пироксен-серпентиновой и пироксен-хлоритовой пород служит, по-видимому, пироксен или габбро.

Зона 4 – гранатовый и пироксен-гранатовый породы. Источником пироксен-гранатовый породы, по-видимому, является дайка микрогаббро, так как порода сохраняет реликты его структуры. Гранат при этом образуется путем замещения плагиоклаза. В. С. Мясников приводит доказательства именно такого направления реакции: «Гранат, главный компонент породы, образует сплошные поля и участки, сохраняющие контуры зерен плагиоклаза» [9]

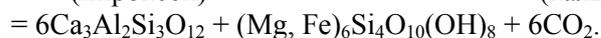


(анортит) (кальцит) (гроссуляр)

Существует еще один механизм образования граната. Гранат может образоваться также и по пироксену. Вот что происходит в данном случае:



(пироксен) (кальцит)



(гроссуляр) (хлорит)

Часть алюминия в гранате обычно замещена Fe^{3+} , что обуславливает его красный цвет (ряд гроссуляр – гессонит – андрадит). Источником железа здесь служат как алюмосиликаты, так и магнетит (титаномагнетит, ильменит):



(ильменит)

(андрадит)

(титанит)

От известняка хлорит-пироксен-гранатовая порода обычно отделена оторочкой хлоритовой породы, обнаруживающей признаки измененного пироксенита.

Зона 5 – минерализованного мрамора. Реакцию образования форстерита в карбонатной породе приводит Винклер [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетехтин А. Г. Минералогия. – М.: Госгеолгиздат, 1950.
2. Винклер Г. Генезис метаморфических пород. – М.: Мир, 1969.
3. Долгов В. С., Середа М. С., Козлов А. В. Минералы Златоустовского Урала. – Златоуст: ООО «ФотоМир», 2007.
4. Елисеев Н. А. Метаморфизм. – М.: Недра, 1963.
5. Заридзе Г. М. Петрография. – М.: Недра, 1988.
6. Любарский Г. И. Описание месторождений цветных камней особо командированного партией в 1843 г. и при ней краткий отчет о действиях оной (рукопись).
7. Мушкетов И. В. Материалы для изучения геогностического строения и рудных богатств Златоустовского горного округа на Южном Урале // Записки СПб Минералогического общества. – 1878. – Ч. 13.
8. Мясников В. С. Изучение контактов основных пород // Южно-Уральская комплексная экспедиция. Вып. 1. – М.–Л.: Изд. АН СССР, 1936.
9. Мясников В. С. Минералы Шишимских и Назямских гор // Минералогия Урала. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1954.
10. Петрографический словарь. – М.: Недра, 1981.
11. Старун В. Е. Отчет о результатах ревизионных работ на борные руды, проведенных в 1959 г. в пределах Челябинской области. – Челябинск, 1960.
12. Судовиков Н. Г. Региональный метаморфизм и некоторые проблемы петрологии. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1964.
13. Топорков Д. Д. Минеральные копи Назямских гор: отчет, 1936.
14. Херлбат К., Клейн К. Минералогия по системе Дэна. – М.: Недра, 1982.

ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН В ПРЕДГОРНЫХ КОНУСАХ ВЫНОСА

ЛУКЪЯНОВ А. Е.
ОАО «ВНИМИ»

ТАГИЛЬЦЕВ В. С.
ООО «Голд»

ЛАПТЕВА А. В., ЛОСКУТНИКОВ Я. В., УРЯДОВ П. В.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Месторождения пресных подземных вод в предгорных конусах выноса являются уникальными природными объектами. В процессе работы на одном из крупных месторождений пресных подземных вод в предгорьях Большого Кавказа был отмечен целый ряд интересных особенностей и природных закономерностей, свойственных данному типу месторождений. Опытные работы в нескольких десятках водозаборных скважин, вскрывающих водоносную толщу трех крупных предгорных конусов выноса, показали, что указанные особенности требуют определенного подхода к процессу разведки, освоения и эксплуатации месторождений данного типа.

На участке изученного месторождения распространены высоконапорные пресные подземные воды. Значительный объем атмосферных осадков и благоприятные условия питания подземных горизонтов за счет сбора поверхностного и подземного стока со склонов Большого Кавказского хребта обеспечивают формирование значительных ресурсов подземных вод на данной территории. Разведочно-эксплуатационные скважины на участке месторождения обладают чрезвычайно высокими дебитами самоизлива, составляющими от 15 до 120 л/с, что чрезвычайно редко встречается в гидрогеологической практике. Величина напора закономерно возрастает в направлении от горного склона к периферийной части конусов.

Основной проблемой при вводе в эксплуатацию водозаборных скважин стал значительный вынос взвешенных частиц. Некоторые скважины давали на самоизливе мутную или грязную воду. Дебит «грязных» скважин составлял от 10 до 50 л/с, вынос твердого песчано-глинистого материала нередко достигал 0,4 м³/сут, в отдельные моменты повышаясь до нескольких кубометров в сутки. При откачках при помощи насоса вынос песчаного материала мог превышать 10 м³/сут, что создавало угрозу потери устойчивости эксплуатационной колонны и обрушения скважины. Ранее на месторождении отмечались случаи потери скважин в результате просадки грунта, приводившие к образованию небольших техногенных озер с дебитом самоизлива до нескольких десятков литров в секунду.

Опыт четырех месяцев полевых работ по освоению и тестированию водозаборных скважин на участке месторождения позволил обозначить два взаимосвязанных негативных фактора, ограничивающих эксплуатационные возможности скважин: 1. Суффозионный вынос взвешенных песчаных частиц; 2. Нарушение ламинарного режима течения подземных вод в прискважинной зоне.

Значительный суффозионный вынос можно объяснить двумя причинами. С одной стороны, суффозионные процессы обусловлены исключительно природными геологическими факторами. Тонкодисперсный состав песков основного водоносного горизонта, широкое распространение глинистых отложений, молодой возраст осадочных пород, сложное строение и генезис, а также низкая степень консолидации делает их весьма неустойчивыми при эксплуатации скважин с высокими дебитами, обеспечивающих чрезвычайно высокие скорости фильтрации в пласте. Высокие скорости фильтрации приводят к высокой подвижности как отдельных песчаных частиц, так и всей массы грунта в целом. Высокая подвижность и вынос песчаного материала также может быть спровоцирован за счет вибрационной нагрузки на скважину вследствие работы водоподъемного оборудования. Водонасыщенный рыхлый песчаный материал обладает высокими тиксотропными свойствами, т. е. под действием вибрации легко теряет устойчивость и начинает вести себя как жидкость. С другой стороны,

чрезвычайно высокий суффозионный вынос песчаного материала при откачках был вызван недостаточной подготовленностью водозаборных скважин к сложным геологическим условиям. В затрубное пространство скважин засыпался крупный гравийно-галечниковый материал, неспособный работать в качестве фильтра. Применение в качестве обсыпки более мелкой фракции позволило в дальнейшем существенно снизить негативные суффозионные процессы по ряду скважин.

Во избежание существенного выноса песчаных частиц было предложено проводить опытные откачки плавно, без резких пусков и остановок насоса, что позволяет получать дебиты чистой воды в 1,5-2,5 раза, превышающие дебиты самоизлива. Отклонение от указанной методики работ, вызванное желанием ускоренного получения результата (проектного дебита в 70 л/с), либо вызванное неравномерной пульсирующей работой водоподъемного оборудования и частыми остановками, неизменно приводило к негативным последствиям. Вода, откачиваемая из скважины, становилась грязной и не очищалась длительное время, работы по некоторым скважинам пришлось приостановить из-за критического выноса песчаного материала.

Другим фактором, ограничивающим возможности водозаборных скважин, является нарушение линейного закона фильтрации в прискважинной зоне при откачках с высокими дебитами. Данный процесс выражается в изменении линейной зависимости дебита от понижения и переходе ее к квадратичной или даже кубической.

При повышении скорости фильтрации в порах грунта происходит переход от линейного режима движения воды к турбулентному. Основным негативный эффект выражается в резком падении пропускной способности порового пространства при возникновении переходного режима. В результате, удельный дебит скважины резко снижается, и для дальнейшего увеличения дебита на 10-20 % нередко требуется увеличение понижения в 2-3 раза, что не всегда возможно по техническим причинам. Таким образом, нарушение ламинарного режима фильтрации накладывает жесткий лимит на эксплуатационные возможности скважин.

Характерно, что правильное пошаговое освоение скважины с постепенным увеличением дебита откачки помогает несколько снизить данный негативный эффект. Нарушение ламинарного режима фильтрации проявляется в большей степени в неосвоенных скважинах при наиболее низких фильтрационных свойствах водоносного горизонта. Это означает, что наибольшие ограничения по дебиту создаются для наименее удачных скважин, вскрывающих слабопроницаемый разрез. После проведения прокачек с небольшими дебитами по наименее удачным скважинам граница перехода к нелинейному режиму фильтрации была отодвинута, предельный эксплуатационный дебит существенно возрос.

Помимо чисто гидродинамических ограничений, эффект нарушения ламинарного режима фильтрации оказывает значительное влияние на повышение выноса песчаной фракции из горизонта. Дело в том, что зона нелинейной фильтрации, формирующаяся вокруг скважины, является чрезвычайно неустойчивой. Скорости фильтрации воды и проницаемость пор в этой зоне могут испытывать значительные флуктуации в короткие периоды времени. При откачках с дебитом, соответствующим пределу ламинарного течения, неоднократно отмечались значительные колебания динамического уровня в скважинах с амплитудой в несколько метров. Переменный режим скоростей фильтрации в пласте влечет за собой сдвигание песчаных частиц, нарушение структуры прискважинной зоны и ускоренный вынос грунта.

Таким образом, производительность водозаборных скважин ограничивается природными геологическими факторами. Решающим фактором при этом является величина фильтрационных свойств водоносного горизонта. На участках с высокими фильтрационными свойствами наблюдается наименьшее количество проблемных ситуаций. Наименее удачные скважины располагаются на периферии конуса выноса, на значительном расстоянии от горного склона, что предопределяет наличие в разрезе преимущественно глинистых отложений.

Для успешной эксплуатации водозаборных сооружений в пределах уникальных месторождений пресных подземных вод в предгорных конусах необходимо учитывать все природные особенности, а также принимать во внимание некоторые негативные гидродинамические эффекты, происходящие в скважинах. Ключевым фактором при разведке таких месторождений является поиск локальных участков, обладающих наиболее высокими фильтрационными свойствами, в пределах которых риск проявления природных негативных процессов является минимальным.

ИСТОЧНИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ П. СТАРАТЕЛЬ

ЛАПТЕВА А. В., ЛОСКУТНИКОВ Я. В., ВОЛКОВА О. В.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Жилой поселок Старатель и промплощадка ФКП «Нижнетагильский институт испытания металлов» снабжается хозяйственно-питьевой водой за счет подземных вод. Водозабор состоит из двух кустов скважин. Основной водозаборный участок, именуемый «Западным», включает скважины 8, 10, 11, 12, 6. Водоотбор ведется из четырех скважин (10, 11, 12, 6). Суммарный дебит этих скважин составляет 1537 м³/сутки. Вода используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения п. Старатель. Другой водозаборный участок – «Восточный» – состоит из скважин 69 и 5. Эти скважины располагаются в промышленной зоне предприятия и предназначены для хозяйственно-питьевого водоснабжения промплощадки НТИИМ. Суммарный дебит «Восточного» участка – 115 м³/сут.

Целью выполненных работ является оценка эксплуатационных запасов подземных вод водозабора ФКП «НТИИМ». Работа выполнялась специалистами кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии УГГУ. Результаты обследования водозабора, полевых исследований и обработки полученных данных легли в основу подсчета эксплуатационных запасов водозабора.

В январе-августе 2010 г. на водозаборе п. Старатель был выполнен комплекс работ, нацеленный на получение информации о геолого-гидрогеологических условиях участка работ и параметрах эксплуатируемых водоносных комплексов, необходимых для оценки эксплуатационных запасов подземных вод. В состав работ входили обследование территории и водозаборных скважин, гидрогеологические исследования.

Рекогносцировочное маршрутное обследование площадки проводилось в январе, мае и августе 2010 г. с целью изучения местности условий выполнения работ, проводилось опробование поверхностных и подземных вод, гидрометрические работы. В ходе анализа гидрогеологических условий водозабора стало очевидно, что водосборная площадь не сможет обеспечить эксплуатационный дебит скважин (рис. 1). В процессе зимнего обследования в январе 2010 г. было замечено, что весь зимний сток на р. Руш используется на поверхностный водоотбор из пруда, и, самое главное, происходит пополнение подземных вод за счет поверхностного стока.

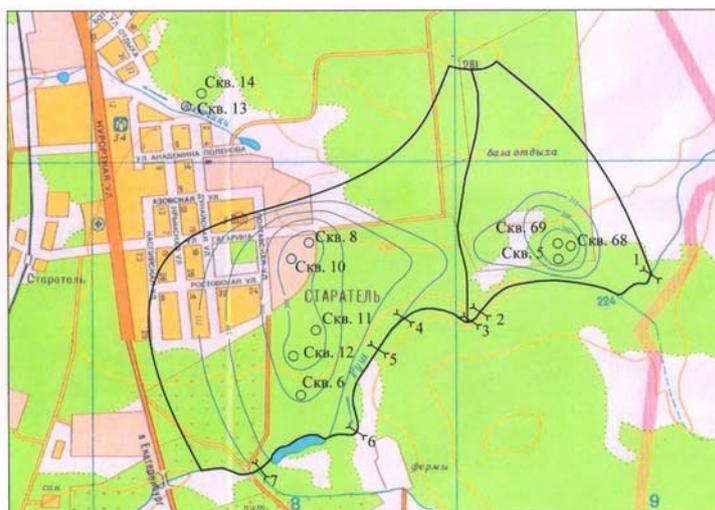


Рис. 1. Схема п. Старатель:

Скв. 6 ○ - скважина, ее номер; 1 - гидрометрический створ;
— 205 — - гидроизогипсы; — - границы водосборной площади

Для уточнения роли р. Руш в формировании водоотбора из скважин были проведены гидрометрические измерения. Работы выполнялись в период завершения весеннего паводка (в мае 2010 г.), и основной объем измерений – в период глубокой межени (середина августа 2010 г.). Положение меженных створов показано на рис. 1. Результаты расчетов показали, что в период летней межени между створами наблюдается значительное поглощение поверхностного стока. Величина поглощения практически равняется водоотбору из скважин Западного участка. Таким образом, было определено, что основным источником формирования запасов подземных вод является р. Руш.

По данным эксплуатирующей организации, из пруда выполняется отбор речной воды для технических нужд. Гидрометрические работы в мае 2010 г. показали, что падение расхода на реке соответствует суммарному водоотбору подземного и поверхностного водозабора. Но в связи с погрешностью гидрометрических измерений работы были повторены в летнюю межень в августе по семи створам.

Исследования показали, что основное поглощение поверхностного стока за счет работы подземного водозабора п. Старатель происходит на участке от створа № 2 до створа № 6 (рис. 2). Потери стока р. Руш и естественные ресурсы подземных вод полностью обеспечивают водоотбор по «Западному» участку. Таким образом, балансовые составляющие водоотбора на «Западном» участке соответствуют фактическим расходам скважин.

Также гидрометрические измерения показали, что пруд на р. Руш не участвует в формировании расхода водозабора. Следует полагать, что движение воды от реки к скважинам происходит по разломным зонам широтного простирания.

Обследование водозабортного участка и прилегающей территории в зимнюю межень показало, что в холодный период сток по реке ниже плотины отсутствует. Предполагается, что весь сток перехватывается поверхностным отбором из пруда и водозабортными скважинами.

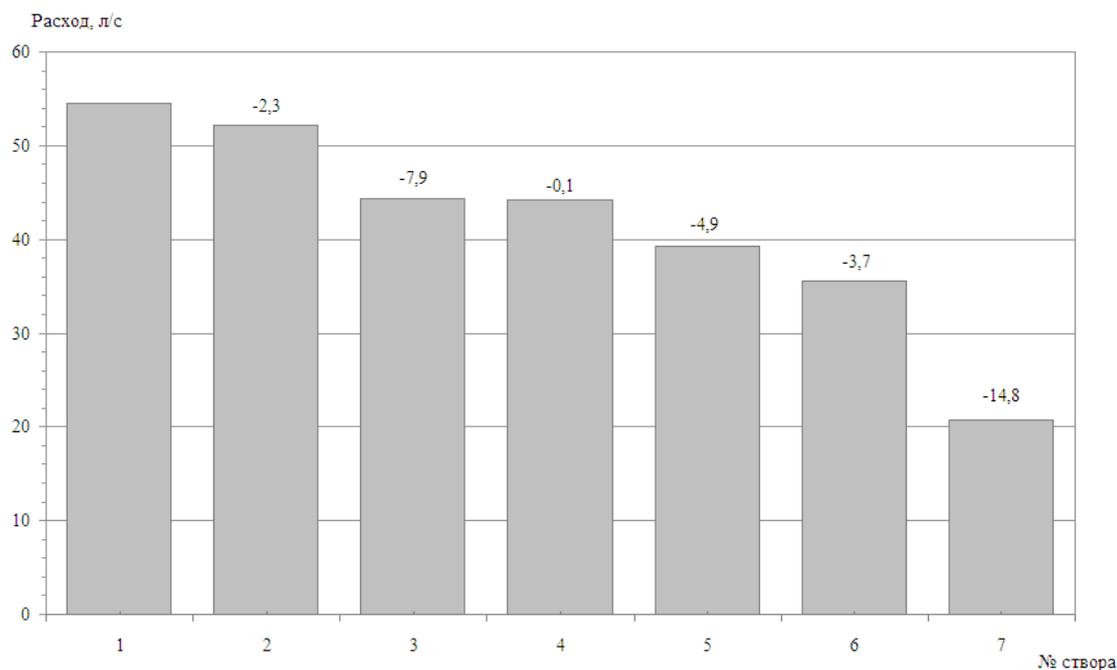


Рис. 2. Потеря расхода на гидрометрических створах

Таким образом, гидрометрические исследования выявили основной источник формирования запасов подземных вод, взаимодействие подземных вод с рекой. Транзитный сток поступает из реки на участке между створами 2 и 6, предположительно по разломным зонам. Также было определено, что пруд на р. Руш практически не участвует в формировании запасов.

ОЦЕНКА ЗАКАРСТОВАННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЯНГЕЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

АБАТУРОВА И. В., ПОЗДЕЕВА А. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Карст проявляется в природе в самой разнообразной форме, имея для различных видов хозяйственной деятельности человека: в одних случаях положительное значение, в других, более частых случаях – отрицательное.

Карстовый процесс представляет собой длительно развивающийся процесс растворения и выщелачивания трещиноватых растворимых горных пород подземными и поверхностными водами. В результате деятельности карстовых процессов возникают как отрицательные формы рельефа на земной поверхности, так и различные полости, каналы, гроты или пещеры на глубине.

Южный Урал и Приуралье являются районами интенсивного и разнообразного развития карста [1].

Изучение карстовых явлений имеет здесь большое научное и практическое значение.

Существует несколько условий, необходимых для развития карстовых явлений:

– наличие растворимой в природных водах горной породы, водопроницаемой вследствие трещиноватости или пористости;

– наличие растворителя, т. е. воды, агрессивной к горной породе;

– наличие условий, обеспечивающих водообмен, – отток насыщенной растворенным веществом воды и постоянный приток свежего растворителя. Если первое условие определяется геологическим строением местности, то второе и отчасти третье тесно связаны с физико-географической обстановкой, второе – с почвенно-растительным покровом и климатом, третье – с геоморфологическими и гидрологическими условиями помимо геологической структуры и гидрогеологических особенностей [2].

Среди причин возникновения просадок и провалов главной во многих случаях является активизация древнего карста на значительных глубинах под мощной толщей покровных отложений, связанная с нарушением естественного режима фильтрации подземных вод.

Рассматриваемый участок находится в Челябинской области, Агаповском районе, в долине р. Янгелька, в 43 км юго-западнее г. Магнитогорска.

Особенностью рельефа участка является карстовый ландшафт, представленный карстовыми воронками и оврагами, широко развитыми по логом Большой Пещерный, Крутой, Бузайгыр.

Большую часть площади Янгельского месторождения подземных вод занимают нижнекаменноугольные известняки светло-серые мраморизованные, интенсивно закарстованные.

Для оценки закарстованности территории Янгельского месторождения подземных вод была проведена инженерно-геологическая съемка, в ходе которой велось описание карстовых форм.

Карстовые проявления в рельефе местности представлены воронками и логом. Воронки в плане круглые, овальные, в разрезе чашеобразные, блюдцеобразные, конусообразные, диаметры колеблются от 2 до 80 м. Глубины изменяются от 0,7 до 10,0 м, крутизна и характер склонов от пологих до крутых.

Наибольшая закарстованность известняков отмечается в зонах тектонических нарушений, которая прослеживается по керну скважин на значительную глубину. Наиболее крупное тектоническое нарушение на Янгельском участке фиксируется мощной зоной дробления пород и протягивается по логом Крутой и Бузайгыр через долину реки.

Проявление карста наблюдается как в самих растворимых породах, так и в покрывающих их породах другого состава. Соответственно представляется целесообразным все поверхностные проявления карста, прежде всего, разделить на две крупные категории:

1) карстовые формы в растворимых породах (в большинстве располагаются в тех местах, где непосредственно протекают процессы растворения, которые для ряда форм дополняются процессами эрозии и обрушения);

2) карстовые формы в породах, покрывающих закарстованные толщи растворимых пород, а иногда и сменяющих последние в горизонтальном направлении (связано с перемещением материала из отложений, покрывающих растворимые породы путем суффозии, обрушения, а иногда и поверхностными потоками в подземные карстовые формы первой категории).

Для количественной оценки степени поверхностной закарстованности строилась карта, по которой определялись следующие показатели:

1) плотность карстовых форм – количество, приходящееся в среднем на единицу площади (шт./км²)

$$K_{\text{кф}} = \frac{N_{\text{ф}}}{S},$$

где $N_{\text{ф}}$ – количество карстовых форм (шт.); S – площадь расчетного участка.

2) показатель карстовой пораженности – площадь карстовых воронок на единицу площади

$$K_{\text{п}} = \frac{S_{\text{к.в.}}}{S} \cdot 100 \%,$$

3) средний диаметр провалов, м.

Специальное инженерно-геологическое районирование является основой оценки закарстованных территорий. Его результаты позволят определить степень пригодности выделенных площадей для освоения, выбрать наиболее эффективный комплекс защитных мероприятий. Существуют различные принципы районирования, нами за основу районирования приняты степень и характер проявления карста на земной поверхности. При районировании были приняты следующие допущения:

1) развитие карста определяется всей историей его развития;

2) активное развитие карста происходит в зонах активного водообмена.

По результатам оценок в пределах территории выделены 3 категории устойчивости:

I – очень неустойчивые;

II – неустойчивые;

III – пониженной устойчивости.

Подводя итог по выше сказанному, можно отметить, что изучение карстовых явлений не должно сводиться к формальному учету и фиксации карстовых пустот на том или ином участке закарстованной территории; карст – процесс, и бороться необходимо не с формой, а с процессом. Для карста это весьма сложно, так как применение обычных методов инженерно-геологических исследований здесь оказывается недостаточным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карст Южного Урала и Приуралья. Межвузовский и межведомственный научный сборник. – Уфа, 1978.

2. Карст в карбонатных породах. Труды Московского общества испытателей природы. Том XLVII. Изд-во Моск. ун-та, 1972.

НЕКОТОРЫЕ ПРИЕМЫ В ОЦЕНКЕ ВОДОПРИТОКА В КАРЬЕР НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОТРАБОТКИ (НА ПРИМЕРЕ СУЛТАНОВСКОГО РУДНИКА)

ЛОГИНОВА Н. Ю.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Прогнозная оценка водопритоков в карьеры является сложной задачей в связи с ее многофакторностью в постановочной части и вероятностно-стохастическим расчетным аппаратом.

В рамках настоящей статьи будут приведены приемы оценки водопритока в карьер Султановского рудника, использующие данные режимных наблюдений за фактическим водоотбором, а также результаты гидрогеологического мониторинга.

Султановское месторождение медно-колчеданных руд находится на восточном склоне Среднего Урала в северо-восточной части Челябинской области, входящей в состав Уральского федерального округа (в 55 км к северу от г. Челябинска и в 80-83 км южнее г. Каменск-Уральского Свердловской области) в пределах Кунашакского района.

На данном этапе разработка месторождения законсервирована. Карьер глубиной 60 м вскрывает верхний водоносный горизонт палеогеновых отложений, за счет которого формируется фактический водоприток подземных вод в него. Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к пескам, трещиноватым песчаникам и опокам палеогена, залегающим на глубине от 3-5 до 25-30 м. Мощность водоносного горизонта 30-40 м. В кровле горизонта залегают опокovidные глины и диатомиты, которые фациально замещаются опоками и не имеют повсеместного площадного распространения. На участках развития опокovidных глин подземные воды горизонта приобретают местный напор. Водообильность палеогеновых отложений неоднородна вследствие невыдержанности толщи кремнистых опок и песчаников. Удельные дебиты наблюдательных скважин изменяются в широких пределах от 0,3 до 2,22 л/с·м. При совместном опробовании мелового и палеозойского водоносных горизонтов удельные дебиты скважин изменялись в более ограниченном интервале значений от 0,2 до 0,47 л/с·м.

Оценивая все гидрогеологические исследования пород палеозойского фундамента, проведенных на площади Султановского месторождения, можно сделать вывод о том, что основная разгрузка подземных вод происходит вдоль предполагаемых тектонических разломов, которые служат для них барражем. При увеличении площади отработки месторождения и выхода за пределы тектонических нарушений есть вероятность увеличения водопритоков из пород палеозойского фундамента [2]. Также на территории месторождения пробурена сеть наблюдательных скважин. Ранее на них проводились опытно-фильтрационные работы, что позволило выявить некоторые гидрогеологические параметры водоносного горизонта, формирующего водоприток в карьер. Значения коэффициента водопроводимости (Km) представлены в двух вариантах по каждой опытной скважине (табл. 1). В графе 2 представлены параметры имеющихся фактических данных за 2007 год.

В графе 3 значение коэффициента водопроводимости пласта предлагается вычислить по формуле $Km = Q/S$, где Q – дебит скважины при откачке, м³/сут; S – понижение уровня воды, достигнутое при откачке, м.

С целью наибольшей достоверности, для дальнейших аналитических расчётов используется среднее значение фактических и расчётных данных коэффициента водопроводимости.

По результатам материалов, предоставленных ОАО «СУМЗ», мы имеем фактические данные о величине водопритоков в карьер за период с 03.11.09 до 12.04.10. Среднесуточный водоприток составил 1600 м³/сут. Анализируя изменения значений объёмов откаченной воды во времени, можно сделать вывод о том, что паводковый период приходится на начало апреля, где водоприток резко возрастает. Следовательно, питание вскрытого водоносного горизонта осуществляется преимущественно за счет талых вод. Учитывая, что понижение воды при

откачке из карьера на сегодняшний день составляет 35-40 м, значение коэффициента водопроницаемости для водовмещающих пород палеогенового водоносного горизонта составит 43,2 м²/сут, что существенно отличается от гидрогеологических параметров, рассчитанных для этого водоносного горизонта по наблюдательным скважинам (см. таблицу). Влияние данных параметров скважин на фактический водоприток выявляем, используя формулу «большого колодца» [3].

Сводные результаты параметров I-го от поверхности водоносного горизонта палеогеновых отложений

№ скв.	Значения Km , м ² /сут		Q , м ³ /сут	S , м
	фактические	расчетные		
1	2	3	4	5
106 н/в	168,7	138,24	207,36	1,5
206 н/в	255	144	216	1,5
306 н/в	390	33,88	51,84	1,53
506 н/в	255,9	192	86,4	0,45
606 н/в	257,9	259,2	259,2	1
ср. знач.	265,5	137,26	164,16	1,2

Водоприток в открытые горные выработки в условиях напорного пласта рассчитывается по формуле

$$Q = \frac{2\pi KmS}{\ln(R/r_k)},$$

где S – понижение уровня воды в карьере (при глубине 60 м, $S=37$ м); R – радиус развития депрессионной поверхности; r_k – приведенный радиус карьера, м; Km – коэффициент водопроницаемости пласта, м²/сут.

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 201,38 \cdot 37}{\ln(4281,4/78,2)} = 11698, \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Таким образом, расчетный водоприток на глубину отработки карьера 60 м составляет 11698 м³/сут, а фактический – 1600-1800 м³/сут.

Зная расчетные и фактические данные коэффициента водопритока, рассчитаем фактический радиус развития депрессионной воронки при откачке из зумпфа

$$\ln R = \frac{2\pi KmS}{Q} + \ln r_k = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 43,2}{1600} + \ln 78,2 = 4,5; R = 90 \text{ м}.$$

Следовательно, развитие депрессионной поверхности при откачке воды из карьера достигает на настоящее время 90 м. При выборе наиболее оптимальной сети наблюдений и для оценки будущих водопритоков следует выбирать пункты наблюдения, попадающие в контур развития депрессионной поверхности. На данном участке такими пунктами являются зумпф, находящийся в центре горной выработки, и дренажные скважины, расположенные по периметру карьера.

Вывод: почти всегда проектный (расчетный) водоприток не равен фактически достигнутому, но фактически достигнутый водоприток является той информацией, которая позволяет уточнить гидрогеологические параметры и затем корректировать последующий расчет прогнозного водопритока по этим параметрам. То есть работа по уточнению – определению водопритока должна производиться непрерывно, на всех стадиях отработки карьерной выработки, включая период консервации месторождения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровский Б. В. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. – М.: Недра, 1979.
2. Гуман О. М. «Отчет по инженерным изысканиям и гидрогеологическим исследованиям на Султановском месторождении медно-колчеданных руд в Челябинской области». – Екатеринбург, 2007.
3. Норватов Ю. А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод. – СПб: Недра, 1988.

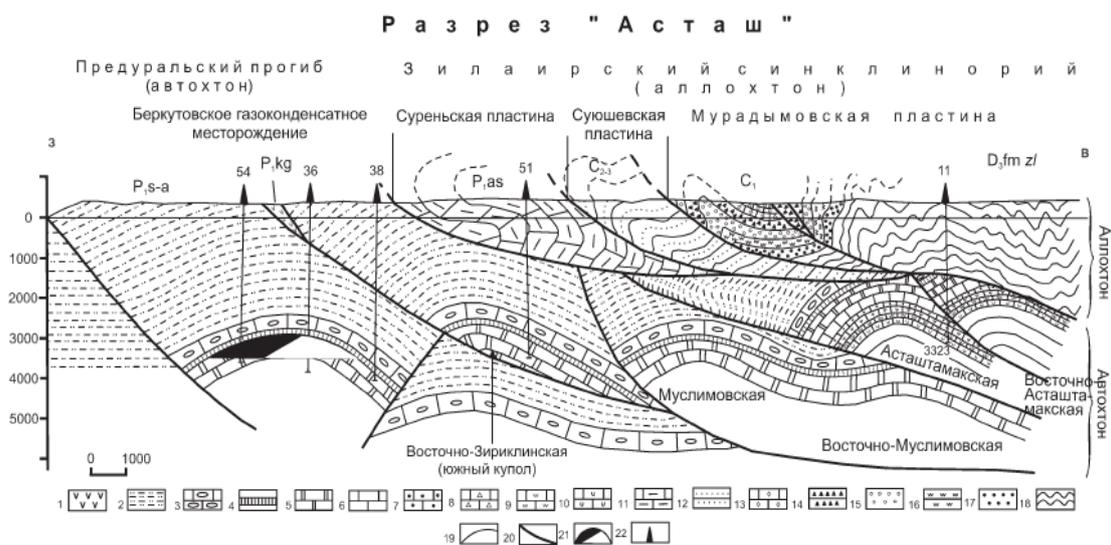
РИФЕЙСКИЕ ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ДАННЫХ СКВАЖИНЫ СГ-4

ШИХОВА Т. Л.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Урал – общепризнанный мировой эталон палеозойских подвижных поясов [1]. Во второй половине прошлого столетия было установлено шарьяжно-надвиговое строение этого региона, резко повысившее его нефтегазовый потенциал. Выяснилось, что Зилаирский синклинорий Южного Урала надвинут на Предуральский краевой прогиб на десятки километров. На глубинах около двух километров под флишоидными породами верхнего девона скважины вскрыли отложения нижнего и среднего карбона, а также среднего и верхнего девона, представленные карбонатными формациями платформенного и субплатформенного типов, региональная нефтегазоносность которых установлена в платформенной части Волго-Уральской области [5].

Одним из примеров скопления углеводородов в рассматриваемой области является Беркутовское газоконденсатное месторождение, приуроченное к антиклинальной складке субмеридионального простирания размерами 10,8×2,5-4 км. На более крутом, восточном ее крыле, слои падают под углом 33°, на западном – под углами 15-20°. С востока и запада структура ограничена надвигами, падающими навстречу друг другу (см. рисунок). Продуктивными являются отложения нижнего и среднего карбона, коллекторами служат плотные карбонатные породы, тип пустотности – трещинный.



Разрез «Асташ». Составил Р. А. Исмагилов по материалам бурения глубоких скважин, сейсморазведки МОГТ и данным геологических съемок:

1 – гипсы; 2 – песчаники, аргиллиты, алевролиты; 3 – известняки, мергели; 4 – аргиллиты, мергели, доломиты; 5 – известняки, доломиты; 6 – известняки, доломиты; 7 – известняки глинистые, аргиллиты; 8 – глинистые известняки; 9 – известняки темно-серые, слоистые; 10 – темно-серые, слоистые известняки; 11 – известняки; 12 – аргиллиты, песчаники; 13 – темно-серые известняки; 14 – мергели, аргиллиты; 15 – кремнистые известняки и глинистые сланцы; 16 – мягкие, слюдяные аргиллиты, прослойки песчаников, реде известняков; 17 – окремненные аргиллиты и стекловидные силициты; 18 – грауввакковые песчаники, алевролиты, аргиллиты; 19 – геологические границы; 20 – разрывные нарушения; 21 – залежь газа; 22 – скважины

К востоку от Беркутовского месторождения под аллохтонным комплексом структурный анализ позволил выделить в отложениях платформенного типа ряд антиклинальных складок, аналогичных Беркутовской, в которых ожидаются залежи нефти и газа [4].

Проведенные геолого-геофизические исследования показали, что рифейский терригенно-карбонатный осадочный комплекс обладает хорошими перспективами на возможность

обнаружения залежей углеводородов. Наибольшими перспективами обладает Калтасинский авлакоген, где широкое распространение получила калтасинская свита нижнего рифея, являющаяся главной нефтегазогенерирующей толщей докембрия Волго-Уральского бассейна. Она подразделяется на три подсвиты: саузовскую, арланскую и ашитскую. Саузовская подсвита в основании сложена светло-серыми и коричневато-серыми доломитами, на которых залегают темно-серые, почти черные сильно глинистые доломиты, и завершается разрез этой подтолщи слоистой карбонатной пачкой с прослоями аргиллитов и мергелей. Арланская подсвита условно делится на 5 толщ, представленных: 1) переслаиванием известняков, мергелей и аргиллитов; 2) аргиллитами с прослоями известняков; 3) известняками, аргиллитами и мергелями; 4) аргиллитами, мергелями и известняками; 5) чередованием известняков и мергелей, реже аргиллитов. Ашитская подсвита в основании сложена мергелями, известняками и аргиллитами. Эти породы перекрываются пестроокрашенными доломитами.

Также после глубинного сейсмического исследования выдвинуто предположение о перспективах, связанных с Ново-Дубовогорским поднятием – крупной антиклинальной структурой рифея. Кроме того, интерес представляет гожанская свита, в пределах которой выявлены нефтепроявления [4].

Рифейский терригенно-карбонатный комплекс Волго-Уральского бассейна рассматривается как потенциально нефтегазоносный. В настоящее время в связи с высокой степенью разведанности палеозойских нефтегазоносных комплексов изучение этого древнейшего осадочного комплекса становится актуальной задачей нефтегазовой геологии. Данные, полученные в результате бурения Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4), расположенной в 5 км западнее г. В. Тура Свердловской области можно использовать при интерпретации данных о глубинном строении Калтасинского авлакогена.

В тектоническом отношении СГ-4 находится в пределах Тагило-Магнитогорской мегазоны, имеющей ложное чешуйчато-блоковое строение и представляющей собой агломерат зон, формировавшихся обособленно на меланократовом фундаменте океанического происхождения и сближенных впоследствии тектонически. Почти на половину своей ширины она надвинута на структуры Западно-Уральской мегазоны, под надвигом может находиться клин древнего кристаллического фундамента.

При бурении СГ-4 выяснились закономерности изменения по разрезу состава газов. Отбор газов производился как из ствола скважины, так и из образцов керна (газы открытых пор, глубокой сорбции). В результате установлено, что суммарное содержание газов увеличивается с глубиной, достигая максимальных значений в интервале залегания флишеидной толщи. Локальное увеличение газосодержания отмечено в зонах повышенной трещиноватости пород. В составе углеводородных газов разных форм нахождения доминирует метан, концентрация его гомологов на несколько порядков ниже.

Для подтверждения выдвинутых предположений требуется наиболее детальное изучение площади современными методами. Необходим комплексный последовательный подход к совместной интерпретации данных сейсморазведки и ГИС, который включает применение современных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авербух А. Г. Комплексная технология прогноза коллекторских свойств по данным сейсморазведки и ГИС // Технология сейсморазведки. – 2008. – № 2. – С. 77-81.
2. Ампилов Ю. П. От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа. – М.: Спектр, 2008. – 384 с.
3. Дружинин В. С. Информация о строении земной коры – необходимый атрибут региональной нефтегазовой геологии (на примере Уральского региона) // Отечественная геология. – 2009. – № 6. – С. 65-70.
4. Исмагилов Р. А. Перспективный объект для поисков углеводородов – поднадвиговые структуры западного склона Южного Урала // Геологический сборник. – 2007. – № 6. – С. 65-67.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ НОВОМОСТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАИМСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА

СУХЕНКО С. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Отложения тюменской свиты среднеюрского возраста в северной части Шаимского нефтегазоносного района являются одним из основных объектов разработки и резервов прироста запасов нефти. Породы свиты представлены континентальными и бассейновыми отложениями с выраженной цикличностью в осадкообразовании [2]. Промышленная нефтеносность на Новомостовском месторождении связана с пластами Ю₂, Ю₃, Ю₄ (бассейновые отложения), Ю₅ Ю₆ (континентальные отложения), которые приурочены к средней и верхней подсвитам тюменской свиты.

При построении цифровых геологических и гидродинамических моделей залежей, необходимых для расчетов показателей разработки месторождений, требуется учитывать все многообразие свойств коллекторов. Разработаны ряд методик комплексного анализа данных керна и ГИС для выделения литологических классов коллекторов.

В практике зарубежных исследований интеграция пористости и проницаемости при описании ФЕС гранулярного коллектора рассматривается с точки зрения концепции гидравлических единиц потока (коллектора) *HU*, позволяющих выделять типы пород с близкой характеристикой порового пространства [3, 4]. Гидравлическая единица коллектора (потока) определяется как «представительный элементарный объем породы, внутри которого геологические и петрофизические свойства, влияющие на течение жидкости, взаимно согласованы ...» [3]. Кроме петрофизических параметров гидравлические единицы отражают пространственные характеристики, подчеркивая литологическую и фациальную неоднородность коллектора. Их выделение базируется на расчете параметра индикатора гидравлической единицы Flow zone indicator (*FZI*) по пористости и проницаемости,

$$FZI = \frac{0,0314 \sqrt{\frac{k}{\varphi}}}{\left(\frac{\varphi}{1 - \varphi}\right)}, \quad (1)$$

где φ – пористость (porosity); k – проницаемость (permeability).

Для выделения литотипов коллекторов тюменской свиты выполнены обработка и анализ геолого-геофизической информации по 6 скважинам. Использовались результаты исследования керна по определению ФЕС, гранулометрического состава пород, минерального состава цемента. Интервалы коллекторов приняты по комплексной интерпретации ГИС. Всего взято 474 образца керна из 87 интервалов.

Для выделения классов коллекторов и построения фильтрационной модели выполнен расчет по формуле (1) и последующая систематизация комплексного параметра *FZI*. Определены диапазоны, которые характеризуются близкими значениями *FZI* (см. таблицу, рисунок). В результате было установлено 5 типов коллекторов.

Типизация коллекторов

Тип	<i>FZI</i>		Кпр., 10 ⁻³ мкм ²	Кпо, % по насыщ.	Глинистая фракция (ср. сод., %)			<i>Md</i> , мкм (ср)	Фракции (объемные, ср. сод., %)		
	мин	макс			каолинит	хлорит	гидросл.		Песча- ник	Алевро- лит	глина
1	3,75	7,57	314,6	18,5	85,1	5,3	9,0	207,1	65,7	29,6	5,4
2	1,17	2,81	26,8	17,5	79,4	7,9	12,2	155,3	63,6	27,6	8,7
3	0,52	1,09	4,49	17,1	74,0	9,2	15,5	115,3	51,7	37,1	11,1
4	0,35	0,49	0,91	14,9	71,6	10,5	16,2	107,9	48,3	38,6	12,4
5	0,15	0,34	0,37	14,6	70,3	12,1	17,3	83,1	32,9	53,3	13,3

Полученная классификация коллекторов позволяет оценить степень неоднородности строения продуктивного горизонта по площади и по разрезу. По материалам отдельных разведочных скважин получена предварительная литолого-фациальная модель разреза месторождения.

Систематизация комплексного параметра *FZI*

Проницаемые породы с более высокими коллекторскими свойствами (1, 2 типы) преимущественно отмечены в пластах нижней части разреза тюменской свиты (Ю₆, Ю₅). По описаниям керна это песчаники крупно- и среднезернистые с косой крупной однонаправленной слоистостью, отложившиеся в русловой обстановке (АР) [1].

В пласте Ю₅ и в подошвенной части пласта Ю₄, в зоне перехода от континентальной к бассейновой обстановке осадконакопления, часто отмечается снижение песчаности разреза, выделяются маломощные, уплотненные песчаники и алевриты с низкими коллекторскими свойствами (типы 3-4), фации мелких прибрежных водотоков и заболачивающихся озер (КС, ОЗ, АП).

В отложениях пластов Ю₃₋₄ развиты преимущественно 3 и 4 типы коллекторов, которые формировались в условиях заливно-лагунного прибрежного мелководья. Практически во всех скважинах отсутствуют отложения 1 типа, но хорошо выделяется тип 2, из интервалов данного коллектора получены высокие притоки нефти. По анализу керна данные коллекторы представлены фациями песчаных осадков подвижного мелководья: бары, косы, пересыпи (БМБ).

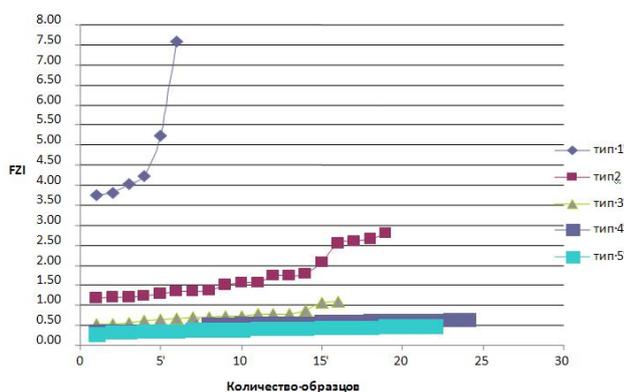
Разрез пласта Ю₂ характеризуется значительной глинистостью осадков. Проницаемые интервалы имеют линзовидное строение, небольшие толщины и низкие коллекторские свойства; по классификации это только типы 4-5, редко 3 тип. Отложения пласта сложного строения, тонкослоистые, относятся часто к фациям алеврито-глинистых осадков мало подвижного мелководья.

По результатам обобщения взаимосвязи фациальных характеристик, литологии и ФЕС коллекторов выявляются следующие закономерности:

- Более высокая песчаность и хорошие коллекторские свойства отмечены в пластах в нижней части разреза тюменской свиты. Данные отложения более всего перспективны на приросты запасов нефти.
- Главным фактором, контролирующим улучшение качества коллекторов, является увеличение диаметра зерен скелета и высокое содержание каолинита в составе глинистого цемента.
- С увеличением содержания хлорита и слюды отмечается тенденция к ухудшению коллекторских свойств.
- Нарастание объема алевритовой и глинистой фракций также приводит к ухудшению коллекторских свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
2. Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Маслов А. В. и др. Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
3. Мангиязов В. П., Белозеров В. Б. Методика в цифровой геологической модели литолого-фациальных особенностей терригенного коллектора // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 66-70.
4. Хабаров А. В., Волокитин Я. Е. Методика комплексного анализа данных керна и ГИС с целью литологической классификации терригенных коллекторов // Каротажник. – 2010. – С. 83-128.



ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ СИБИРИ (ЮРСКАЯ СИСТЕМА)

ТУРКИНА Т. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Бореальные бассейны, являющиеся, по существу, буферными (переходными между Палеоатлантикой и Палеопацификой), распространены в юре на обширной циркумполярной территории (Бореальный палеобиогеографический пояс), значительную часть которого занимали имеющие наибольшую специфику биоты арктические акватории (севера Сибири и Азии в целом, Канады, Аляски, Арктических островов). Центральное положение в этой буферной зоне занимали палеобассейны, окружающие Сибирскую платформу с запада, севера и востока. Конфигурация, площадь и положение границ основных бореальных зоохорий во многом определялись не только климатическими условиями, но и очертаниями окружающих массивов суши, палеогеографическими связями морей и палеогеографическими барьерами, площадью зеркала внутренних бассейнов, влиянием течений и даже вариациями солености вод.

В конце триаса и юре формировалась уникальная по размерам и особенностям строения Западно-Сибирская плита, чехол которой содержит большие запасы нефти и газа.

Наиболее перспективные районы ЗСП в отношении обнаружения месторождений нефти и газа по отдельным стратиграфическим горизонтам. В нижнеюрских и среднеюрских отложениях скопления углеводородов ожидаются в северных районах ЗСП [1]. Здесь наибольший интерес представляют положительные структуры, приуроченные к территории мелководно-морских бассейнов, периодически опреснявшихся, а также дельты впадавших в них с юга и юго-запада крупных рек. Последние приносили огромное количество обломочного материала, что обусловило накопление глинисто-песчаных толщ мощностью 1500-2000 м и более. Они характеризуются, судя по изученным разрезам Усть-Енисейского мегапрогиба, ритмичным чередованием мощных глинистых и алеврито-песчаных пачек. Ожидаемые типы залежей пластовые, сводовые и массивные, реже литологические и стратиграфические (зоны древних размывов). Верхнеюрские (оксфордские) отложения перспективны в восточной части Тюменской области. Продуктивная толща представлена прибрежно-морскими аккумулятивными формами типа баров, дельтовыми, озерными и речными фациями. Наиболее перспективны локальные поднятия, которые росли во время накопления оксфордской продуктивной толщи. Ожидаемые типы залежей пластовые сводовые, литологические и стратиграфические. Значительные залежи в неокме ожидаются в зонах развития относительно глубоководных и мелководных осадков, протягивающихся от широтного течения р. Обь по меридиану до Уренгоя и далее на северо-запад.

Концентрации углеводородов, преимущественно газовых, предполагаются в зоне распространения сеноманских и апт-альбекских прибрежных равнин, временами заливавшихся морем, а также в прибрежной зоне морей с песчаностью осадков (60-80 %) в северных районах Западно-Сибирской равнины, особенно на п-ове Ямал и прилегающих территориях. Внимательного изучения заслуживает восточная окраинная часть развития среднеальбских мелководно-морских отложений, где можно встретить ритмичный разрез типа готеривского, весьма перспективного в отношении нефти и газа.

Общие сведения палеонтолого-стратиграфической изученности юры Сибири. В основе региональных стратиграфических шкал юры лежит зональная аммонитовая шкала, разработанная на разрезах морских отложений севера Сибири и соотнесенная (в меру достижимой точности) с международным стандартом по аммонитам [2]. С использованием региональной аммонитовой шкалы в качестве эталона и реперных общебореальных уровней нивелировки бентоса проведена корреляция с международным стандартом всех автономных шкал, основанных для юры на изучении белемнитов, двустворчатых моллюсков, фораминифер, остракод, спорово-пыльцевых комплексов. Особо важную роль параллельные автономные зональные шкалы играют при изучении юры на закрытых территориях Западной Сибири, где картирование возможно только по керну, в котором наиболее часто встречаются остатки спор и

пыльцы, иногда микрофауна и раковины двустворок. На основе восточносибирской эталонной биостратиграфической шкалы по керновому материалу разработана биостратиграфическая шкала для Западной Сибири. Монографически изучены (хотя и неполно) практически все стратиграфически важные группы юрской макро- и микрофауны Средней Сибири, благодаря чему значительно изменены представления о системе, разнообразии и стратиграфическом значении этих групп. Из-за малого количества керна и недостаточного исследования хуже монографически изучена макрофауна и микрофауна юры Западной Сибири.

Палинология. Последовательность эталонных палинокомплексов, установленная в морских, фаунистически охарактеризованных отложениях, позволяет увязывать стратиграфическое положение и объем палиностратонов с аммонитовой региональной шкалой юры, а также с параллельными шкалами по двустворкам, микрофауне и другим парастратиграфическим группам ископаемых и служит основой для зонального расчленения юрских отложений и прямой корреляции морских и континентальных толщ палинологическим методом. Для разработки детальной стратиграфии морской юры наиболее перспективны среди микрофитопланктона цисты динофлагеллат, которые уже давно и успешно используются в нефтяной геологии за рубежом. Находки акритарх, празиофитов, зигнемовых водорослей учитываются при палеонтолого-стратиграфической характеристике региональных стратиграфических подразделений и являются особенно полезными для палеогеографических и фациальных реконструкций.

Споры и пыльца наземных растений. Нижнеюрские и среднеюрские отложения Сибири на больших площадях представлены континентальными фациями или переходными от неморских к морским. В этом случае для решения задач стратиграфии нефтегазоносных отложений особенно эффективен спорово-пыльцевой анализ, позволяющий расчленять разнофациальные континентальные отложения и прямо коррелировать их с толщами морского генезиса, насыщенными макро- и микрофауной и прямо и детально расчлененными. Таким образом, стратиграфическое положение и объем палиностратонов хорошо фиксируются на аммонитовой зональной шкале и шкалах общих и региональных подразделений. Наиболее четко выделяются палиностратоны, отражающие этапы перестройки флоры, вызванные климатическими событиями разного масштаба, такими как позднеплинсбахское похолодание, раннетоарское потепление и последовавшее за ним постепенное похолодание с пессимумом в аалене, байосская гумидизация климата и потепление в бате. Конструкция региональных сибирских шкал верхнеюрских палиностратонов, принятая в опубликованных стратиграфических схемах, существенно отличается от таковой нижней и средней юры.

Начиная с батского века, на территории Сибири наметилась широтная дифференциация флоры, отражающая климатическую зональность и особенно резко выраженная в келловее и поздней юре [2]. На этом этапе развитие сибирской флоры проходило в сложной климатической и палеогеографической обстановке, приведшей к коренным преобразованиям флоры и резкой дифференциации ее на территории Сибири. Соответственно для интервала келловей-верхняя юра оказалось возможным определение биостратонов по спорам и пыльце, латеральная протяженность которых находится в пределах одного или двух структурно-фациальных районов и, следовательно, прямая корреляция по ним ограничена провинциальным уровнем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атлас и объяснительная записка к Атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1:5 000000. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1976. – 80 с.
2. Шурыгин Б. Н., Никитенко Б. Л., Девятов В. П. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 49 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И МИГРАЦИИ СУЛЬФИДНОГО ВЕЩЕСТВА В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕ-СРЕДНЕЮРСКИХ ПИРИТИЗИРОВАННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЫНГАПУРОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

САПУРИН С. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Пиритовая минерализация весьма характерна для пород осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. В том числе, интенсивная пиритизация свойственна песчано-глинистым породам георгиевской, васюганской и тюменской свит Ноябрьского нефтегазоносного района. Упомянутые отложения вскрыты скважиной, пробуренной в центральной части Вынгапуровского нефтегазоконденсатного месторождения, которое разрабатывается ОАО «Газпромнефть». Изученная толща охватывает интервал 3060-3140 м, который стратиграфически соответствует отложениям верхней и верхов средней юры.

Георгиевская свита сложена чёрными и тёмно-серыми алевролитами и аргиллитами. Отложения васюганской и тюменской свит представлены неравномерным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, в некоторых интервалах сильно биотурбированных и с многочисленными раковинными остатками. Встречаются прослои углей, количество и мощности которых увеличиваются с глубиной. Псаммитовые разности (песчаники и алевролиты) по составу аркозовые, цемент глинисто-карбонатный, не более 15 % от всего объёма породы.

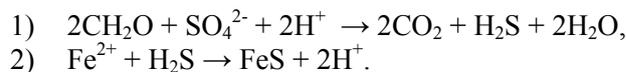
Проявления пирита, как в форме рассеянной вкрапленности, так и в виде конкреций и маломощных линзовидных слоёв, приурочены к различным по литологическому составу и степени насыщенности органическим веществом породам. При этом наибольшую интенсивность пиритизация приобретает на контактах аргиллит (уголь) – песчаник (алевролит), вплоть до оруденения. Для большинства отложений характерна рассеянная пиритовая вкрапленность. Тем не менее, прослеживается взаимосвязь между концентрацией сульфида и коллекторскими свойствами пород. Пористость мелкозернистого песчаника – коллектора углеводородов – из пласта группы Ю₁, в образце которого содержится порядка 5 % пирита, около 20 %. Но вследствие закупорки пор сульфидным веществом она сильно снижается в более интенсивно пиритизированных интервалах.

По результатам изучения шлифов и аншлифов были выявлены различные формы выделений пирита. В том числе они представлены как одиночными кристаллами (размеры варьируют от долей микрометра до 0,05 мм), так и агрегатами зерен различных размеров. Кристаллы чаще всего пентагондодекаэдрические, в меньшей степени октаэдрические. Обычные для магматогенного пирита кубические кристаллы практически не встречаются. В значительно меньшей степени, чем в кристаллической форме, в песчаных и, чаще, в глинистых отложениях распространён фрамбоидальный пирит – округлые микрозернистые образования (сфероиды), объединённые в более крупные стяжения также округлой формы (глобулы). Эти глобулы достигают в размере сотых долей миллиметра. Происхождение фрамбоидов до сих пор остаётся проблемным вопросом геологии.

Предполагается [3], что значительная часть аутигенных сульфидов (в первую очередь пирит), распространенных в осадочных породах, кристаллизуется уже на стадии диагенеза. Появление сульфидного вещества в осадке связывают [4] с деятельностью анаэробных бактерий, которые для получения энергии используют процесс сульфатредукции, заключающийся в окислении органического вещества и одновременном восстановлении сульфата до сульфида. Процесс сульфатредукции протекает в среде без доступа кислорода, т.е. в осадке господствуют восстановительные условия. Конечный продукт сульфатредукции, сероводород, реагирует с ионами металлов, осажая их в виде практически нерастворимых сульфидов. В случае дефицита железа или других осадителей серы образуется свободный сероводород. При больших скоростях сульфатредукции он может накапливаться в

обводненных илах или переходить в наддонную воду или даже выше, следствием чего может явиться сероводородное заражение вод бассейна [4].

Таким образом, процессы образования пирита в осадке можно описать двумя последовательными реакциями [2]:



При этом сначала образуется гидротроилит $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – чёрный аморфный гелеобразный минерал, который в дальнейшем, уже в окислительных условиях, переходит в немиграционноспособный пирит FeS_2 [1, 4]. Гидротроилит чаще всего выделяется в обогащенных органикой глинистых или углистых породах, но в дальнейшем может мигрировать и отлагаться в смежных с ними различных по литологии породах (песчаниках, алевролитах и других). В песчаниках сульфид может выступать в качестве цементирующего агента, формировать различные стяжения, вплоть до образования монолитного слоя уже без примеси песчаного материала. В зависимости от концентрации серы в мигрирующем растворе, пирит может развиваться как по цементу, принимая форму ограничивающих зёрен, так и без каких либо закономерностей в приуроченности к компонентам породы как бы накладываясь поверх них.

Резкие границы между отложениями, различными по литологической и геохимической характеристикам, являются своеобразными барьерами, препятствующими миграции компонентов осадка. Тем самым они часто являются уровнями, на которых происходит концентрация вещества.

Выделяют [1] несколько факторов, обуславливающих миграцию: гравитационный (перемещение масс вниз по разрезу под действием силы тяжести), диффузионный (миграция под действием градиента концентрации), элизионный (отжатие иловых вод из осадка при его уплотнении) и электрогеохимический (под действием разности электрических потенциалов масс веществ, накапливающихся на границе раздела генетически различных сред). Если гравитационный фактор определяет движение сульфидных масс только вниз, то остальные – как вверх, так и вниз.

Следует отметить, что геохимическая активность обогащенных органическим веществом отложений может сохраняться в течение весьма длительного времени (десятки млн лет) после их образования, что подтверждается миграцией сульфидов в вышележащие тощи, которые образовались уже после перерыва в осадконакоплении [1].

Данный обзор дает основание предположить, что пиритизация юрских песчано-алевролитовых отложений Ноябрьского нефтегазоносного района имеет наложенный характер. Она связана с привнесением сульфидного вещества из богатых органическим веществом пород – аргиллитов, углей. Поэтому нередко можно наблюдать плавные переходы от них к практически однородной пиритовой массе. Пирит местами выполняет полости в раковинах, в частности, в раковинах гастропод, что также подтверждает его образование из гелеобразного гидротроилита.

Пиритизация пластов является неблагоприятным фактором при освоении месторождений нефти и газа. В первую очередь, она оказывает существенное влияние на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов, уменьшая объём их пустотного пространства. Кроме того, в процессе бурения на проходку интенсивно пиритизированных интервалов затрачивается большое количество времени, значительно быстрее изнашиваются долота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

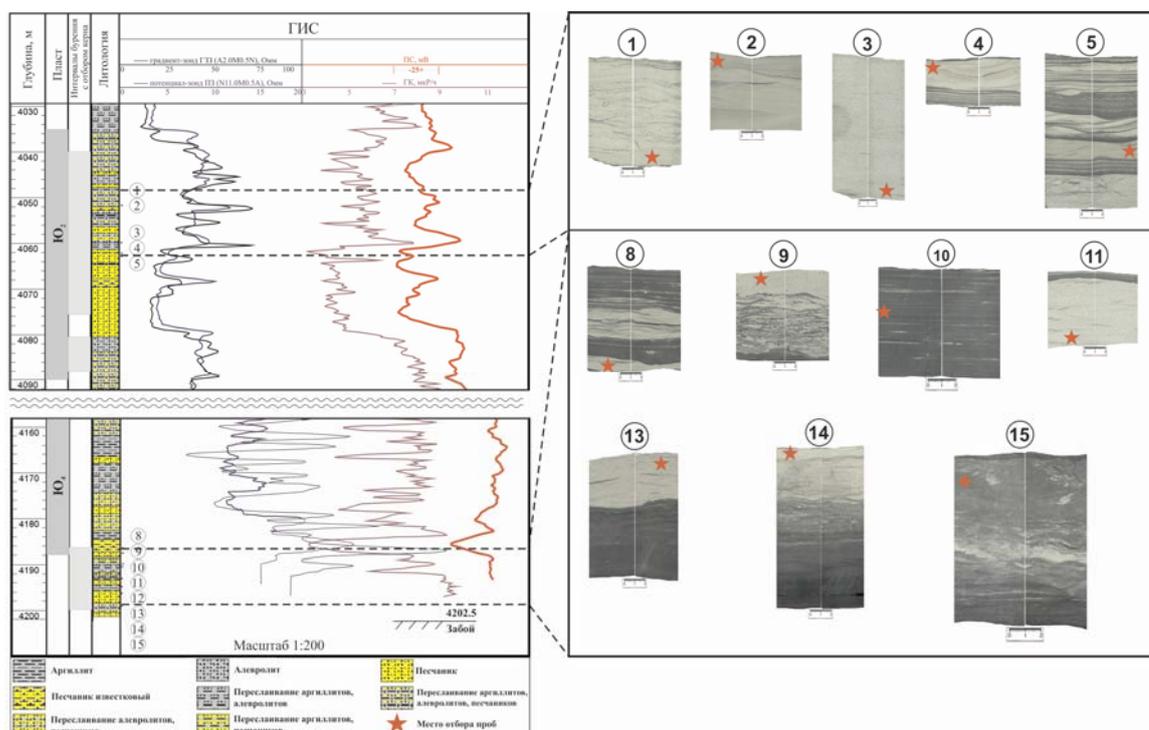
1. Гаврилов Ю. О. Диагенетическая миграция сульфидов в отложениях различных обстановок седиментации // Литология и полезные ископаемые. – 2010. – № 2. – С. 133-150.
2. Карначук О. В., Герасимчук А. Л., Бэнкс Д. и др. Бактерии цикла серы в осадках хвостохранилища добычи золота в Кузбассе // Микробиология, 2009. – Т. 78, № 4. – С. 535-544.
3. Фролов В. Т. Литология. Кн. 1: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
4. Холодов В. Н. Роль геохимии осадочного процесса в развитии литологии // Проблемы литологии, геохимии и осадочного рудогенеза. – М.: МАИК «Наука / Интерпериодика», 2001. – С. 70-74.

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ (ЯМБУРГСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

ЛЕВАЯ А. В., ФРОЛОВА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В основу исследований положены результаты анализа химического состава 7 образцов песчаников, 3 образцов алевролитов и 2 образцов алевроаргиллитов продуктивных пластов Ю₂ и Ю₄ (см. рисунок), отобранных из скважины 501 Ямбургского месторождения, где тюменская свита вскрыта на глубине 4048-4200 м, позволившие по системе литохимических модулей реконструировать состав, особенности преобразования пород в источниках сноса и физико-химические особенности обстановок осадконакопления.



Геолого-геофизический разрез тюменских отложений Ямбургского месторождения с отбором керна

Медианное значение гидролизатного модуля $[GM = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2]$ в **песчаниках** составляет 0,25 (минимум 0,19; максимум 0,34). Исходя из указанных значений, в соответствии с классификацией Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис (2000), псаммиты тюменской свиты принадлежат силитам ($GM < 0,30$) и сиаллитам ($0,31 < GM < 0,55$).

На классификационной диаграмме Ф. Дж. Петтиджона с соавторами (1976) в координатах $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Na_2O/K_2O)$ фигуративные точки составов песчаников локализованы преимущественно в поле лититов, единичные образцы попадают в поле аркозов (по классификации В. Н. Шванова это олигомиктовые, мезомиктовые и кварцевые песчаники).

На диаграмме $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Fe_2O_3/K_2O)$ М. Херрона (Herron, 1988) значительная часть точек составов песчаников тяготеет к полю аркозов и вакк, что подчеркивает присутствие в проанализированной нами выборке определенного числа весьма тонкозернистых разновидностей псаммитов; несколько точек расположены в поле сланцев.

На диаграмме Б. Розера и Р. Корша (Roser, Korsch, 1986) точки лититового и аркозового составов псаммитов попадают в поле активных окраин, т. е. областей с нестабильным тектоническим режимом, это может свидетельствовать о том, что обломочный материал при

формировании продуктивных горизонтов Ю₂ и Ю₄ Ямбургского месторождения поступал в основном с востока (Сибирской платформы), юго-востока (Алтае-Саянской складчатой области) и в меньшей степени с запада (Урал).

В скв. 501 не наблюдается каких-либо определенных тенденций в распределении значений ГМ в отложениях снизу вверх по разрезу. Значения индекса $[CIA=100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)]$, который характеризует химические изменения (Nessbit, Young, 1982), в породах нижней и верхней частей разреза немного выше, чем в средней. В интервале глубин 4180-4190 м значения CIA в породах минимальны и достаточно близки к тем, что характерны для пород, в составе которых преобладает слабо выветрелый материал. В этом же интервале для псаммитов характерны максимальные во всем разрезе тюменской свиты значения отношения K_2O/Al_2O_3 (0,22), близкие к типичным для пород «петрогенного типа», т. е. не претерпевших более одного цикла седиментации. Все вместе это позволяет предполагать, что ближе к концу первой четверти времени накопления отложений тюменской свиты в областях сноса имело место выведение на дневную поверхность относительно слабо измененных процессами выветривания образований, а захоронение кластики происходило достаточно быстро. Именно этот рубеж (около 4180 м) предположительно фиксируется сменой палеоландшафтов (снизу вверх): озерно-аллювиального на прибрежно-бассейновый (Алексеев и др., 2007).

Величина ГМ в алевролитах и алевроаргиллитах варьирует от 0,18 до 0,37 при медианном значении 0,27. Индекс CIA варьирует от 60 до 75; медианная величина его равна 68, что указывает на преимущественно семигумидные климатические обстановки на палеоводосборах при формировании отложений тюменской свиты. Медианное значение химического индекса выветривания $[CIW=100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)]$ (Harnois, 1988), составляющее около 75 указывает на слабое выветривание пород, слагающих палеоводосборы. Весьма низкая величина отношения K_2O/Al_2O_3 (медиана 0,14, минимум 0,06, максимум 0,19), указывает, что практически вся тонкая алюмосиликокластика в составе тюменской свиты имеет литогенный характер, т. е. материал, слагающий алевролиты и алевроаргиллиты, либо прошел более одного цикла седиментации (это значит, что в областях сноса значительная роль могла принадлежать в том числе и глинистым породам), либо в существенной мере преобразован процессами гумидного выветривания (в наиболее общем случае указанные значения K_2O/Al_2O_3 типичны для глин каолинитового и гидрослюдистого состава).

На диаграмме НКМ-ФМ (Юдович, Кетрис, 2000) точки алевролитов и алевроаргиллитов сосредоточены в основном в поле II, меньше в полях IV, VI. По данным авторов диаграммы, поле II – это породы с преобладанием монтмориллонита и подчиненным количеством каолинита и гидрослюды, поле IV отвечает составам хлорит-гидрослюдистых пород; отложения подобного типа обычно не связаны с корами выветривания.

Таким образом, отложения тюменской свиты представлены лититами, аркозами и вакками, образованными в семигумидных климатических обстановках. Обломочный материал при формировании продуктивных горизонтов Ю₂ и Ю₄ Ямбургского месторождения поступал в основном с востока (Сибирской платформы), юго-востока (Алтае-Саянской складчатой области) и в меньшей степени с запада (Урал). Анализ литохимических данных в определенной мере верифицирует представления о смене в скв. 501 на рубеже около 4180 м комплексов отложений, сформированных в разных палеоландшафтах – озерно-аллювиальном и прибрежно-бассейновом (Алексеев и др., 2007).

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ФАЦИАЛЬНОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ПЛАСТА АЧ₅ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ХАСАНОВА К. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Ввиду того, что современные поиски залежей углеводородов ведутся в области открытия неантиклинальных ловушек, необходимы новые технологии и методики их поиска. Одним из перспективных методов является геолого-статистический анализ, за основу которого взят литолого-фациальный анализ. При дефиците каменного материала в работе также интерпретируются геофизические данные, где показания ГИС верифицируются с данными каменного материала (рис. 1).

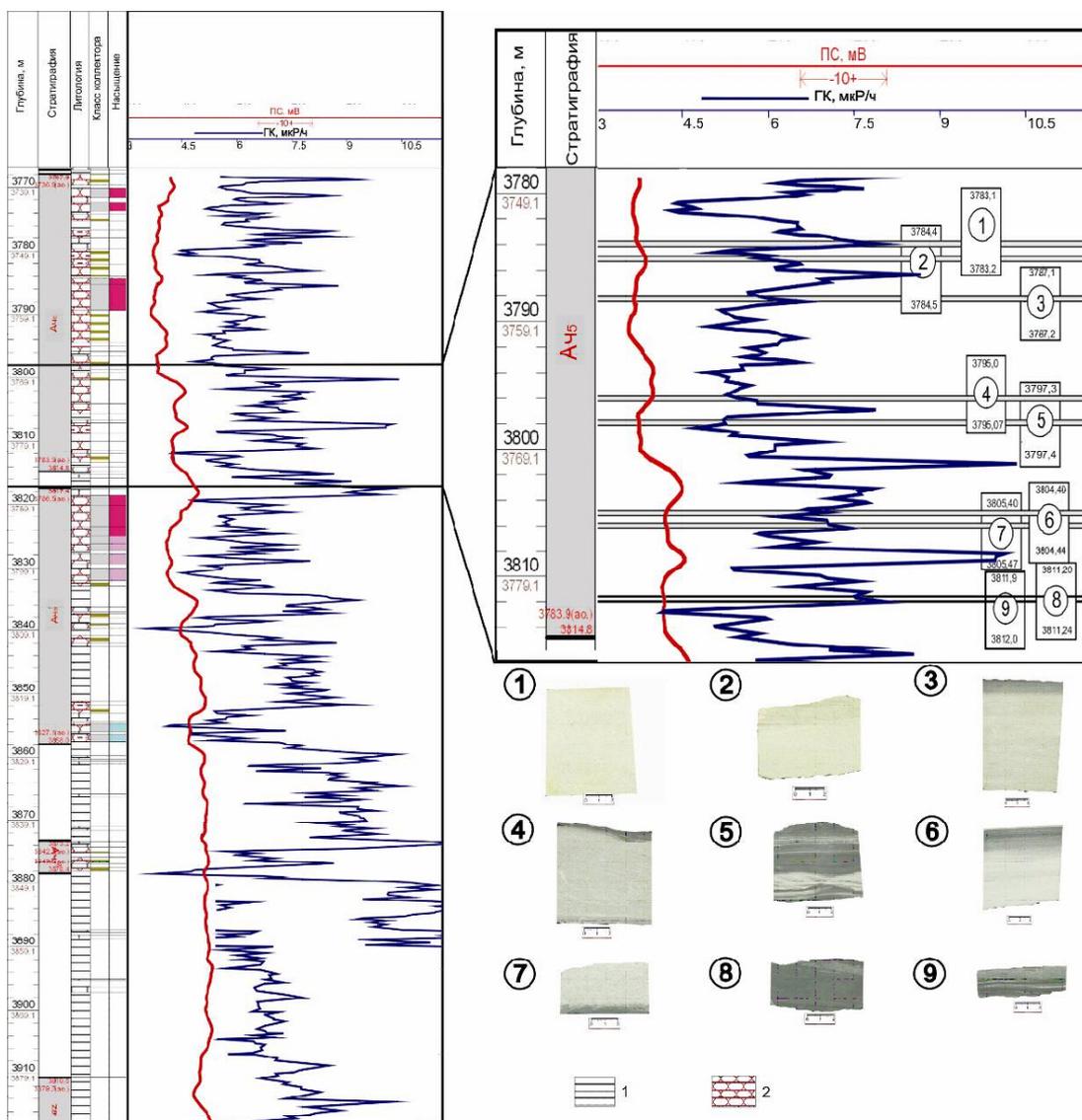


Рис. 1. Геолого-геофизическая колонка неокомских отложений Ямбургского месторождения; увеличенный фрагмент АЧ₅ с отбором керна (справа вверху), образцы керна (справа внизу):

1 – аргиллит; 2 – песчаник

В качестве исходного материала используются: макроописание керна и геофизические данные по следующим методам исследования: ПС, ГК, и фильтрационно-емкостные свойства. В целом отложения изучаемой ачимовской толщи (АЧ₅) Ямбургского месторождения [3] представляют собой мелководно-бассейновые отложения (цифры соответствуют номерам образцов на рис. 1) [1]:

- 3, 4, 6 – песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья (БПА);
- 5, 9 – глинисто-алевритовых осадков приливно-отливной зоны (БПВ);
- 1 – песчаных осадков сильноподвижного мелководья (БМБ);
- 2,7 – алеврито-песчаных осадков малых аккумулятивных форм (БПК);
- 8 – алеврито-глинистых и карбонатных осадков малоподвижного мелководья (БПП).

По соответствующим интервалам на *las*-файлах выбраны цифровые значения кривых, из которых строятся графики зависимостей ПС и ГК, графики с коллекторскими свойствами (рис. 2). Точкам построения присвоен индекс фаций, чтобы заранее оценить их распределение, как это выполнено в статье [2].

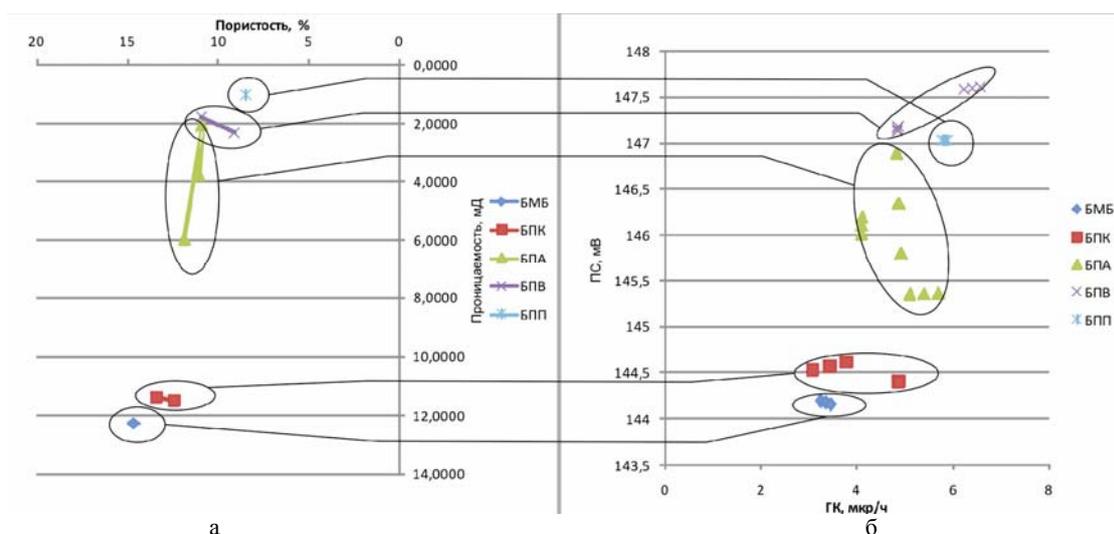


Рис. 2. Графики зависимости геофизических параметров:

а) пористость÷проницаемость; б) ПС÷ГК

На полученных графиках видно, что области фаций по ПС-ГК и значений ФЕС располагаются приблизительно одинаково. На рис. 2, а отчетливо разделяются фации БПК и БПА, на рис. 2, б эта разница тоже очевидна, но расстояние между выделяемыми ареалами не столь велико. Эти данные свидетельствуют о том, что методика применима для фациального расчленения, а также для проверки генетических реконструкций.

Итак, если иметь некоторое оптимальное количество керна, набор фаций которого будет отражать всю изучаемую толщу, то можно восстановить условия формирования по данным ГИС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
2. Бородкин В. Н., Курчиков А. Р. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности ачимовской толщи севера Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 286 с.
3. Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Беляков Е. О., Такканд Г. В. Фациальный контроль изменчивости фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов тюменской свиты Ловинского месторождения // Литология и геология горючих ископаемых. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – Вып. IV (20). – С.111-117.

КЛАСТИЧЕСКИЕ ДАЙКИ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

ГИНИЯТУЛЛИНА Р. Р., КАЛЯМОВА Л. И., ЩЕТИНКИНА Д. А.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Процессы, происходящие в толщах осадочных пород после стадии осадконакопления, нередко приводят к формированию текстурных элементов, существенно искажающих первоначальные седиментогенные текстуры. В том числе нередко встречаются образования, которые по своей форме и по отношению к слоистости во вмещающих горных породах напоминают интрузивные тела. Такие образования обычно называют кластическими, песчаными или нептуническими жилами и дайками. Чаще всего они сложены песчаным материалом, реже встречаются дайки представленные гравелитом, конгломератом, брекчией, алевролитом, глинистым веществом, карбонатом, битумом. Сортировка заполняющего материала может быть очень разной. В большинстве случаев его состав близок к составу вмещающих пород.

Размеры таких тел могут быть самыми различными – толщина колеблется от 1-2 мм до 0,50-0,70 м (в некоторых случаях до многих метров), а в длину они нередко достигают 20-30 м и более. Описаны (Петтиджон, 1981) дайки, длиной более 10 км. По морфологическим особенностям различают сравнительно простые кластические дайки, в общих чертах напоминающие соответствующие магматические тела (т.е. плоские, с относительно параллельными стенками) и образования неправильной формы. Среди дайкообразных тел распространены относительно прямолинейные образования, дайки с кулисообразным сочленением отдельных составляющих, коленчатые, Z-образные и ветвящиеся дайки, дайки-просечки между двумя пластами песчаников, дайки-треугольники, дайки-глыбы и змееподобно извивающиеся дайки (Холодов, 1983). По отношению к напластованию вмещающих пород выделяются вертикальные, наклонные и горизонтальные (силлы) дайки. Довольно часто и особенно, по-видимому, в тех случаях, когда тело кластической дайки имеет большую мощность, формируются простые субвертикальные разновидности. Границы таких даек резко секут слоистость вмещающих отложений. Кластические дайки неправильной формы мало напоминают магматические дайки. Часто они имеют причудливое строение с многочисленными ответвлениями.

Кластические дайки представляют собой типичные полигенетические образования, следовательно, в каждом случае их генезис следует представлять себе на основе конкретных фактов, собранных в конкретном районе.

Существуют две основные модели происхождения даек (Шрок, 1950). 1). В результате пассивного, механического заполнения трещин и расщелин, открытых с поверхности, возникших в неконсолидированных осадках или в осадочных породах в результате землетрясений, оползней, таяния мерзлотных жил или просто растрескивания в результате высыхания осадка. 2). Внедрение (инъекция) полужидкой массы «наполнителей» в тектонические и другие трещины или ослабленные зоны под большим давлением.

Первый тип может быть подразделен на несколько подтипов или разновидностей, различающихся по размерам, форме, составу заполняющего материала и т.д. Среди них встречаются как очень небольшие, шириной в несколько миллиметров и длиной в несколько сантиметров (трещины усыхания, синерезиса), так и гигантские – связанные с землетрясениями. Состав заполняющего материала даек, образовавшихся на суше, нередко (хотя и не всегда) отличается от состава вмещающих пород. В то же время состав даек на дне водоемов, где идет осадконакопление, чаще всего близок к составу вмещающих слоев.

Материал, намытый, нанесенный ветром или другим образом попавший в расщелины, часто характеризуется значительными изменениями в составе и структуре. Стенки таких даек не обнаруживают деформации, сами трещины чаще заканчиваются в пределах одной формации. Если дайка оканчивается кверху у поверхности несогласия, то она является

«памятником» некоторого интервала геологического времени, поскольку материал в том слое, который питал дайку, был смыт раньше, до отложения вышележащих осадков.

Кластические дайки, внедрившиеся под давлением, распространены в большей степени. Они также могут быть подразделены на подтипы, различающиеся по способу образования, форме, составу, структурам и т. д.

Наиболее хорошо изучены (например, Холодов, 1983) дайки, внедрившиеся в консолидированные породы снизу. Для возникновения такой песчаниковой интрузии необходимо наличие пластов, материал которых обладает тиксотропными свойствами или способностью к спонтанному ожижению, появление импульсов, вызывающих ожигение материала, наличие соответствующего давления на материал будущей интрузии, вмещающие породы с иными механическими свойствами, чем у пластов, подвергающихся разжижению.

Соответствующие условия нередко возникают во впадинах платформ или некоторых предгорных прогибов, где с большой скоростью накапливаются очень мощные песчано-глинистые толщи. На глубине вода (или углеводородный флюид), содержащаяся в глине под большим давлением проникает в песчаные пласты. Иногда перепад поровых давлений в глинах и песчаниках настолько велик, что возникают гидроразрывы и разжиженный песок инъецируется в трещины, в ослабленные зоны, заполняет их и впоследствии цементируется компонентами, растворенными в пульпе. Фактором, вызывающим ожигение материала материнских пластов, является механический импульс, воздействующий на осадок. Для песчаниковых интрузий, особенно с большим вертикальным размахом, такими импульсами могли быть землетрясения. Когда образуются трещины, вода или нефть, переполненная кластическим материалом, возгоняется вверх, в некоторых случаях подается в бок, в раздробленный материал. Позднее, когда вода вытекает или нефть превращается в асфальт, твердый материал остается, образуя плитообразную массу. В некоторых случаях, когда давление флюидов (газов) особенно сильное, образовавшаяся разжиженная масса вырывается на поверхность, образуются грязевые вулканы. Жерла этих вулканов тоже заполнены упомянутой массой и представляют собой своеобразные дайки.

Другая разновидность инъекционных даек формируется в результате проникновения обломочного материала сверху. Такие дайки, в отличие от первой разновидности, чаще имеют плоскую форму, они заполняют трещины (в том числе горизонтальные) в толщах осадков и пород, подстилающих различные оползневые образования и отложения мощных обломочных потоков. Они характерны для флишевых формаций. Роль оползней здесь можно рассматривать с двух сторон. С одной стороны, они поставляют импульсы, облегчающие ожигение материала, а с другой – трение, развиваемое ими о подошву, вызывает напряжения, под действием которых происходит разрыв пластов.

Инъекционные дайки можно распознать как по форме, так и по относительно однородному материалу. Для них характерны однородные текстуры без признаков стратификации. Часто они содержат включения обломков, окатышей вмещающих пород.

Наряду с перечисленными генетическими типами кластических даек, можно встретить и более редкие. Так, например, дайкообразные тела могут образоваться и в связи с карстовыми процессами. Возникающие при карсте полости нередко заполняются крупнообломочным несортированным материалом в результате обрушения кровли. Тела, напоминающие дайки, могут образоваться и среди пород, слагающих эту кровлю.

Кластические дайки наиболее широко развиты в мощных песчано-глинистых толщах, (особенно нефтегазоносных), в том числе во флишевых. Встречаются также в молассах и в других континентальных формациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петтиджон Ф. Дж. Осадочные породы. – М.: Недра, 1981. – 751 с.
2. Холодов В. Н. Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах. – М.: Наука, 1983. – 151 с.
3. Шрок Р. Последовательность в свитах слоистых пород. – М.: ИЛ, 1950. – 564 с.

ГАЗОГИДРАТЫ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ

ГАВТАДЗЕ И. Д., ШИХРАГИМОВ К. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

По последним оценкам Международного энергетического агентства, обеспеченность текущего потребления природных горючих газов составляет порядка 60 лет. Однако ресурсы, заключенные в низкопроницаемых коллекторах, угольных пластах и сланцах, составляют 921 трлн м³. Кроме того, огромные запасы газа – по оценкам, от 1 до 5 тыс. трлн м³ – сосредоточены в газовых гидратах (ГГ) на суше и морском дне. Именно с подобным газом, ресурсы которого кратно превышают ресурсы традиционного газа, связывают энергоснабжение планеты во второй половине 21 века [1].

Газовые гидраты – это скопления газа (чаще всего метана) в особом состоянии, связанном на молекулярном уровне с водой. Они представляют собой кристаллическое вещество, по виду напоминающее снег или лед. В своей структуре они содержат молекулы природного газа, каждая из которых окружена гидратной оболочкой, выполняющей одновременно связывающую роль. Кристаллы возникают от воздействия низкой температуры и большого давления. В результате молекулярного уплотнения один кубометр природного ГГ в твердом состоянии содержит около 164 м³ метана в газовой фазе и 0,87 м³ воды [2].

На сегодняшний день выявлены 2 типа ГГ: 1 тип – диагенетический, образованный из биохимического метана и состоящий преимущественно из метана; 2 тип – термогенный, образованный из глубинных газов и представленный не только метаном, но и его легкими гомологами (этан, пропан).

ГГ выявлены почти на 50 площадях мира. По некоторым оценкам, 98 % газогидратного газа присутствует на морских континентальных окраинах и 2 % – в районах многолетней мерзлоты на суше. Данные исследования арктических ГГ показывают, что в районах многолетней мерзлоты они могут существовать в глубинах от 200 до 2000 м от поверхности. Примерно 10 % Мирового океана является потенциально газогидратоносными. Глубоководным бурением ГГ были вскрыты юго-восточнее и западнее США, вблизи Канады, Перу, Коста-Рики, Гватемалы и Мексики, у берегов Японии и в Мексиканском заливе. Они обнаружены также в Средиземном, Черном, Каспийском, Южно-Китайском морях, у берегов Калифорнии, Южной Кореи, Индии и других местах.



Установленные и предполагаемые скопления ГГ

Известно, что гидраты метана могут находиться в осадочной толще до тех пор, пока она не опустится ниже границы их стабильности, обусловленной ростом температур за счет

геотермического градиента, равного в среднем 3,5 °С/100 м. Мощность зоны гидратообразования (ЗГО) зависит от глубины бассейна и температуры его придонных вод и колеблется от 100 м в Южном Каспии, 150 м в глубоководной области Черного моря и до 300-350 м в северных морях на глубинах около 1000 м. Чем меньше глубина бассейна и чем выше температура придонных вод, тем меньше мощность ЗГО. По данным Ю. Ф. Макогона, верхняя граница ЗГО в морях располагается на различной глубине, что связано с температурами придонных вод: в Южном Каспии и в Черном море, где температура придонных

вод 9 °С, она проходит на глубине примерно 700 м, в оз. Байкал при температуре придонных вод 4 °С – на глубине 450 м.

Трудности извлечения метана из ГГ связаны с тем, что месторождения залегают в труднодоступных областях земли. Чтобы получить метан, нужно разрушить ГГ и отобрать пузыри газа в емкости. Сейчас рассматриваются только три основных метода вызова притока газа из гидратного пласта: понижение давления ниже равновесного давления; нагрев гидратосодержащих пород выше равновесной температуры; а также их комбинация

Все они основаны на применении диссоциации – процесса, в ходе которого вещество распадается на более простые составляющие. В случае с гидратами природного газа диссоциация проходит при увеличении температуры и снижении давления, когда кристаллы льда тают, тем самым высвобождая молекулы природного газа, заключенные внутри кристалла. Метод понижения давления является пригодным для гидратных пластов, где насыщенность гидратами невелика, а газ или вода не потеряли свою подвижность. Естественно, что при увеличении гидратонасыщенности эффективность этого метода резко падает. Так, при насыщенности пор гидратами более 80 % получить приток из гидратов за счет снижения забойного давления практически невозможно. Другой недостаток метода снижения давления связан с техногенным образованием гидратов в призабойной зоне вследствие эффекта Джоуля-Томсона. Таким образом, разработка гидратных залежей за счет понижения давления возможна только при закачке ингибиторов (веществ, замедляющих химические процессы, реакции) в призабойную зону, что значительно увеличит себестоимость добываемого газа. Тепловой метод разработки ГГ месторождений пригоден для пластов, имеющих высокое содержание гидратов в порах. Однако, как показывают результаты расчетов, тепловое воздействие через забой скважины малоэффективно.

Наибольшие перспективы имеет комбинированный метод, состоящий в одновременном снижении давления и подводе тепла к скважине. Причем основное разложение гидрата происходит за счет снижения давления, а подводимая к забою теплота позволяет сократить зону вторичного гидратообразования, что положительно сказывается на дебите. Недостатком комбинированного метода (как и теплового) является большое количество попутно добываемой воды. Кроме вышперечисленных существует еще один способ – воздействие ингибитором. Некоторые виды спиртов, например этиленгликоль, действуют как ингибиторы при подаче внутрь слоя залегания гидратов газа, и вызывают изменение состава гидрата. Ингибиторы изменяют условия температуры и давления, способствуя диссоциации гидратов и высвобождению содержащегося в них метана. Однако этот метод вряд ли окажется рентабельным вследствие высокой стоимости ингибиторов. Другие предлагаемые методы воздействия, в частности электромагнитное, акустическое и закачка углекислого газа в пласт, пока еще мало изучены экспериментально.

В отличие от большинства других веществ, ГГ вещества существуют в природе в условиях, близких к границе его фазовой устойчивости. Незначительные изменения температуры и давления способны вызвать необратимый процесс разложения ГГ с освобождением в окружающую среду огромного количества газов, в том числе N₂- и S-содержащих. Неконтролируемый выход в атмосферу метана, делающего в 20 раз больше парниковый эффект, чем CO₂, может привести к глобальному потеплению, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

На данном этапе времени, добыча газогидратного сырья практически сведена к нулю, но перспективы их огромны, и кто будет владеть технологиями его получения, тот и будет играть существенную роль на мировом рынке энергоресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ананенков А. Г. Газовая промышленность России на рубеже XX и XXI веков. – М.: ООО «Газоиль пресс», 2010. – 304 с.
2. Нефть и газ. Мировая история / под ред. И. И. Мазур. – М.: Елима, 2004. – 896 с.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СКВАЖИН ДЛЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТОВ

САБИТОВ А. А., ИБРАГИМОВА А. Ш.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

Процесс гидроразрыва пласта (ГРП) является одним из высокоэффективных способов интенсификации добычи нефти и увеличения коэффициента нефтеизвлечения слабопроницаемых коллекторов с низкой продуктивностью.

Объектом для проведения ГРП был выбран продуктивный горизонт D_1 Южно-Ромашкинской площади, характеризующийся многопластовым строением. В пределах горизонта можно выделить три самостоятельных пачки, каждая из которых объединяет определенную группу коллекторов. О достаточной разобщенности этих пачек свидетельствуют коэффициенты литологической связанности ($K_{св}$), которые на границе этих пачек составляют 0,10 и 0,11. Верхняя пачка объединяет пласты а, б₁, б₂, б₃, средняя представлена одним пластом – в, и нижняя – пластами г₁, г₂, д. Большая гидродинамическая связь наблюдается между пластами б₁ и б₂, верхней пачки, где $K_{св} = 0,33$ и в нижней пачке между пластами г₁ и г₂ с $K_{св} = 0,43$, связь между другими пластами несколько ниже. Объект разработки D_1 представлен совокупностью трёх типов пород-коллекторов с различными фильтрационно-емкостными характеристиками, имеющими прерывистый характер строения, выражающийся в смене одного типа коллекторов другим, а также и полном замещении их неколлекторами: высокопродуктивные неглинистые, высокопродуктивные глинистые, малопродуктивные. Для высокопродуктивных неглинистых пород коллекторов коэффициент пористости составляет 21,2 %, коэффициент продуктивности $0,762 \text{ мкм}^2$, а коэффициент нефтенасыщенности 85,3 %. Для высокопродуктивных глинистых пород коллекторов $K_p = 19,1 \%$, $K_{пр} = 0,324 \text{ мкм}^2$, $K_n = 78,0 \%$. Для малопродуктивных пород коллекторов $K_p = 15,0 \%$, $K_{пр} = 0,075 \text{ мкм}^2$, $K_n = 68,1 \%$. Выделенные пласты характеризуются линзовидным строением. В одних условиях высокопродуктивные пласты-коллекторы представлены линзами по отношению к малопродуктивным, в редких случаях эти слои являются вмещающими породами. Достаточно чётко прослеживается тенденция увеличения доли коллекторов по разрезу сверху вниз, в котором наличие глинистости менее 2 %. Сокращение площадей продуктивности связано с ростом доли водонасыщенных зон.

При анализе пяти низкопродуктивных скважин, в которых проводились методы ОПЗ (обработка призабойной зоны), не дали эффекта, проницаемость в призабойной зоне пласта оказалась слабой, в связи с чем на этих скважинах было решено провести дополнительные геофизические исследования с целью проведения гидроразрыва пластов. В результате исследования выяснилось, что расположение этих скважин находится в зоне с максимальной нефтенасыщенной толщиной пласта, близлежащего водяного пласта не выявлено, состояние забоя эксплуатационных колон и устьев скважин находятся в удовлетворительном состоянии.

С целью увеличения производительности в опытных скважинах был проведен процесс ГРП. Для оценки проведенных исследований была применена методика расчета технологической эффективности, где было выбрано время работы скважины – 24 месяца.

Анализируя дебиты опытных скважин и обводненность продукции, зафиксированные за 12 месяцев до проведения процесса ГРП, были построены графики зависимости накопленной добычи нефти от накопленной добычи жидкости.

Следует отметить, что до проведения гидроразрыва пластов на всех рассматриваемых скважинах проводилась обработка призабойной зоны, которая не дала существенного эффекта (см. таблицу). Так, в скв. № 12А проводили закачку глиноуксидной кислоты, в скв. № 1826Д – воздействие на пласт термоимплюзионным методом, в скв. № 1814А – закачку РМД, в скв. 9353А – закачку глиноуксидной кислоты с продавкой в пласт. Целью всех работ было восстановление фильтрации в продуктивной части горизонта, но по прошествии небольшого

промежутка времени она снова оказалась забита фильтратом, механическими примесями, образованиями призабойной зоны вследствие обработки.

Очевидно, что технологически эффективно и целесообразно было проведение процессов ГРП, так как другие методы ОПЗ не дали значительного эффекта

Результаты обработки призабойной зоны

Параметры скв	Скважина № 9353А		Скважина № 1826Д		Скважина № 9307		Скважина № 1814А		Скважина № 12А	
	До	После	До	После	До	После	До	После	До	После
Q _ж , т/сут	0,6	5	0,5	4	2	14	0,5	4	1	8
Q _н , т/сут	0,5	4	0,4	2,3	1,7	11	0,4	3,2	0,7	5-6(3)
Обводненность, %	7	18	50	80	5	10-20	6	15	20	60
Р _{пл} , МПа	14,4		14,5		15,3		14,7		14,2	
Р _{заб} , МПа	8,8		6,7		9,3		6,4		11,3	
Кпрод	0,13		0,04		0,13		0,12		0,18	
Эффективность (срок окупаемости, сут)	229		1533		186		114		218	
Примечание			нецелесообразно проведение процесса ГРП							

Одним из основных экономических критериев при выборе МУНов является срок окупаемости затрат, который в среднем составил 456 суток. В результате дополнительная добыча нефти, полученной за весь срок после проведения ГРП, по пяти скважинам в сумме составила 15300 тонн.

Проведенный анализ работы скважин до и после ГРП показал, что средний дебит нефти в сутки до ГРП составлял 1,2 т/сут., обводненность – 17 %. После ГРП средний дебит нефти составил 4,3 т/сут., а обводненность – 20 %.

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НА ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БОКОВЫХ СТВОЛОВ

ФАТХУТДИНОВА Н. И., ИБРАГИМОВА А. Ш.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

В настоящее время актуальными являются задачи применения новых технологий нефтедобычи, позволяющих значительно увеличить коэффициент нефтеизвлечения уже разрабатываемых пластов, на которых традиционными методами извлечь значительные остаточные запасы нефти уже невозможно, где остаточные или неизвлекаемые запасы нефти промышленно освоенными методами разработки достигают в среднем 55-75 %.

Березовская площадь (см. рисунок) находится на поздней стадии разработки и, являясь составной частью Ромашкинского месторождения, имеет основные черты его геологического строения. Осадочная толща палеозоя, залегающая на породах кристаллического фундамента, представлена терригенными и карбонатными отложениями девонской, каменноугольной и пермской систем. Березовская площадь в тектоническом отношении расположена в пределах пластово-сводовой залежи многопластового Ромашкинского месторождения, приуроченного к южному куполу Татарского свода, которая определяет идентичные структурные планы пласта D_0 и горизонта D_1 . В целом залежь полого погружается от свода к крыльям структуры, но в западной и северо-западной частях, где расположена и Березовская площадь, отмечается крутое падение слоев.

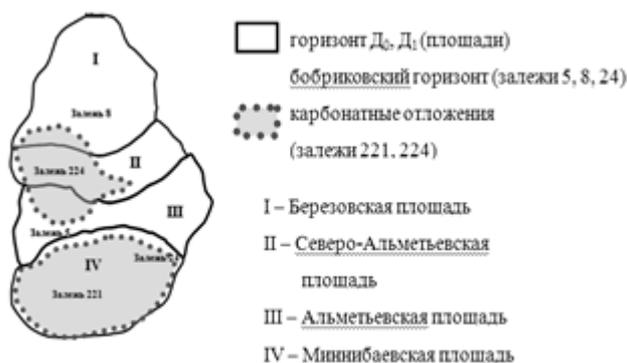


Схема расположения объектов разработки НГДУ «Альметьевнефть»

В качестве анализируемого объекта выбран продуктивный пласт D_0 , который достаточно монолитен, хотя на отдельных участках может быть представлен 2-3 пропластками, залегают в средней части кыновского горизонта и хорошо изолирован от выше- и нижележащих отложений непроницаемыми глинистыми покрывками толщиной 9-14 образований. Пласт сложен переслаиванием песчаных, песчано-алевролитовых и аргиллитовых пород. Коллекторами являются хорошо отсортированные мелкозернистые песчаники и крупные алевролиты. Эффективная нефтенасыщенная толщина пласта D_0 варьирует в пределах от 2 до 6 м. Пласт D_0 характеризуется высоким значением коэффициента песчаности (0,93 д. е.) и относительно невысокой расчлененностью (1,3), поскольку в большинстве разрезов он представлен одним, реже двумя пластами.

Кыновские залежи пластово-сводового типа характеризуются близостью ВНК. Поэтому в вертикальных скважинах перфорацией вскрываются только кровельная часть пласта с интервалом до 1-2 метров во избежание быстрого подтягивания подошвенной воды, а необходимость наличия зумпфа приближает забой к уровню ВНК и увеличивает риск получения «конусов обводнения».

Наиболее эффективным является метод увеличения нефтеотдачи пластов путем зарезок боковых (БС) и боковых горизонтальных стволов (БГС) за счет уплотнения существующей сетки скважин, при значительно меньших затратах, чем бурение новой скважины. С целью выработки остаточных запасов нефти или восстановления работоспособности после аварий (интервал перфорации перекрыт неизвлекаемыми аварийными устройствами, нарушений эксплуатационных колонн, герметичность которых при КРС не достигнута) были проведены зарезки на 13 скважинах. В результате дополнительная добыча нефти составила 96,2 тыс. тонн, или около 7,4 тыс. тонн нефти на 1 скважину.

Как правило, в таких скважинах для восстановления прежнего эффективного дебита нефти боковой ствол не требует отдалять на значительное расстояние в 30-40 метров, что значительно уменьшает длину бокового ствола и соответственно затраты на его строительство. Также преимущество горизонтальных и многозабойных скважин, относительно обычных наклонно-направленных, заключается в получении высокодебитной продукции за счет значительного увеличения фильтрующей площади по всей длине горизонтальной части ствола.

Анализ эффективности проведенных мероприятий представлен в таблице. Оценка показателей разработки выявила, что эффективность применяемого метода оказалась достаточно высокой (более 70%).

Анализ эффективности проведенных мероприятий

№ скв	Длина БС	Прирост дебита нефти Q_n на 1.10.2009		№ реагир скв.	Накопленная добыча нефти на 1.10.2009		Успешность
		По плану	Ожидаем., т/сут		План	Факт	
21734*	228	5,4	3,8	-	6074	3544	-
5936	172	3,6	6	-	3402	6060	+
13561	204,5	2	3	12043 13560 11986	158	609	+
21565	154	2,8	6	-	512	13515	+
8011	343,5	1,2	3	5973 8027	0	50	+
8044	509	7,2	7,5	-	0	45	+
13424	-	-	-	8031, 8008Д	-	7474	+

*Примечание: $Q_{\text{план}}(5,4) > Q_{\text{ожид}}(3,8)$ Доп. ГТМ-перестр. упл. зарядами промыв забоя (при очередном ПРС).

Достижение эффективности зарезок БС и БГС во многом зависит от точности определения величины и местоположения остаточных запасов, правильности выбора направления проектных забоев и горизонтальных стволов, регулирования процессов заводнения. Другими словами, сложность проектирования боковых стволов и выбора того или иного МУН заключается в неоднородности геологического строения терригенных нефтеносных пластов или неравномерности распределения фильтрационных потоков на участках интенсивной разработки с применением заводнения для ППД. Поэтому возникают трудности для прогнозирования с высокой точностью ожидаемых дебитов скважин, что, в свою очередь, влияет на количество успешных БС, БГС по достижению запланированных дебитов.

Несмотря на все сложности, полученные результаты показывают, что геологические риски при выборе и планировании геологической службой НГДУ объемов БС, БГС в целом оправдываются.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО КОЛЛЕКТОРА НА ПРИМЕНЕНИЕ РЕАГЕНТА КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ

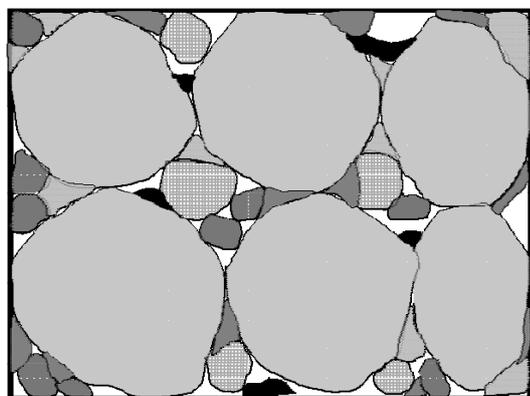
ХАНБИКОВ В. Р., БУРХАНОВ Р. Н.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

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

На примере верхнедевонских терригенных коллекторов Альметьевской площади, которые характеризуются пониженной продуктивностью в добывающих и пониженной приемистостью в нагнетательных скважинах, анализируются геолого-промысловые условия и эффективность применения реагента в 2006-2010 гг.

Исследуемые коллекторы относятся к категории возвратных объектов. Их эксплуатация производится скважинами, в которых полностью обводнился основной эксплуатационный объект. При первичном вскрытии возвратных пластов на бентонитовом, глинистом растворе на репрессии происходила кольматация прискважинной зоны, разбухание глинистых частиц под действием фильтрата бурового раствора, а также снижение проницаемости призабойной зоны, что привело к росту скин-фактора первичного вскрытия. На рис. 1 иллюстрируется структура



- зерни
 - нефть
 - парафин
 - вода
 - глины
 - цемент
 - глинистые частицы бурового раствора

коллектора возвратного объекта, которая формируется в результате его первичного вскрытия и эксплуатации скважины. Терригенные по составу коллекторы возвратных объектов характеризуются низкой отсортированностью обломочного материала и повышенным, более 2 %, содержанием глинистых частиц. Глинистые частицы сложены в основном каолинитом, реже группой гидрослюд, хлоритами и монтмориллонитом в виде смешанно-слоистых образований.

Рис. 1. Структура порового пространства

В породах часто присутствует карбонатный по составу, поровый или контактный цемент. В порах призабойной зоны, в пределах трех метров от скважины, присутствует также тонко диспергированный глинистый материал и фильтрат бурового раствора.

Закачка больших объемов холодной воды в течение продолжительного времени в основные эксплуатационные объекты способствовала снижению их пластовой температуры вплоть до температуры насыщения нефти парафином. Это мало повлияло на их нефтеотдачу, так как фронт вытеснения нефти водой в них значительно опережает фронт охлаждения пласта. Однако, зона охлаждения распространяется не только по основному пласту, но также и по стволу нагнетательных скважин, что привело к снижению пластовой температуры возвратных объектов ниже температуры насыщения нефти парафином и многолетнему накоплению в них

асфальтосмолопарафиновых отложений. Проведенный анализ емкостно-фильтрационных свойств (пористости, насыщенности, различных видов проницаемости) и объемной глинистости коллекторов указывает, что на анализируемом участке коллекторы характеризуются пониженной проницаемостью, повышенной глинистостью и значительной неоднородностью по свойствам.

Участок исследований включает две нагнетательные скважины и шесть реагирующих, добывающих скважин. Анализировались результаты обработки реагентом нагнетательных скважин и дальнейшего освоения продуктов реакции с целью повышения их приемистости, повышения проницаемости прискважинной зоны и понижения скин-фактора.

На рис. 2 приводится электрокаротажная характеристика нагнетательной скважины, в которую производилась закачка реагента. Многопластовый эксплуатационный объект представлен шестью пластами горизонтов D_0 и D_1 . В качестве возвратных объектов выделены пласты D_0 и D_1 а, б₁, б₂. Их отличает небольшая толщина не более четырех метров и ухудшенная емкостно-фильтрационная характеристика. К примеру, коэффициент пористости коллектора (пласт D_0) составляет 15,8 %, коэффициент нефтенасыщенности – 63,5 %, проницаемость – 37 мД. На рис. 3 в качестве примера показана электрокаротажная характеристика одной из реагирующих, добывающих скважин. Гидродинамическое взаимодействие скважин осуществляется по пластам D_0 и D_1 а, б, г. На рис. 4 иллюстрируются динамика закачки воды до и после закачки реагента и коэффициент приемистости (производилась 19.10.08) нагнетательной скважины. Наблюдается увеличение приемистости скважины и объемов закачки ($m^3/сут$) в течение полугода, а затем ее снижение в течение года. Закачка реагента способствовала также повышению дебита по жидкости и нефти в реагирующих, добывающих скважинах. Однако продолжительность эффекта в них значительно меньше, чем в нагнетательной скважине. Стимулирование добывающих скважин в течение года после закачки реагента с периодичностью раз в 2-3 месяца может значительно увеличить эффект.

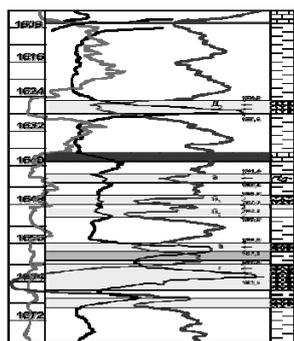


Рис. 2. Электрокаротажная диаграмма нагнетательной скважины

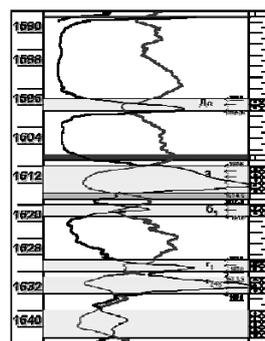


Рис. 3. Электрокаротажная диаграмма добывающей скважины

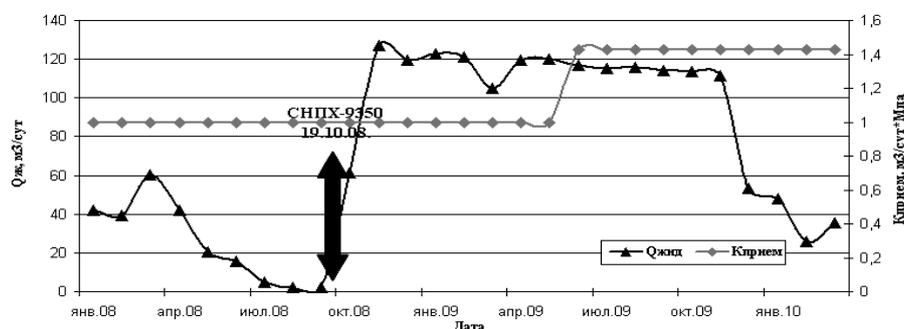


Рис. 4. Динамика закачки и коэффициент приемистости нагнетательной скважины

Анализ динамики добычи, закачки, обводненности добываемой продукции и детальное сопоставление геолого-геофизических данных, а также случаев неуспешного применения реагента необходимы для обоснования критериев подбора скважин под закачку реагента.

ВЛИЯНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

МУГИНОВ А. Р., БУРХАНОВ Р. Н.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

В докладе исследуется влияние горно-геологических условий на результаты лабораторных исследований коэффициентов светопоглощения проб нефти Клинского участка Красногорского многопластового месторождения Республики Татарстан, разбуренного и введенного в разработку в 2010 году. Отбор и подготовка проб производилась авторами доклада в октябре 2010 года.

Красногорское нефтяное месторождение в тектоническом отношении приурочено к западному склону Южно-Татарского свода. В пределах этого склона выделяются четыре крупные меридиональные дислокации II порядка – Акташско-Ново-Елховский, Черемшано-Ямашинский, Ульяновский и Черемуховско-Кадеевский валы. Красногорское месторождение, объединяющее пять локальных поднятий третьего порядка, с приуроченными к ним залежами нефти, входит в состав Черемшано-Ямашинского вала. Авторами доклада анализируются результаты исследования оптических свойств нефти скважин, расположенных в пределах Клинского поднятия. Продуктивными на Красногорском месторождении являются карбонатные отложения верейского горизонта и башкирского яруса, терригенные отложения тульского и бобриковского горизонтов, а также карбонатные отложения турнейского яруса. Также выделены небольшие залежи нефти в каширском горизонте среднего карбона.

В работе анализируются оптические свойства нефти девяти скважин, в том числе двух горизонтальных. Выделяются четыре группы скважин. К первой группе относятся две скважины, в которых в качестве эксплуатационного объекта выделены исключительно карбонатные по составу отложения турнейского яруса. В одной скважине (группа 2) эксплуатационным объектом являются терригенные отложения тульского горизонта. В третьей группе скважин выделен двухпластовый объект, включающий пласты турнейского яруса и тульского горизонта. В четвертой группе скважин вскрыты и эксплуатируется карбонатные отложения башкирского яруса, причем две из них являются горизонтальными. Башкирская карбонатная толща сложена исключительно известняками двух структурных разностей: известняками комковатыми и известняками кристаллическими (рис.1).

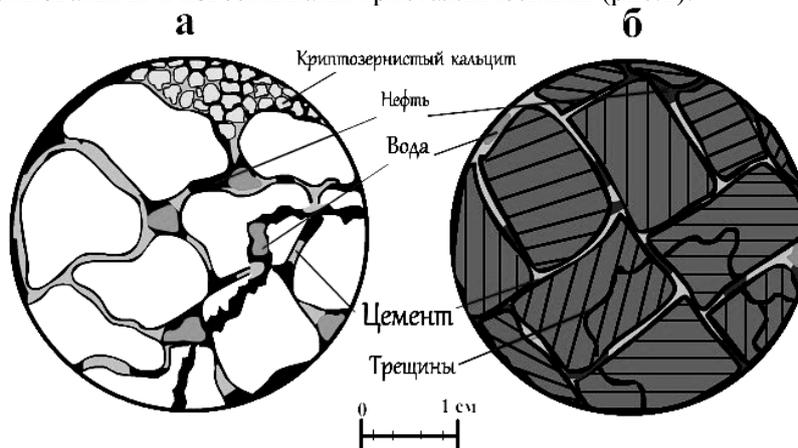


Рис. 1. Структура карбонатных коллекторов башкирского яруса

В разрезе доминируют комковатые известняки, которые сложены комочками, иногда сгустками криптозернистого кальцита. Тип цемента в основном крустификационный, контактовый, участками выполнения пор. По генезису поры первичные, многие из них увеличены процессами выщелачивания. Среди рассматриваемой разности известняков часто

встречаются уплотненные, интенсивно перекристаллизованные прослои. В работе анализировались емкостные и фильтрационные свойства коллекторов горизонтальных и вертикальных скважин. Горизонтальный участок скважин составляет 2312,5-283 м, а интервал перфорации в вертикальных скважинах около 7 м. Как видно из рисунка, свойства коллекторов в горизонтальном стволе скважин характеризуются неоднородностью (рис. 2). Для исследования оптических свойств нефти использовались спектрофотокориметры различных конструкций. При этом предварительно производилось тщательное обезвоживание пробы с помощью центрифуги, а затем с помощью электронных весов создавались растворы нефти в органическом растворителе заданной концентрации. Через раствор нефти пропускался монохроматический световой пучок заданной длины волны в интервале длин волн от 400 до 900 нм. Обработка лабораторных данных включала построение спектральных кривых коэффициентов светопоглощения нефти ($K_{сп}$, $см^{-1}$), представляющих собой зависимость этого параметра от длины волны пропускаемого монохроматического света.

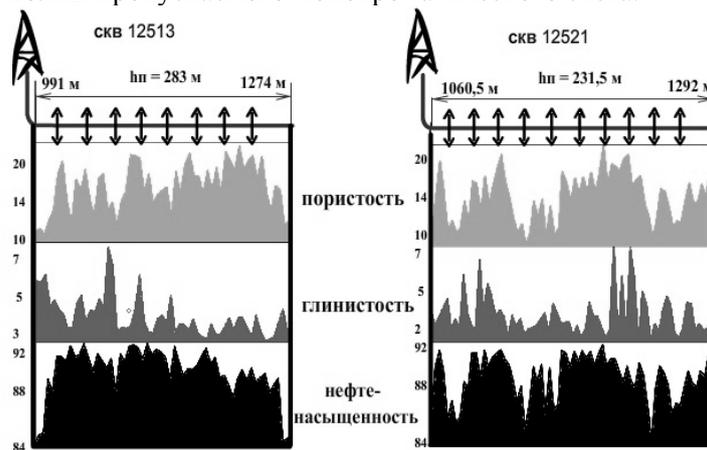


Рис. 2. Неоднородность коллекторов в горизонтальном стволе

На рис. 3 представлены спектральные кривые $K_{сп}$ нефти башкирского яруса (на рисунке кривые показаны в полулогарфмическом масштабе). Отметим, что $K_{сп}$ нефти горизонтальных скважин (при 400 нм) обычно значительно ниже, чем $K_{сп}$ нефти вертикальных скважин (в интервале длин волн 500-900 нм происходит инверсия значений $K_{сп}$). Это связано с тем, что область влияния горизонтальных скважин значительно больше, чем вертикальных скважин.

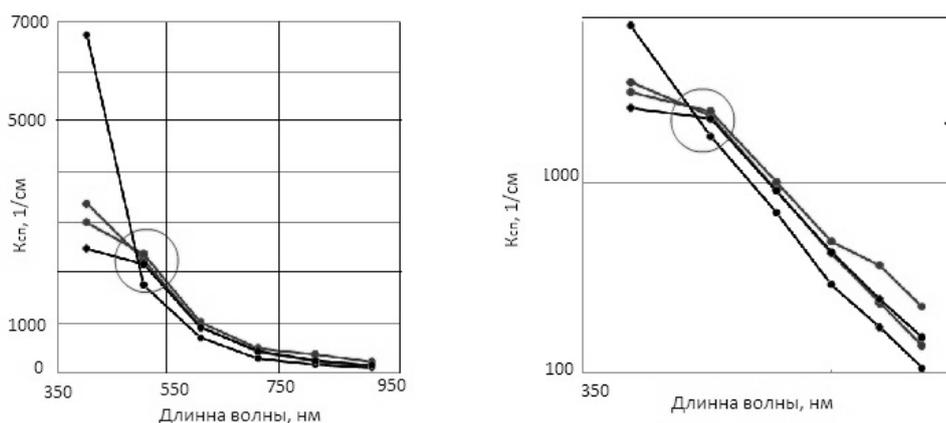


Рис. 3. Спектральные кривые $K_{сп}$ нефти башкирского яруса

По-видимому, наиболее сильное влияние на $K_{сп}$ добываемой нефти оказывают перфорированная толщина, пористость и проницаемость, неоднородность пласта. Эти факторы и оптические свойства нефти на данном этапе разработки месторождения характеризуют, по-видимому, условия аккумуляции и миграции углеводородов в залежи, а не условия их разработки. Полученные данные могут быть использованы в дальнейшем для контроля разработки продуктивных пластов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТИ ЕКАТЕРИНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

РАУПОВ И. Р., ИБРАГИМОВА А. Ш.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

В процессе разработки месторождений в пластах происходит непрерывное изменение физических и оптических свойств флюидов, влияющих на добычу.

В докладе представлены результаты лабораторных исследований физических и оптических свойств нефти Екатериновского месторождения, отобранных из различных литолого-стратиграфических комплексов (см. таблицу).

Екатериновское месторождение расположено на северо-западном склоне Южно-Татарского свода в пределах Ульяновской структурной зоны.

Результаты лабораторных исследований физических и оптических свойств нефти
Екатериновского месторождения

Горизонт, ярус	верей+ башкирский	тульский	бобриковский	тульско+ бобриковский	турнейский
Вязкость, мПа·с	40,51-43,10	38,57-83,55	46,00-71,11	45,75	80,8-203,14
Плотность, г/см ³	0,893-0,902	0,887-0,900	0,893-0,900	0,894	0,907-0,928
Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ н/м	21,43-26,74	21,87-26,48	18,75-23,4	16,56	22,49-26,15
Показатель преломления, n_d	1,4394 -1,4404	1,4392 - 1,4408	1,4403 - 1,4414	1,4393	1,4411- 1,4417
Средняя дисперсия, n_r-n_c	0,035665 - 0,035777	0,035119 - 0,036044	0,035908- 0,035915	0,035848	0,033743 - 0,035914

Промышленные скопления нефти приурочены к локальным поднятиям IV порядка, сложенных терригенно-карбонатными породами верей-башкирских отложений, представленных с известняками светло-серыми с коричневатым оттенком, перекристаллизованными, трещиноватыми, с прослоями аргиллитов, нефтенасыщенными; тульско-бобриковского горизонтов, сложенных песчаниками темно-серыми с прослоями известняков, аргиллитами темно-серыми, плотными, алевролитами темно-серыми, нефтенасыщенными; карбонатными отложениями турнейского яруса, представленных известняками серыми, коричнегато-серыми, плотными, крепкими, окремнелыми, участками пористыми, песчаниковидными, нефтенасыщенными. Отложения существенно отличаются характеристиками:

- по типу коллектора: поровый (верейский, тульский, бобриковский горизонты) и порово-трещинный (башкирский и турнейский ярусы);
- по проницаемости в среднем, мД: верейский горизонт – 190; тульский – 567; бобриковский – 989; башкирский ярус – 194; турнейский – 43;
- по нефтенасыщенной толщине в среднем, м: верейский горизонт – 5,9; тульский – 2,8; бобриковский – 3,8; башкирский ярус – 2,9; турнейский – 15,8;
- по коэффициенту песчаности (д. ед.): верейский горизонт – 0,58; тульский – 0,97; бобриковский – 0,66; башкирский ярус – 0,42; турнейский – 0,59;
- по коэффициенту расчлененности: верейский горизонт – 2,8; тульский – 1,2; бобриковский – 2,1; башкирский ярус – 2,0; турнейский – 3,8 и т. д.

Представлены графики зависимости физических и оптических свойств нефтей от показателей разработки, изучено влияние емкостно-фильтрационных свойств коллекторов и особенностей их залегания на свойства добывающих флюидов, выявлены тенденции в изменении свойств нефти при разработке месторождения.

Исследования плотности нефти показали, что при температуре 20 °С значения варьируют от 0,887 г/см³ (скв. 4041) до 0,928 г/см³ (скв. 4015). Отмечен большой разброс значений плотности нефти на Северо-Лебединском и Лебединском поднятиях: в сводовой части плотность достаточно высокая, на крыльях структуры – низкая.

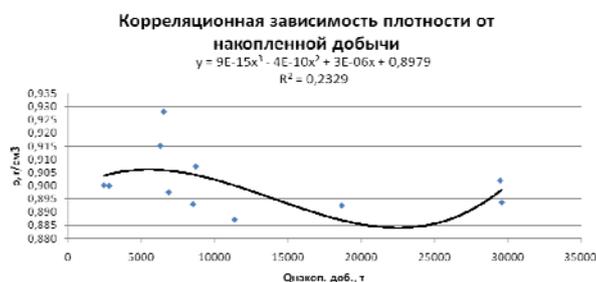
Аналогичную картину можно отметить по результатам исследований вязкости и поверхностного натяжения. Кинематическая вязкость варьирует в пределах значений от 43,47·10⁻⁶ м²/с до 221,94·10⁻⁶ м²/с, динамическая меняется от 38,57·10⁻³ Па·с до 203,14·10⁻³ Па·с. Отмечено, что при увеличении температуры (40 °С, 60 °С) плотность и вязкость уменьшаются.

Значения поверхностного натяжения на границе двух сред: нефти с дистиллированной водой колеблется в пределах значений от 16,56·10⁻³ н/м (скв. 4019) до 26,74·10⁻³ н/м (скв. 595), на границе нефти с раствором NaHCO₃ (1 %) варьирует в пределах значений от 8,75·10⁻³ н/м (скв. 4019) до 26,48·10⁻³ н/м (скв. 595), на границе нефти с раствором NaCl (20 %) от 23,90·10⁻³ н/м (скв. 591) до 41,08·10⁻³ н/м (скв. 4019).

Наблюдается значительное изменение физических и оптических свойств за период 2001-2011 гг., так как были применены комплексные технологии разработки залежей высоковязких нефтей в терригенных и карбонатных коллекторах с целью увеличения добычных способностей скважин на Екатериновском месторождении.

Были изучены линейная, логарифмическая, степенная, экспоненциальная, полиномиальная (2 степени) и полиномиальная (3 степени) типы аппроксимации данных, позволяющие оценить корреляционные зависимости физических и оптических свойств нефтей от накопленной добычи и закачки жидкости, характеризующиеся низкими коэффициентами достоверности аппроксимации (R^2). В докладе приводятся результаты аппроксимации накопленной добычи нефти, закачки жидкости и показателей среднеквадратичного отклонения Ксп с учетом всех имеющихся данных.

Например, наиболее высокий коэффициент достоверности аппроксимации данных 0,2329 соответствует полиномиальной зависимости (3 степени) (см. рисунок).



Полиномиальный (3 степени) тип аппроксимации плотности ρ от накопленной добычи

Таким образом:

- нефти продуктивных отложений Екатериновского месторождения можно отнести к категории высоковязких;
- изменение физических свойств нефти Екатериновского месторождения, в частности, плотность нефти наиболее тесно связаны с геологическими условиями залегания коллекторов, приуроченных к разным стратиграфическим комплексам (глубина залегания, неоднородный состав пород, расчлененность и т.д.);
- объединение в один или выделение нескольких эксплуатационных объектов с близкими геолого-физическими характеристиками пластов позволяют рассмотреть варианты совмещенной или самостоятельной разработки пластов. При выделении нескольких объектов, системы их разработки должны быть взаимосвязаны.

ПОДСЧЕТ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

ЩЕРБАКОВ Г. Ю., БУРХАНОВ Р. Н.

ГОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

В работе предложен метод подсчета остаточных запасов, который заключается в лабораторных исследованиях оптических свойств добываемой нефти и их корреляции с различными промысловыми данными. Анализируется также методика исследований оптических свойств нефти на примере проб нефти тульского горизонта Архангельского месторождения, отбор которых производился в период 2005-2010 годы. Предложена методика минимизированных многократных измерений оптической плотности D и расчета коэффициентов светопоглощения $K_{СП}$ с помощью фотоколориметров, которая включала отбор и подготовку проб нефти, лабораторные измерения их оптической плотности и коэффициентов светопоглощения и светопропускания, а также геолого-промысловую интерпретацию полученных лабораторных данных. При подготовке пробы нефти особое внимание уделялось ее тщательному обезвоживанию. Из пробы отбиралось небольшое количество нефти в центрифужную пробирку для тщательного обезвоживания в центрифуге ОПН-8м или ОПН-3м. На дно пробирки предварительно укладывались гранулы хлористого кальция, обладающего способностью поглощать воду. Качество обезвоживания проб проверялось с помощью поляризационного микроскопа МИН-10. Для исследования оптической плотности, коэффициентов светопропускания и светопоглощения растворов нефти в органических растворителях использовался фотометр фотоэлектрический КФК-3. Для подготовки растворов нефти заданной концентрации использовались электронные весы HF-320. В качестве растворителя использовался четыреххлористый углерод. В кюветное отделение прибора, между объективом и линзой, устанавливаются кюветы с чистым растворителем и раствором нефти в растворителе. Использовались кюветы с рабочей длиной 10, 20 и 30 мм. Измерения оптической плотности и коэффициента светопропускания растворов нефти производились для монохроматического света длиной волн 400, 500, 600, 700, 800 и 900 нм. Для статистической обработки многочисленных лабораторных данных применены основные формулы статистики для расчетов средних квадратических значений ($K_{СП}$) и отклонений ($\sigma K_{СП}$), а также коэффициентов вариации ($V\sigma$) $K_{СП}$ проб нефти. Коэффициент светопоглощения исследуемого раствора ($K_{СП}$) нефти рассчитывают из соотношения Бугера-Ламберта-Бера

$$K_{СП} = \frac{D}{0,4343 C l}, \quad (1)$$

где C – концентрация нефти в растворе, дол. ед.; l – рабочая длина кюветы, см.; $K_{СП}$ – коэффициент светопоглощения раствора, см⁻¹.

Статистическая обработка лабораторных данных включала расчет коэффициентов вариации $K_{СП}$ по формуле

$$V_{\sigma}(K_{СП}) = \frac{\sigma(K_{СП})}{K_{СП}} \cdot 100 \%. \quad (2)$$

Спектральные кривые $K_{СП}$ проб нефти, представляющие собой зависимости этого параметра от длины волны монохроматического света, позволяют выявить их общие черты и различия.

На рис. 1 в качестве примера приводятся спектральные кривые $K_{СП}$ проб нефти скв. 4122. Скважины объединены в 2 группы, различающиеся по величине накопленной добычи НД. К первой группе с НД менее 80 тысяч тонн относятся восемь скважин (53,3 %).

Ко второй группе отнесены скважины, по которым НД превышает 80 тыс. т (46,7 %). На корреляцию НД и $K_{СП}$ влияют группирование скважин по величине НД и длина волны пропускаемого монохроматического света. С увеличением накопленной добычи по нефти увеличиваются значения $K_{СП}$ добываемой нефти (рис. 2). Установлено также, что с

увеличением длины волны пропускаемого света значения $K_{СП}$ добываемой нефти уменьшаются. С уменьшением НД (в обеих группах скважин) уменьшается влияние длины волны светового излучения на $K_{СП}$ добываемой нефти. Например, для первой группы скважин при НД менее 20 тыс. т нефти различных скважин мало дифференцируются по $K_{СП}$, и значения $K_{СП}$ близки к 500, а при НД около 80 тыс. т значения $K_{СП}$ добываемой нефти варьируют в пределах 500-4000 $см^{-1}$. Также были установлены основные закономерности влияния коэффициентов пористости и нефтенасыщенности (рис. 3) и интервалов перфорации на оптические свойства добываемой нефти.

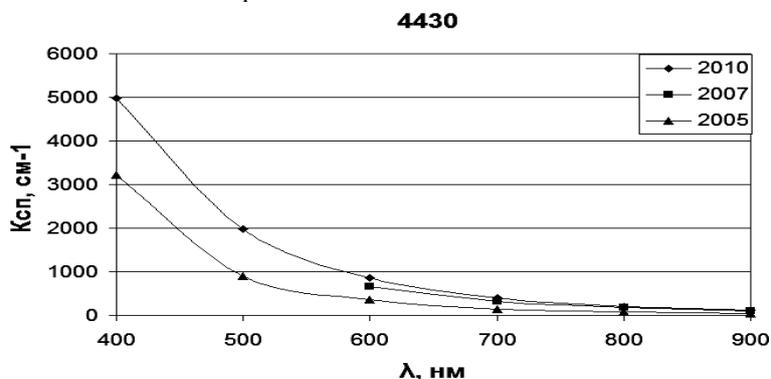


Рис. 1. Спектральные кривые $K_{СП}$ нефти

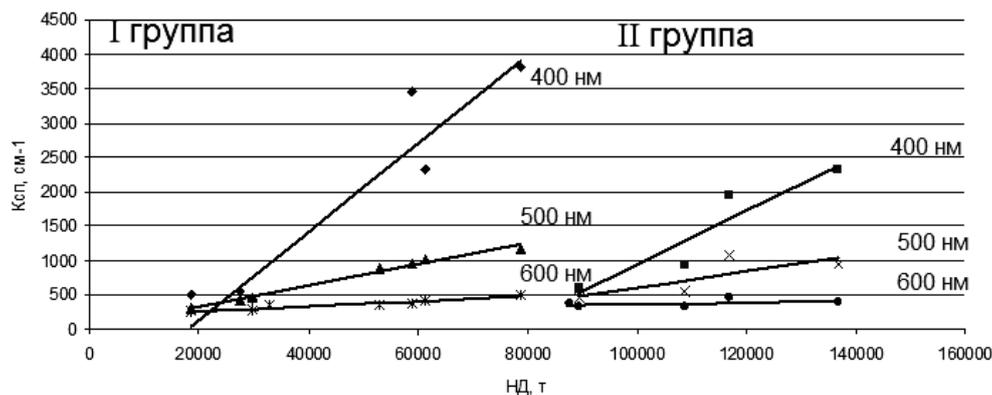


Рис. 2. Корреляция накопленной добычи и $K_{СП}$ нефти

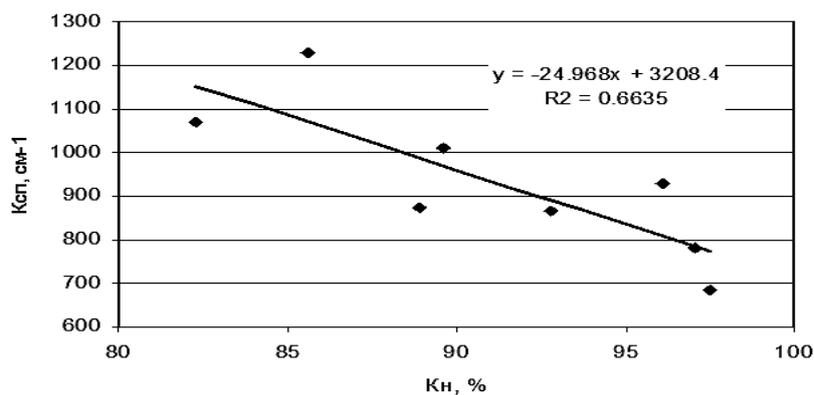


Рис. 3. Корреляция $K_{СП}$ и K_N

На основе полученных зависимостей был произведен подсчет запасов остаточной извлекаемой нефти оптическим методом и предложено его использование в комплексе с объемным методом.

СТАДИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛЕВРИТО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНО-МЕССОЯХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СКВАЖИНЫ 52 (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

ГИЛЕВА В. Н., НОСОВА Н. С.

ОАО «Сибирский научно-исследовательский институт нефтяной промышленности»

Стадиальный анализ – важная часть исследования осадочных пород [1, 2]. С его помощью устанавливается комплекс последовательных изменений, которые испытывает осадок с момента его отложения до превращения в породу и в течение его существования уже в качестве последней. Сущность стадиального анализа сводится к выявлению (с помощью визуальных, оптических и электронно-микроскопических наблюдений) признаков последовательной этапности зарождения, развития, изменения или исчезновения в породах конкретных минеральных и текстурно-структурных парагенетических ассоциаций.

Данный метод применен при изучении пород покурской, малохетской и заполярной свит Восточно-Мессояхского месторождения на материале скважины 52, в интервале глубин 860,00-885,60; 1840,00-1860,50 и 2282,00- 2343,00 м.

Восточно-Мессояхское месторождение находится в северной части Западно-Сибирской низменности, на юго-западе Гыданского полуострова. Объект изучения располагается в пределах восточной половины Нижнемессояхского мегавала, который, в свою очередь, осложняет центральную часть Мессояхской гряды. Мессояхская гряда, или порог, представляющая собой систему мегавалов субширотного простирания, разделяет Надым-Тазовскую и Ямало-Гыданскую синеклизы и вместе с ними образует Ямало-Тазовскую мегасинеклизу, являющуюся крупнейшей и наиболее прогнутой частью Западно-Сибирской плиты.

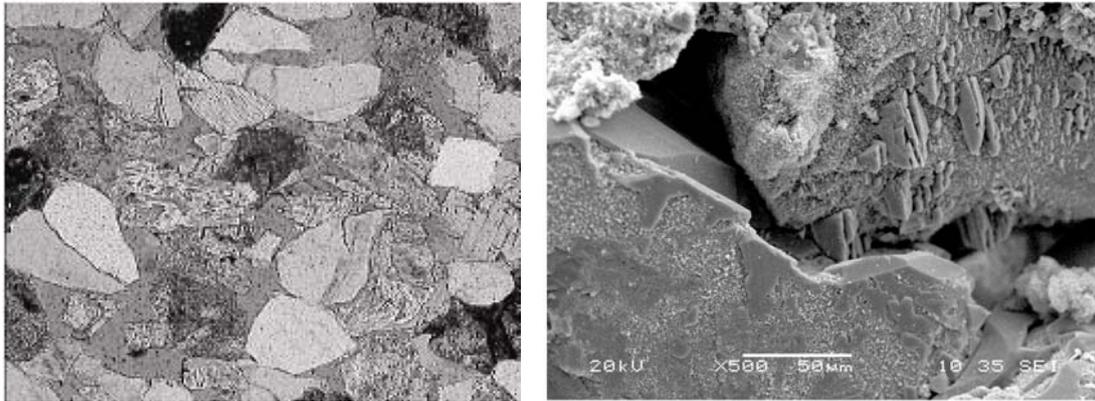
В микроскопическом отношении охарактеризованы следующие интервалы. Пласты верхней части покурской свиты (ПК₁₋₃) (860,00-885,60 м) – представлены алевритом мелкозернистым с глинистым цементом и алевритом мелко-разнозернистым неравномерно песчаным с глинистым цементом. Пласты малохетской свиты МХ₃₋₄ (1840,00-1860,50 м) – представлены, в основном, песчаником мелкозернистым и средне-мелкозернистым с глинистым и глинисто-карбонатным цементом. Пласты заполярной свиты БУ₆₋₈ (2282,00-2343,00 м) – алевритом разно-крупнозернистым песчаным с глинистым и глинисто-карбонатным цементом, песчаником мелкозернистым алевритистым с глинистым цементом.

Проведенными исследованиями выявлено несколько типов постседиментационных преобразований, которые приводят к заполнению порового пространства аутигенными минералами и сближению зерен.

Для кузнецовской свиты характерны гидрослюдисто-хлорит-монтмориллонитовый состав цемента, конкрециеобразование и сидеритизация глинистого материала, что является признаками стадии диагенеза [3].

С глубиной происходит трансформация монтмориллонита в гидрослюду и хлорит, которая свидетельствует о переходной стадии от диагенеза к раннему катагенезу через поздний диагенез. Вниз по разрезу отмечается коррозия зерен кварца и полевых шпатов аутигенным кальцитом, растворение полевых шпатов и регенерация кварца (рис. 1), что инициирует условия стадиального катагенеза. Отсюда, с глубины 1840 м (пласты МХ₃₋₄), при изучении непосредственно kernового материала, проявляется стадия слабого (раннего) катагенеза.

Контакты между зернами выпукло-вогнутые, реже прямолинейные. Число контактов на зерно и тип контакта меняется в зависимости от глубины: 867-874 м и 1840-1860,5 м значительно преобладают точечный и прямолинейный контакты, число колеблется в пределах 3-4, а с карбонатным цементом 1-2. На глубине 2287,2 м и ниже увеличивается число выпукло-вогнутых и сутуровидных контактов, но не является преобладающим. Увеличение данных видов контактов свидетельствует об уплотнении пород, происходящим в стадию умеренного катагенеза (?). Также развита инкорпорация зерен, в некоторых участках они частично теряют свое очертание.



а

б

Рис. 1. Песчаник средне-мелкозернистый, алевролитистый, со слабо глинистым цементом каолинитового состава, отчасти с кварцевыми и полевошпатовыми регенерационными каемками; глубина отбора по бурению 1845,26 м:

а) существенно выщелоченные зёрна полевых шпатов, фото в проходящем свете, увеличение 100х; б) микропоры, обусловленные кристаллографическими гранями регенерированного кварца и корродированными зернами альбита с развитыми на них структурами регенерации. Консолидируясь в виде форм «микродруз» и обрастания минеральных частиц, они образуют крустификационные хлоритовые пленки

Свита	Стадии	
кузнецовская	диагенез	
покурская	поздний диагенез или ранний катагенез	
малохетская	катагенез	ранний
заполярная		умеренный(?)

Рис. 2. Стадии литогенеза в изученном разрезе

Таким образом, стадийный анализ, основанный на микроизучении шлифов, показал, что порода данного месторождения, вскрытая скважиной 52, затронута изменениями, соответствующими в основном диагенезу, раннему и умеренному катагенезу (рис. 2).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махнач А. А. Стадийный анализ литогенеза. – Минск: Белорусский университет, 2000. – 255 с.
2. Япаскурт О. В. Катагенез осадочных горных пород. – М.: МГУ, 1991. – 120 с.
3. Япаскурт О. В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного поро- и рудообразования. – М.: ЭСЛАН, 2008. – 356 с.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ЗАМЕРНОЙ УСТАНОВКИ ROXAR WETGAS METER В КОМПЛЕКСЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИСПЫТАНИИ СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЙ НАДЫМ-ПУР-ТАЗОВСКОГО РЕГИОНА

ТАЛАНКИН А. К.

ПФ «Севергазгеофизика» ООО «Георесурс» ОАО «Газпром»
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время промыслово-геофизические исследования на месторождениях углеводородов в процессе разработки являются важнейшим (зачастую и единственным) источником информации о техническом состоянии эксплуатационных скважин, характере поведения залежи (газо-гидродинамические параметры), фильтрационно-емкостных и коллекторских свойствах. Вступление многих известных месторождений в позднюю стадию разработки, когда уровень нефтегазодобычи снижается, и возникает необходимость переоценки промышленно-извлекаемых запасов, требует появления новых высокоэффективных технологий добычи и более совершенного геофизического мониторинга. В связи с этим, применение многофазной дебитометрии в комплексе промыслово-геофизических и гидродинамических исследований скважин является обоснованным, информативным и практикуется большинством зарубежных и отечественных добывающих и сервисных предприятий нефтегазовой отрасли, например: многофазные расходомеры семейства MPFM в сочетании с технологией Vx компании Schlumberger (PhaseWatcher, PhaseTester, PhaseSampler); многофазные замерные установки проточного типа «FastQ» компании Halliburton; многофазные расходомеры разработки ООО «Тюменнигипрогаз»; многофазные расходомеры проточного типа компании Roxar (Roxar MultiPhase Flow Meter, Roxar WetGas Meter, Roxar WaterCut Meter, Roxar Sand Monitor) и др. применяются такими компаниями, как Statoil Hydro, Total, Royal Dutch Shell, ExxonMobil, ОАО «Газпром». Указанные системы используют различные физические основы построения оборудования (спектральные характеристики флуктуационного процесса — флуктуаций поля давления; частотная спектрометрия сейсмоакустической эмиссии; микроволновая спектрометрия — по диэлектрической проницаемости потока; радиоактивная плотнометрия — комптон-эффект воздействия источника ионизирующего излучения на поток флюида; тахометрические датчики крыльчаточного типа; использование результатов устьевых проб флюида для расчета фазовой модели потока и др.).

Мобильная замерная установка (МЗУ) на базе измерителя влажного газа RoxarWetGas Meter предназначена для комплексных газодинамических исследований скважин, включая замеры и регистрацию в реальном времени давления и температуры, объемных расходов газа, воды и конденсата (расчетным путем), выноса механических примесей и минерализации воды, как при работе скважины в шлейф, так и в факельную линию. К преимуществам данной технологии также относятся мобильность и всесезонность проведения работ.

Результаты исследований МЗУ совместно с данными ГИС-ГДИС позволяют решать следующие основные задачи:

- определение объемных фазовых дебитов скважины по воде, газу и расчет дебита по конденсату на режимах испытаний;
- уточнение энергетических характеристик залежи и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов;
- выбор оптимального технологического режима последующей эксплуатации;
- подбор оптимальной рабочей депрессии, компоновки устьевого и подземного оборудования по результатам испытаний;
- планирование и контроль эффективности проведения ГТМ по повышению добычных возможностей скважин.

Технология исследований предусматривает синхронные исследования скважин на различных режимах работы комплексом методов газогидродинамического и радиоактивного каротажа и расширенных ГДИС на устье с применением измерителя Roxar WetGas Meter, принципиальная схема представлена на рис. 1.

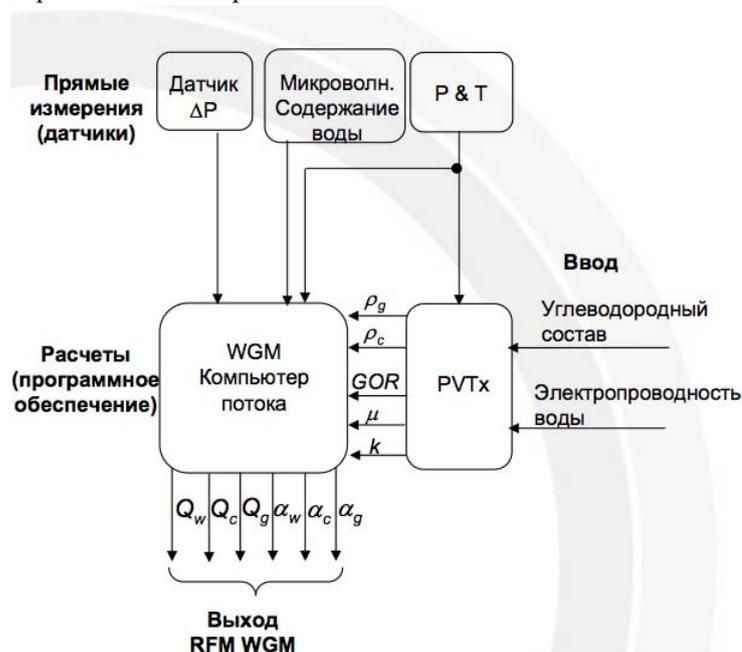


Рис. 1. Принцип регистрации и расчетов оборудования Roxar WetGas Meter

В 2010 г. ООО «Георесурс» были проведены исследования 3-х скважин Уренгойского НГКМ, 3-х скважин Ямбургского НГКМ и 14-ти скважин Ныдинской площади Медвежьего НГКМ данной методикой. В настоящее время продолжают работы по испытанию скважин Ныдинской площади Медвежьего НГКМ при освоении апт-альбских отложений покурской и танопчинской свит. На рис. 2. представлена интегральная диаграмма, описывающая дебиты по фазам на режимах испытаний одной из скважин эксплуатационного фонда Уренгойского НГКМ.



Рис. 2. Фазовые дебиты на режимах испытаний

Применение данной технологии позволяет создать эффективную систему исследований скважин при контроле за разработкой месторождений, что положительно сказывается на эффективности их эксплуатации.

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ – СПУТНИКИ НЕФТИ И ГАЗА

БОЛОТОВА С. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Грязевые вулканы – это своеобразные восходящие источники. Помимо воды, газа, нефти при их извержении на поверхность выбрасывается сопочная грязь, состоящая не только из раздробленной глины, смешанной с водой, но и кусков разнообразных осадочных пород. Вода, входящая в состав сопочной грязи, испаряется, и на склонах вулкана и у его подножий остается то, что называют сопочной брекчией, – обломки выброшенных пород, сцементированные глинистым материалом, оседающим из грязи. Сопочная брекчия – очень рыхлая горная порода.

Большое количество грязевых вулканов (вулкановидов) известно в пределах России. Особенно много их на Кавказе – встречаются они на Таманском полуострове, в Грузии, в Азербайджане и в других местах. В Восточном Азербайджане и прилегающей к нему акватории Каспийского моря сосредоточено 220 грязевых вулканов [1].

Для возникновения грязевого вулканизма необходимы мощные пластичные толщи, присутствие пластовых вод, скопление непрерывно поступающих газов, существование тектонических разрывов, аномально высокое пластовое давление [3].

Все это чаще всего встречается в пределах нефтяных месторождений, приуроченных к диапировым складкам. Здесь имеются и трещины-разломы, и массы брекчиевидного материала, получающегося в результате протыкания ядром складки вышележащих пород, и газы, и нефть, и вода. Ясно, что газы, вырывающиеся по трещинам и разломам, увлекают за собой воду из водоносных горизонтов, а также брекчиевидный материал [4].

Ниже описаны модели грязевого вулканизма.

Модель гидрослюдизации (иллитизации) глин В. Н. Холодова. Избыточные давления флюидов в мощных толщах глин формируются главным образом за счет фазового преобразования глинистых минералов в области высоких температур (и давлений) и, в первую очередь, за счет иллитизации смектита. Глубже новообразованные блоки иллита сближаются между собой под действием возросшего геостатического давления, и вся поровая вода отжимается вверх, в зону разуплотнения. В результате иллитовая глина уплотняется, а над ней возрастает поровое давление жидкости – в зоне разуплотнения глин образуется область аномально высокого пластового давления.

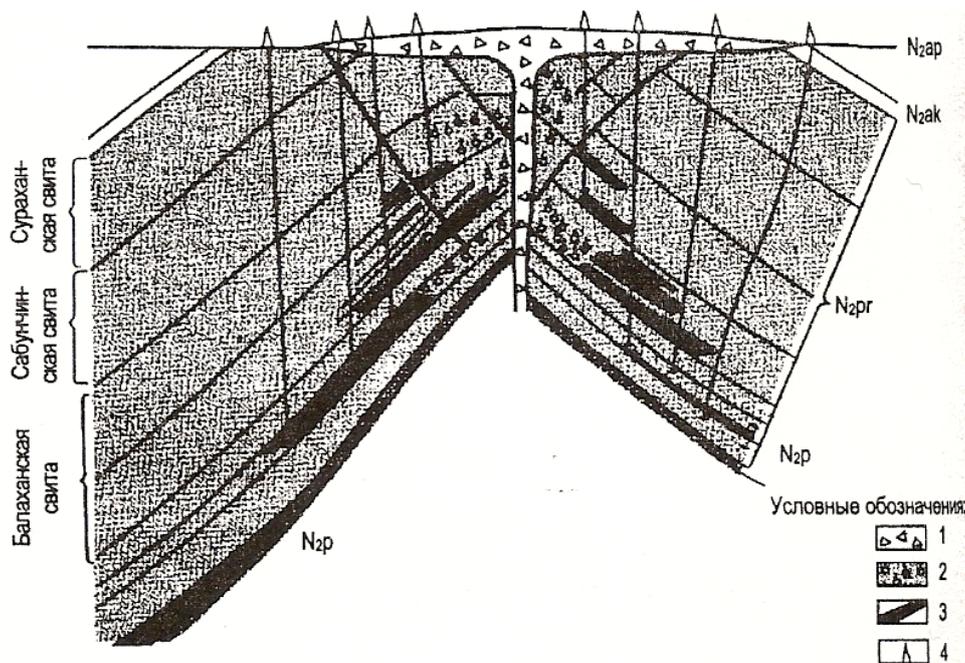
В ходе погружения глинистых толщ в глубь осадочного бассейна и иллитизации смектита рост поровых давлений прекращается тогда, когда в область АВПД попадает разлом, вертикальная зона трещиноватости или песчаный пласт-коллектор. Тогда поровые флюиды, накопленные в зоне разуплотнения, устремляются в поровые пространства песков или уходят по плоскости разломов, а поровые давления в глинах падают до обычных для данных глубин.

Вследствие огромного давления формируются песчаные дайки, горизонты с включениями, диапировые апофизы и др. Они нередко ассоциируются именно с грязевыми вулканами, и это приводит к мысли, что в очаг подобных образований помимо разжиженных флюидами глин могут входить также разжиженные пески-плывуны [3].

Диапировая модель И. М. Губкина. Много лет, занимаясь нефтегазоносностью Юга России, ученые пришли к сеймотектонической модели, связывающей грязевую вулканизм, сейсмичность и нефтегазоносность, или по И. М. Губкину – диапировой модели.

На рисунке приведен геологический профиль через грязевую вулкан Локбатан. Он расположен в сводовой части антиклинальной складки и приурочен к местам тектонических нарушений. Жерло вулкана прорывает комплекс отложений от верхнего плиоцена до верхнего мела до глубины 6 км. Рисунок является наглядной иллюстрацией связи грязевого вулканизма с нефтегазоносностью осадочных толщ [2].

Грязевые вулканы периодически извергаются, причем периодичность извержений зависит от колебательных тектонических движений земной коры и от скорости накопления давления газа в жерлах вулканов.



Профиль через вулкан Локбатан [2]:

1 – грязевулканические брекчии; 2 – газовые залежи; 3 – нефтяные залежи; 4 – скважины; стратиграфические подразделения: N_{2ap} – апшеронский ярус верхнего неогена; N_{2ak} – акчагыльский ярус верхнего неогена; N_{2pr} – продуктивная толща верхнего неогена; N_{2p} – понтический ярус верхнего неогена

Исследования глубинной структуры Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской грязевулканической области указывают на взаимосвязь грязевых вулканов с *листрическими разломами* земной коры [1].

Наличие грязевых вулканов давно используется как критерий оценки перспектив нефтегазоносности районов их распространения — почти 40 % известных месторождений нефти и газа открыты на месте естественных проявлений нефти и газа на поверхности земли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дадашев Ф. Г., Мамедова П. А., Полетаев А. В. Зональное распределение грязевых вулканов в нефтегазоносных областях // Геология нефти и газа. – 2003. – № 1. – С. 18-20.
2. Попков В. И., Соловьев В. А., Соловьева Л. П. Грязевой вулканизм, сейсмичность и нефтегазоносность // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2010. – № 6. – С. 27-31.
3. Холодов В. Н. О природе грязевых вулканов // Природа. – 2001. – № 11. – С. 48-58.
4. Карнаух Л. А., Злыгостева Н. А., Злыгостев А. С. Из недр Земли // www.IzNedr.ru.

ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ И ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПЛАСТА БТ₈ ПЯКЯХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ТИТОВ Ю. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Пякяхинское газоконденсатное месторождение расположено в западной части Сидоровского нефтегазоносного района Пур-Тазовской нефтегазоносной области и приурочено к центральной части Большехетской впадины. Нижнемеловые отложения в этом районе представлены покурской, малохетской и заполярной свитами, в составе которых имеется почти 20 продуктивных пластов, сложенных в основном песчаными породами. Среди них залегает пласт БТ₈ заполярной свиты, который рассматривается в настоящей работе.

Песчаники, слагающие данный пласт, относятся к группе аркозов с содержанием кварца 28-41 %, полевых шпатов – 49-58 %, обломков пород – 7-16 %, слюд – 1-8 %. Структура в основном тонко- и мелкозернистая, встречаются средне-мелкозернистые породы. Изучение вторичных преобразований показало, что песчаники заполярной свиты изменены до уровня среднего и начальной стадии позднего катагенеза, приблизительно соответствующего МК₃ или МК₄. Хорошим показателем такой степени преобразования является наличие в зернах кварца редких прерывистых регенерационных каемок и частично восстановленных кристаллографических граней. Начало регенерации кварца многие исследователи [3] связывают со стадией среднего катагенеза (градация МК₃). Массовая регенерация происходит позднее, на стадии МК₅ и, особенно, АК. Она способствует резкому усилению крепости обломочной породы и снижению её проницаемости для водных и газовых флюидов.

Полевые шпаты представлены плагиоклазами и калиевыми полевыми шпатами (КПШ), часто претерпевшими вторичные изменения. Они в разной степени пелитизированы и серицитизированы, иногда наблюдаются каемки регенерации, отдельные зерна частично растворены или замещены каолинитом. Перекристаллизация кварца и полевых шпатов приводит к осложнениям структуры межзернового пустотного пространства и уменьшению объема пор, что в конечном итоге влияет на проницаемость [1].

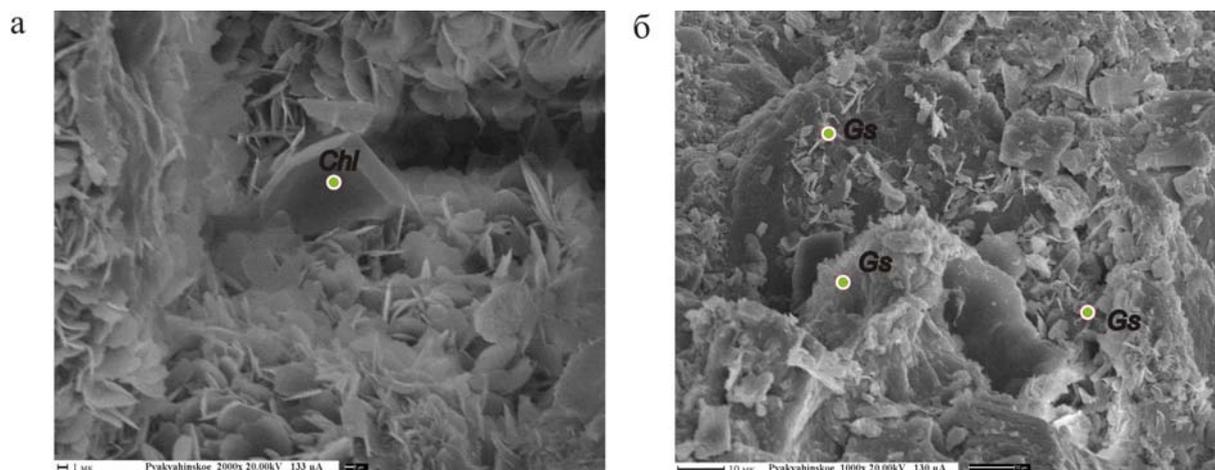


Рис. 1. Чешуйчатые микроагрегаты и микрористаллы хлоритов (Chl) и гидрослюд (Gs)

Характер изменения слюд (мусковита и плеохроирующего в зеленовато-бурых тонах биотита), встречающихся среди обломочных компонентов, также указывает на средний катагенез. Слюды, как правило, гидротированные, иногда их пластинки расщеплены на волокнистые агрегаты с выделениями глинистых минералов вдоль трещинок спайности. По наблюдениям в растровом электронном микроскопе видны чешуйчатые агрегаты из группы

гидрослюд (рис. 1, б). Достаточно высокое содержание этого минерала в глинистом цементе отрицательно влияет на проницаемость. Мелкие размеры (2-6 мк) и пластинчатая форма частиц способствуют формированию упорядоченного, низкопроницаемого типа цемента. На снимках хорошо заметны также кристаллические частицы аутигенного хлорита в поровом пространстве (рис. 1, а). Хлоритизация наблюдается в виде микродрузовых агрегатов инкрустированных на стенках пор, вследствие чего суживается сечение поровых каналов и резко снижается их проницаемость для флюидов.

Наибольшее значение среди новообразованных минералов в песчаниках заполярной свиты имеют кальцит и цеолиты. Вторичный кальцит формирует разнокристаллический, часто пойкилитовый цемент, составляющий иногда до 20 % площади шлифа. Он еще более существенно сокращает первичную пористость песчаников, таким образом, оказывая влияние на коллекторские свойства. Кристаллизация кальцита происходит как в условиях среднего, так и позднего катагенеза [3].

Цеолиты нередко образуют поровый цемент, на долю которого приходится 2-6 % объема породы. В изученных образцах новообразованный цеолит идентифицирован как ломонтит (по данным рентгенофазового анализа), который, как правило, кристаллизуется на стадии позднего катагенеза [2].



Рис. 2. Соотношение вещественных компонентов пласта БТ₈ Пякяхинского месторождения

В результате изучения постседиментационных преобразований построена циклограмма, иллюстрирующая степень вторичного изменения алеврито-песчаных пород пласта БТ₈ (рис. 2). В сектор «Кварц, полевые шпаты, слюды частично перекристаллизованные» отнесены гидратированная слюда, регенерированные зерна кварца, пелитизированные, серицитизированные и хлоритизированные полевые шпаты. В сектор «аутигенные минералы» включены: кальцит, цеолит, хлорит, пирит. Измененные обломки эффузивов, метаморфических пород не учтены при построении, поскольку их процентное содержание не подсчитывалось.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сахибгареев Р. С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
2. Япаскурт О. В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратифере: процессы и факторы. – М.: ГЕОС, 1999. – 259 с.
3. Япаскурт О. В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. – М.: ЭСЛАН, 2008. – 356 с.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТА ЮК₁₁ (КРАСНОЛЕНИНСКАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ОБЛАСТЬ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

ЛЕПЕШКИНА С. С.

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Объектом исследования является пласт ЮК₁₁, находящийся в шеркалинской свите Талинской площади. В литологическом отношении пласт представлен гравелито-песчаными породами с обломками углефицированной древесины, мелкорассеянным детритом и частым переслаиванием гравелитов и песчаников, плохо сортированным терригенным материалом. Присутствуют хорошо и плохо окатанные обломки пород – зёрна кварца (максимальный размер 20×30 и 40×15 мм), полевых шпатов. Песчаники серые и с буроватым оттенком, разнозернистые, преобладают от средне- до грубозернистых. Текстура пород – слоистая, крупная косая, полого-наклонная крупная косая. Гравелиты серые, по составу преимущественно кварцевые, с примесью песчаного средне-, крупнозернистого материала, преобладают частицы размером 0,8-1 и более миллиметров. Породы в основном плохой и средней степени сортировки, зёрна полуокатанные и угловатые. По разрезу среди общей массы гравелито-песчаных пород отмечаются небольшие прослои алевролитов тёмно-серых крупно-мелкозернистых глинистых.

Непосредственным базальным горизонтом (рис. 1) служит слой 0,55 м плохо сортированных гравелитов, фиксирующих небольшой конус выноса.



Рис. 1. Гравелит базального горизонта

Выше по разрезу начинает наблюдаться заполнение инициальных «ванн» [1] озёрными отложениями, характеризующимися специфичной стабильностью водного режима, хорошей сортировкой. Они представляют собой участки малоподвижных мелководьев крупных озёр, но иногда спокойный режим нарушался формированием конусами выноса рек в озёра (глубина 2706,5-2708,0 и 2708,45-2708,9).

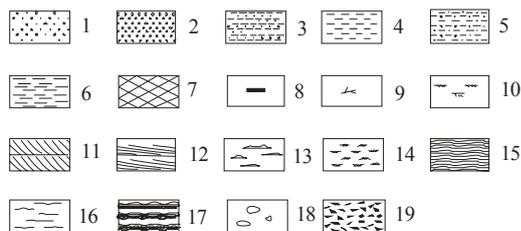
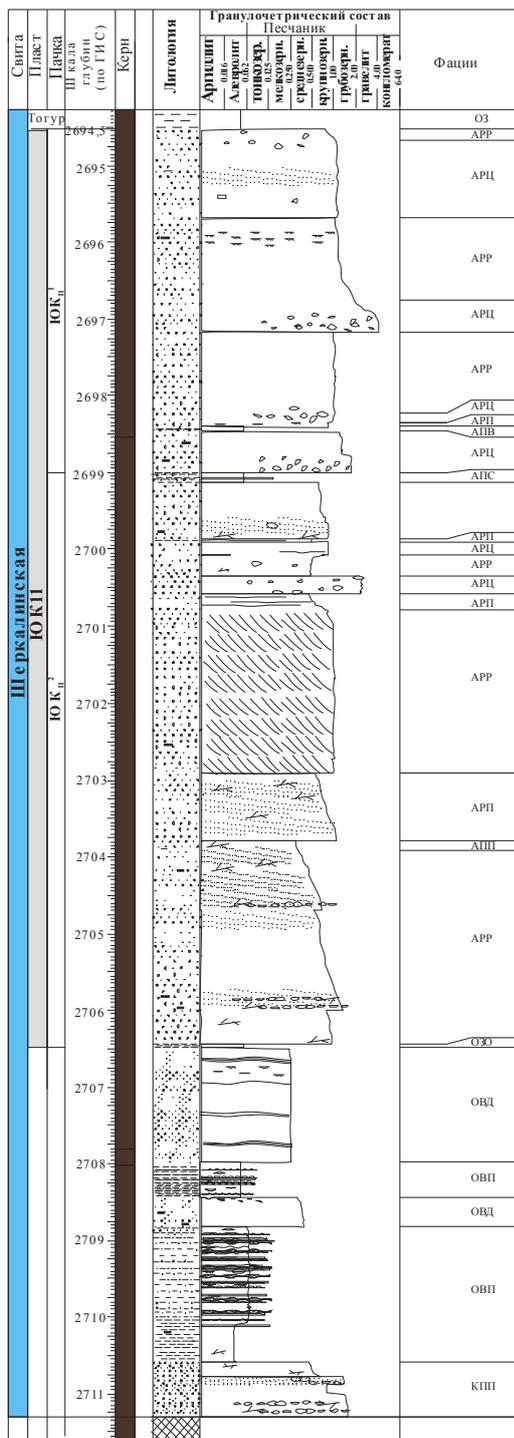
На данных инициальных озёрных отложениях с отчётливым несогласием залегает аллювиальный комплекс, в целом имеющий восходящую, увеличивающуюся крупность частиц. Наблюдается чёткое фиксированное этажное строение, с предположительным разделением пластов на ЮК₁₁² и ЮК₁₁¹ на глубине 2699 м (см. рис. 2).

Толщина этажей (аллювиальных циклов) составляет:

– первый или нижний этаж (ЮК₁₁²) – 7,45 м, в котором можно наблюдать в большей части песчаник грубозернистый с обломками древесины; немногочисленными прослоями параллельных напластованию обломков пород, полого-наклонную крупную косую слоистость, а также двухметровый интервал с чёткой крупной косой слоистостью (2700,75-2703);

– второй или верхний этаж (ЮК₁₁¹) по толщине составляет 4,5 м, имеет заметное достаточно чёткое чередование грубозернистых песчаников – гравелитов, с большими различиями в размерности, и различной окатанности обломков и достаточно плохой сортировкой материала. Он интерпретируется как центральная (стрежневая) часть русла равнинной реки и русел крупных равнинных рек, точнее, её периферийно-русловых осадков, представленных крупно-грубозернистыми песчаниками.

Выделенные этажи могут быть соотнесены с циклами. Их характерные мощности, текстурные и структурные признаки подтверждают аллювиальный тип седиментации [1, 2].



Колонка по одной из скважин Талинской площади (пласт ЮК₁):

Гранулометрический состав:

- 1- песчаник с включениями гравийных зерен,
- 2 - гравелиты и грубозернистые песчанники,
- 3 - переслаивание глинистого алевролита и песчанника,
- 4 - алевролит,
- 5 - песчаный алевролит,
- 6 - аргиллит;
- 7 - породы фундамента;

Растительные остатки:

- 8 - углисто-растительный детрит,
- 9-обломки углефицированной древесины;

Текстуры:

- 10- мелкая косая слойчатость ряби течения (таблитчатая),
- 11- таблитчатая крупная косая слойчатость,
- 12- пологонаклонная крупная косая слойчатость,
- 13- линзовидная слоистость,
- 14- флазерная слоистость,
- 15- тонкая полого - волнистая слоистость,
- 16- волнистая прерывистая и нечеткая слоистость
- 17- полого - волнистые и линзовидно-волнистые прослой и линзы песчанника (ритмит);
- 18- галька кварцево-кремнистая,
- 19- интракласты аргиллита;

Расшифровка буквенной аббревиатуры фаций:

КПП - песчано- гравийных и галечниковых осадков потоков конусов выноса, АРЦ-гравийно-песчаных осадков центральных (стречневых) частей русла равнинных рек, АРР-гравийно-песчаных осадков русла крупных равнинных рек, АРП- алевроито-песчаных осадков русел малых рек и проток крупных равнинных рек, АПП-алевроито-песчаных осадков прирусловой части поймы и ее паводковых вод, АПС-глинисто и песчано-алевроитовых осадков слабoproточной части поймы, АПВ- глинисто-алевроитовых осадков застойных и застающихся стариц и вторичных водоёмов поймы, ОЗ - отложения застойных и заболачивающихся озёр, ОЗО-глинисто-алевроитовых слабоуглистых осадков застойных и слабoproточных участков застающихся озёр, ОВД-песчаных осадков конусов выноса рек в озёра, ОВП- песчаных и глинисто-алевроитовых осадков полуизолированного малоподвижного мелководья крупных озёр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
2. Обстановки осадконакопления и фации. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 352 с., ил.

ПЯКЯХИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ: ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВЫ ПЕСЧАНИКОВ ЗАПОЛЯРНОЙ СВИТЫ (ПЛАСТЫ БУ₁₀₋₁₁, БУ₁₅¹, БУ₁₅²)

ХОЛМОГОРОВА М. С., УРАСИНОВА Ю. А.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Пякяхинское газоконденсатное месторождение расположено в нефтегазоносном районе Пур-Тазовской нефтегазоносной области и приурочено к центральной части Большехетской впадины. В геологическом строении месторождения принимают участие породы фундамента, представленные допалеозойскими и палеозойскими метаморфическими породами и отложениями платформенного чехла, сложенными полифациальными терригенными образованиями палеозойского и мезозойско-кайнозойского возрастов.

Объектом нашего изучения являются нижнемеловые отложения заполярной свиты (пласты БУ₁₀₋₁₁, БУ₁₅¹ и БУ₁₅²) скважины 2020. В своих исследованиях мы опирались на изучение имеющегося керна и шлифов.

Для определения гранулометрического и петрографического составов песчаников были взяты несколько образцов с глубин 2963-3148,7 м (см. рис. 1).

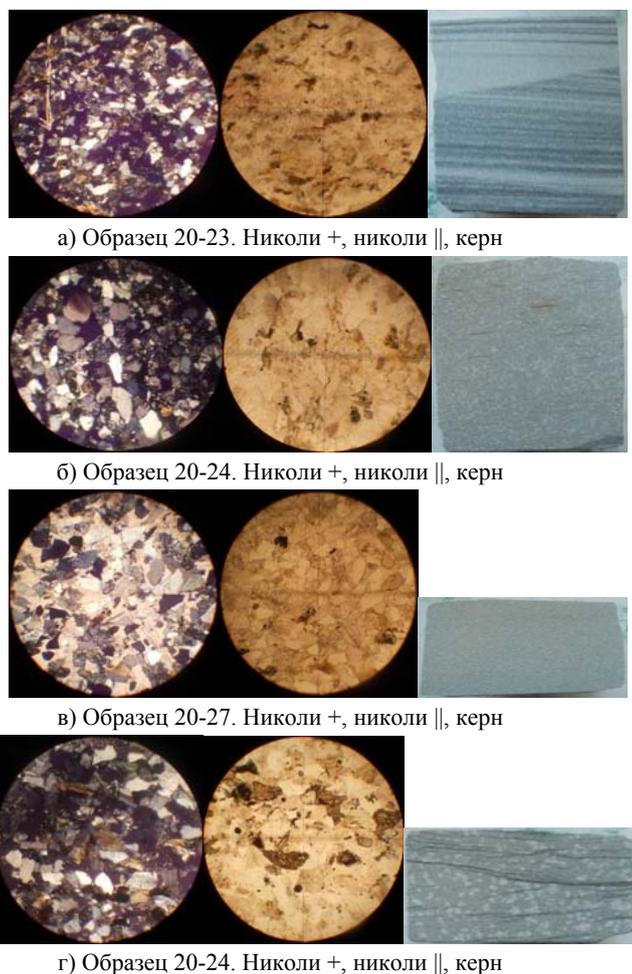


Рис. 1. Образцы нижнемеловых отложений заполярной свиты скважины 2020

Полученные результаты дают нам возможность выявить их класс по треугольнику В. Д. Шутова (рис. 2). На данных глубинах образцы принадлежат к классу аркозовых. Преобладающая размерность зерен колеблется от мелкозернистого до среднезернистого песчаника.

Особый интерес представляет собой мелкозернистый песчаник, местами тонкомелкозернистый (обр. 20-23, рис. 1, а), в котором прослеживается слабая цеолитизация, а также четкая косая перемишка между фациями. С обр. 20-24 (рис. 1, б) можно наблюдать мощную пятнистость, которая прослеживается на более низких глубинах. Исключение – обр. 20-27 (рис. 1, в), являющийся мелкозернистым песчаником с хорошей сортировкой и отсутствием видимой пятнистости. С глубины 3119 м вновь появляется пятнистость, которая варьирует от слабой до сильной.

Главным признаком изученных нами образцов является примесь цеолитов, которая прослеживается практически по всей изученной глубине.

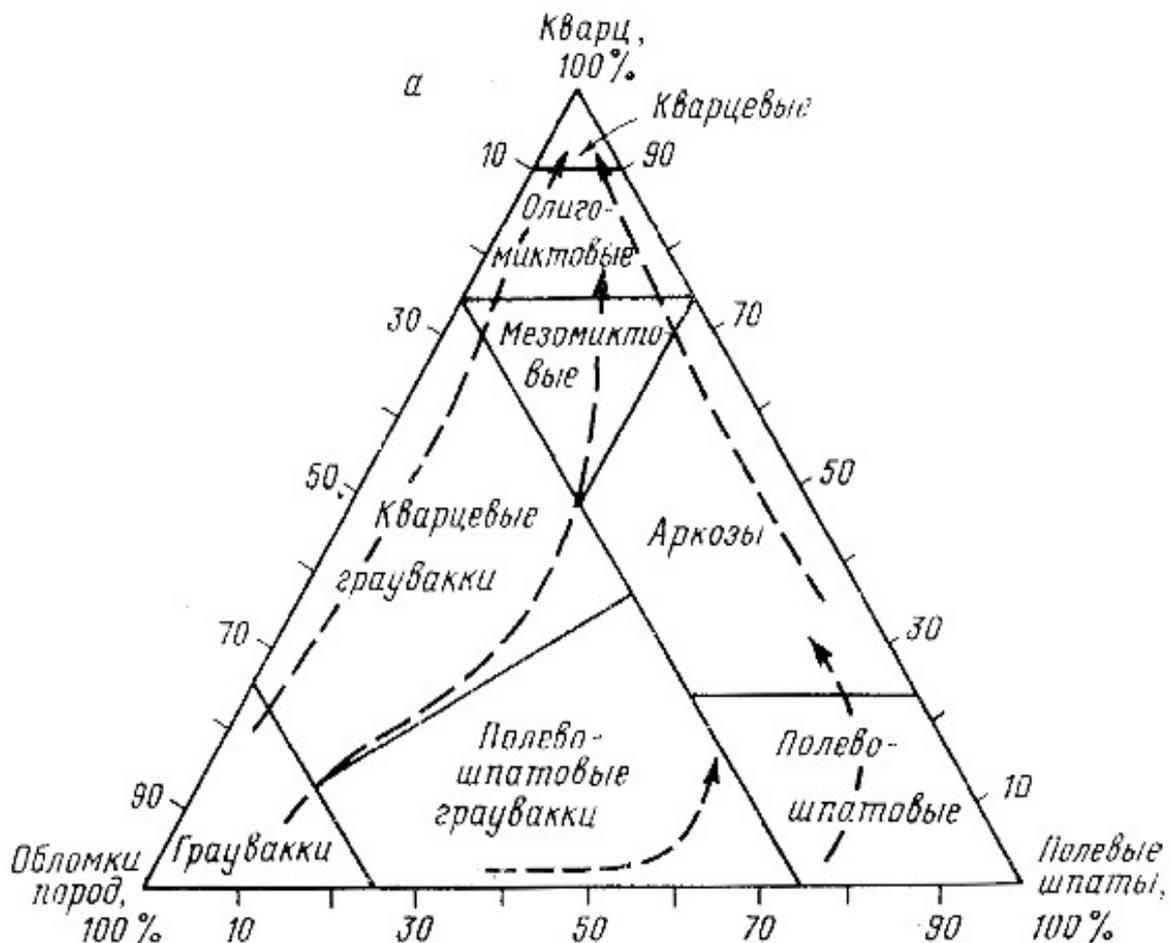


Рис. 2. Треугольник В. Д. Шутова

Выполненные нами гранулометрический и петрографический анализы дают возможность для оценки изменения состава и характеристик осадочных пород, в данном случае песчаников, по разрезу верхне- и нижнемеловых отложений.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕСЧАНИКОВ В ШЛИФАХ ПО РАЗРЕЗУ ОДНОЙ ИЗ СКВАЖИН ДРУЖНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

НЕТАК Е. Б.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Для изучения осадочных пород применяется множество методов, однако одним из важнейших является гранулометрический анализ. Он позволяет получить характеристику зернового состава, без которой невозможно даже правильно назвать породу. Результаты обработки данных гранулометрического состава несут ценную информацию об условиях формирования и локализации пород, кроме того они являются отличным источником информации о коллекторах Западной Сибири.

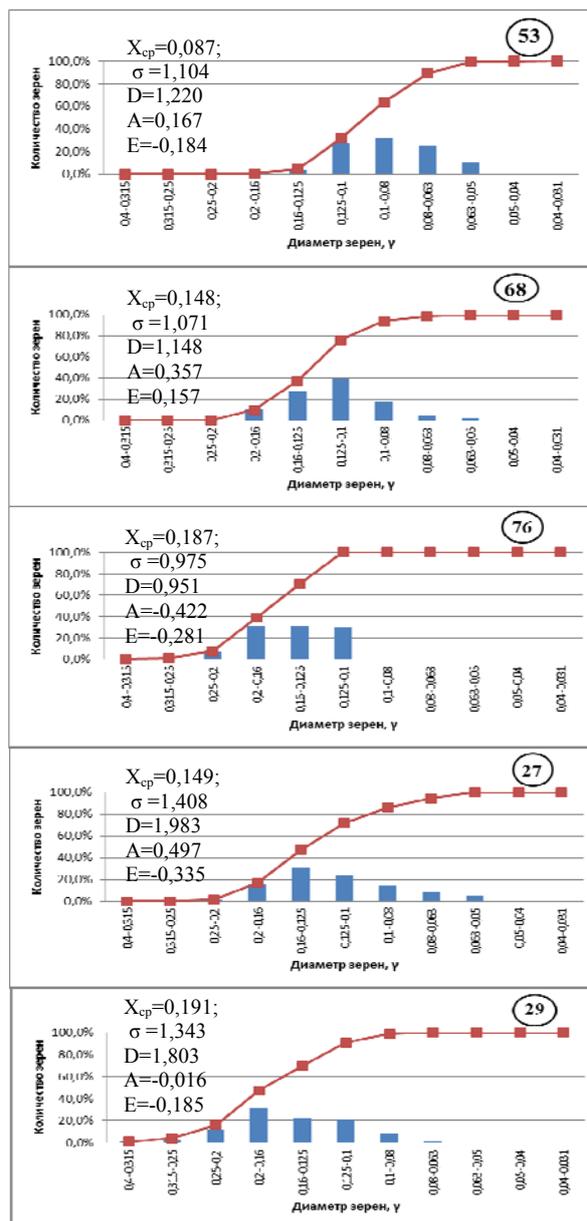
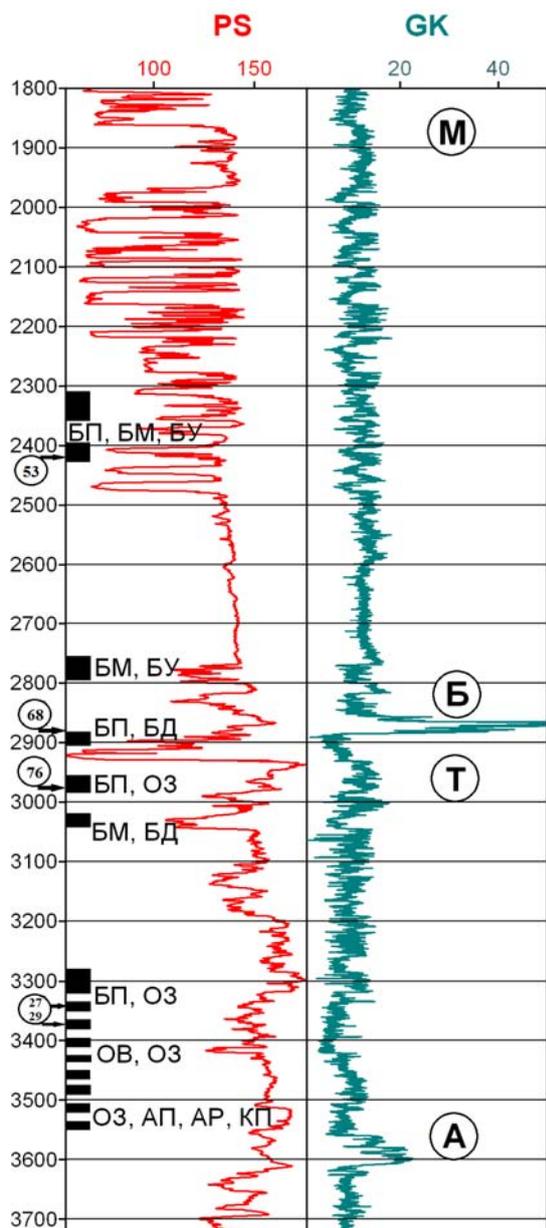
Объектом исследования явилась скважина хх30 Дружного месторождения, которое расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области, в 127 км к северо-востоку от г. Сургут (Западная Сибирь). Территория исследований изучена комплексом геологоразведочных работ: от региональных до бурения поисково-разведочных и эксплуатационных скважин [1].

Скважина хх30 вскрыла фундамент на глубине 3548 м. В ней поинтервально пройдено 322,8 м с отбором керна. Вскрыты продуктивные отложения нижнего мела, верхней и средней юры. Керновый материал увязан с ГИС.

Гранулометрический анализ выполнен по нескольким образцам, данные по 5 представлены на рисунке. Образцы взяты с глубин 2403, 2900, 2984, 3344, 3367 м. Полученные результаты состава пород дают информацию о классе песчаников по В. Д. Шутову. Образцы № 53, 68, 27 и 29 – полевошпатово-кварцевые песчаники, и только образец № 68 – мезомиктовый кварцевый песчаник. Размерность зерен в шлифах увеличивается вниз по разрезу от тонко-мелкозернистого песчаника до мелко-среднезернистого. Преобладают размеры 0,08-0,2 мм. Подсчитанный энтропийный коэффициент сортировки указывает на её характер: осадки образцов № 68, 27, 29 плохо сортированы. Коэффициенты образцов № 53 и 76 меньше 0,5, что свидетельствует об умеренной, близкой к хорошей сортировке осадков.

В образцах № 76 и 29 значения асимметрии отрицательны, это говорит о преобладании тонкозернистых классов над крупнозернистыми [2]. Положительные значения асимметрии получены у образцов № 53, 68 и 27, что указывает на обильный привнос материала крупнозернистых классов, следовательно, модальный размер в эмпирическом распределении больше среднего размера гранулометрического состава. В этих распределениях преобладают классы с большой размерностью частиц, а тонкозернистые составляют так называемые «хвосты» распределений. Привнос обломочного материала и осаждение его в динамически застойных условиях объясняются отрицательными значениями эксцесса образцов № 53, 76, 27 и 29. Пикообразность кривых этих шлифов свидетельствует о том, что модальный и смежные классы характеризуются повышенным процентным содержанием [3]. Положительное значение меры эксцесса шлифа № 68 указывает на стабильность переработки и пересортировки обломочного материала на относительном уровне, определяющимся средним размером диаметра зерен.

Гранулометрический анализ дополнительно характеризует обстановки осадконакопления меловых и юрских отложений. Главным образом, выявленная сортировка материала указывает на определенные условия. Самый худший результат сортировки был получен в образцах низов тюменской свиты, это объясняет наличие мелких алевритовых зерен в преобладающем мелко-среднезернистом осадке и характеризует обстановку накопления отложений полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья.



Геолого-геофизический разрез по скважине xx30 Дружного месторождения:



1 – интервалы с отбором керна, 2 – сейсмические отражающие горизонты, 3 – исследуемые образцы

Выполненные анализы дают необходимый материал для оценки изменения состава и характеристик осадочных пород по разрезу юрско-меловых отложений. Проведенные исследования по представленным образцам, подтверждают результаты, полученные при первичной визуальной диагностике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудаманов А. И. К вопросу о строении «основной» залежи верхнеюрского продуктивного комплекса месторождения Дружное // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе всероссийское совещание. – Ярославль, 2007. – С. 135-136.
2. Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. – Л.: Недра, 1977. – 408 с.
3. Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения. – Л.: Недра, 1969. – 248 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО ИЗУЧЕННОМУ КОМПЛЕКСУ СТВОЛА СКВАЖИНЫ С ПОМОЩЬЮ ОТБОРА ШЛАМА, КЕРНА И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН (ГИС)

ЗЫРЯНОВА Е. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

При бурении геологоразведочных скважин в случае недостаточного выхода керна (менее 60 %) дополнительным материалом для опробования может служить буровой шлам [1].

Объектом исследования является параметрическая скважина в зоне сочленения Русской платформы и складчатого Урала [2]. Целевое назначение работ: изучение глубинного геологического строения и перспектив нефтегазоносности зоны тектонического сочленения Русской платформы и Уральской складчатой системы в центральной части Нижне-Сергинского нефтегазоперспективного района, на основе комплексной параметрической характеристики разреза аллохтонных палеозойских и допалеозойских комплексов пород.

Цель работы состоит в оперативном изучении геологического строения разреза скважины, выявлении и оценке продуктивных пластов. Макро- и микроскопические исследования являются визуальными методами определения литологического состава и других особенностей пород по шламу и керну. Шлам исследуется с применением бинокулярного стереоскопического микроскопа типа МБС. При визуальных исследованиях шлама определяются следующие признаки, характеризующие образец горной породы: название; цвет и состав породы; структурные и текстурные особенности породы; состав и тип цемента; тип коллектора и характеристики пористости.

Вскрываемый разрез представлен переслаиванием песчаников и алевролитов. Песчаники в разрезе преобладают. Обломочный материал представлен предположительно эффузивными породами. Цемент светло-серый, серый; базального и порово-базального типа; кремнистого, известково-кремнистого и глинисто-карбонатного состава. Песчаники полимиктовые светло-серые, серые, зеленовато-серые, мелко-, среднезернистые, плотные, средне крепкие; на глинисто-карбонатном цементе порово-базального типа. Алевролиты черные, темно-серые, слабой крепости, тонкослоистые. Все эти данные можно увидеть в геолого-геохимическом разрезе. Единичные шламники песчаника люминесцируют в УФЛ (ультрафиолетовый луч) бледно-желтоватым цветом ЛБА (люминесцентно-битуминологический анализ): 2-3 БЖ МБ.

Обычно при выносе шлама на поверхность происходит небольшое отставание. Поэтому построенная шламограмма может быть немного смещена вниз относительно кривых ГИС. Это отставание легко заметить, рассматривая кривую ДС (диаметр скважины) в интервале 1230-1260 изученной скважины (см. рисунок). По шламограмме видно, что когда преобладают породы мелкозернистого состава – алевролиты, по ДС прослеживается каверна. Дальше кривая ДС идет без особо четких изменений, и если при каверне она достигала максимального значения, то там, где по шламограмме преобладает песчаник, видно минимальное значение ДС. Можно сделать вывод, что шламограмма действительно «отстает» от ГИС, судя по рисунку, примерно на 10 метров. Скорее всего, такой большой разрыв связан с тем, что скважина бурится не тем долотом, что предназначен для таких пород.

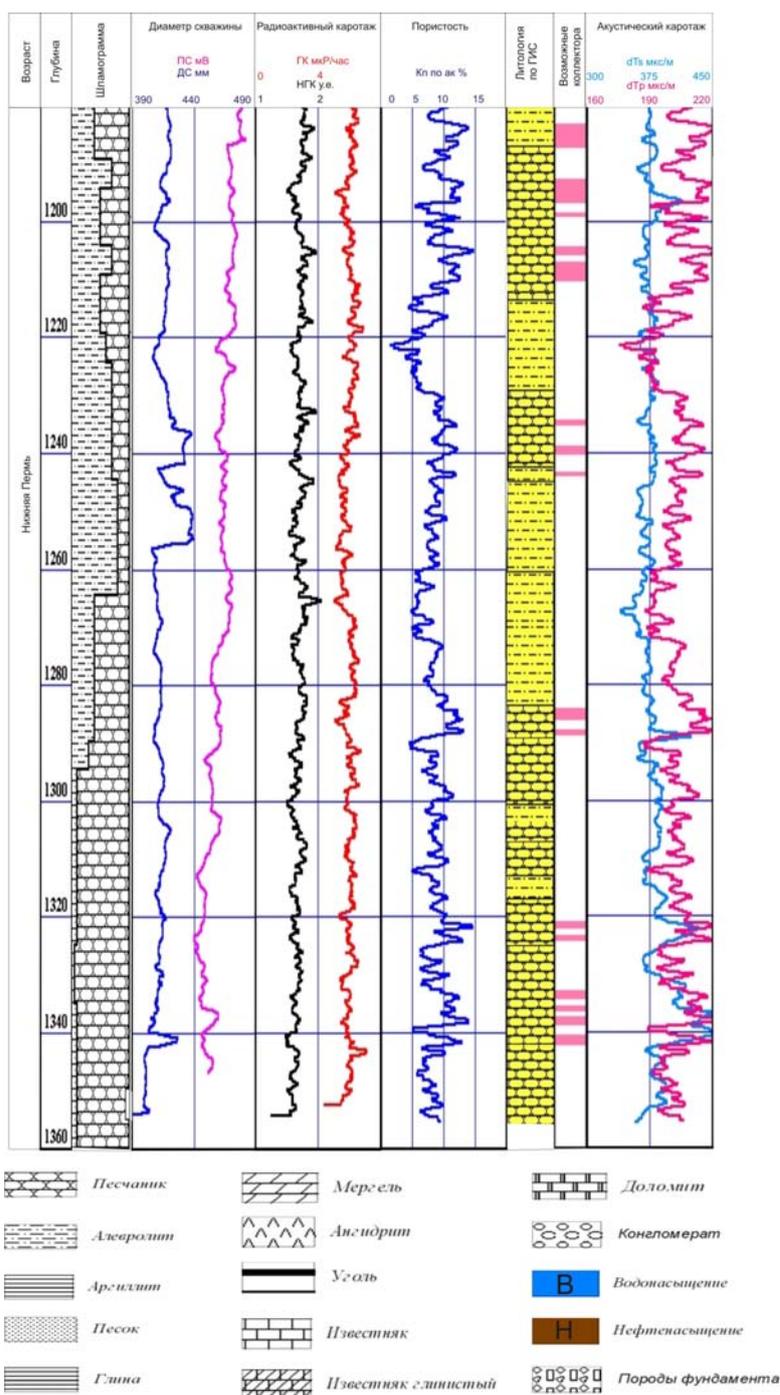
По геофизическим методам, кривая ПС (произвольной самополяризации) слабо дифференцирована и плохо коррелируется с кривыми других методов ГИС. В то же время заметны некоторые общие изменения, особенно если провести «линию глини». Тогда становится отчетливо видно, как ПС приобретает отрицательные значения, показывая преобладание в разрезе известковистых песчаников.

В результате проведенного комплексного анализа шлама с использованием данных ГИС на глубинах 1200-1350 м построено литологическое расчленение разреза.

Вскрытый разрез представлен чередованием полимиктовых песчаников, аргиллитов, алевролитов, алевролитов артинского яруса нижнего отдела пермской системы. Песчаники, по данным ГИС, плотные, характеризуются значениями НГК (нейтронный гамма-каротаж) от 1,2 до 2 у. е. (условные единицы), низкими и средними значениями ГК (4-6 мкР/ч). Пористость, рассчитанная по АК (акустический каротаж), в неглинистых песчаниках варьирует от 2 до 11%. В интервалах залегания алевролитов диаметр скважины часто увеличен до 440 мм. Порода характеризуется низкими значениями на кривых НГК (1,2-1,8 у. е.), показаниями ГК от 5,5 до 6,5 мкР/ч.

По совокупности признаков (понижение значений ГК и увеличение коэффициента пористости) к возможным коллекторам отнесены интервалы, которые отчетливо видно на рисунке.

Итогом работы стал геолого-геофизический разрез, демонстрируемый на рисунке и позволяющий оценить строение изучаемой толщи.



Геолого-геофизический разрез параметрической скважины. Глубины 1200-1350 м

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Искандеров Д. Б. Изучение керна и шлама нефтегазовых месторождений: учеб. Пособие. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2004. – 112 с.
2. Рыльков С. А. Перспективы расширения нефтегазоносных земель востока Волго-Уральской НГП в поднадвиговую часть Уральского складчатого пояса //Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов: Материалы научно-практической конференции, Пермь, 8-9 ноября 2006 г. – Пермь, 2007. – С. 300-304.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПЕСЧАНЫХ ТЕЛ СЕВЕРО-ВАРЬЕГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЛАСТА БВ₈

ЖУРИЛО Д. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Наиболее эффективным методом определения обстановок осадконакопления, используемым при корреляции разреза и прогнозировании литологических ловушек, является литолого-фациальный анализ. Метод позволяет по комплексу диагностических признаков пород восстанавливать условия их образования. К сожалению, его использование часто ограничено из-за недостатка кернового материала. В свое время В. С. Муромцев [2] предложил методику прогнозирования песчаных тел-коллекторов по характеру кривых электронного каротажа (ПС), которая дает возможность устанавливать генезис отложений, не прибегая к изучению дорогостоящего кернового материала. В дальнейшем эта методика была рассмотрена в работах А. В. Ахтиярова [1].

Анализ электрометрических моделей песчаных тел представляет собой измерения характера кривой ПС определенной формы, знак отклонения кривой ПС, кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии и т.д. Каждый из выше перечисленных элементов выполняет ту же функцию, что и первоначальные признаки при установлении генезиса осадка по естественным обнажениям и керну скважин [2]. Методика использует зависимости между литофизическими свойствами пород и их электрометрическими характеристиками и позволяет построить модель фации – отрезок кривой ПС, образованный одной или несколькими аномалиями и увязанный с граничными значениями $\alpha_{пс}$ (отношениями значений кривой ПС к ее максимуму), и в конечном счете – определить смену палеогидродинамических режимов седиментации во времени.

Для большинства скважин вскрывших пласт БВ₈ Северо-Варьеганского месторождения, на основании геофизических материалов выделяется отрицательная аномалия кривой ПС (спонтанная поляризация), характерная для регрессивных баров и разрывных течений (рис. 1).

Электрометрическая модель баров представляет собой геометрическую форму четырехугольника (бочка). Аномалия находится в зоне отрицательных отклонений ПС. Кровельная линия наклонная прямая, боковая линия вертикальная волнистая или зубчатая, подошвенная линия наклонная прямая или зубчатая.

Электрометрическая модель фаций промоин разрывных течений представляет собой простую аномалию, имеющую вид четырехугольника и расположенную в зоне отрицательных отклонений кривой ПС. Подошвенная линия горизонтальная прямая осложнена зубчатостью, отражающими сохранившуюся часть от размыва баровых песков, боковая линия вертикальная волнистая или отсутствует, кровельная линия наклонная зубчатая или горизонтальная прямая.

Все разнообразие кривых ПС, характерных для песчаных тел Северо-Варьеганского месторождения пласта БВ₈, можно объединить в 2 основные группы (см. рис. 1).

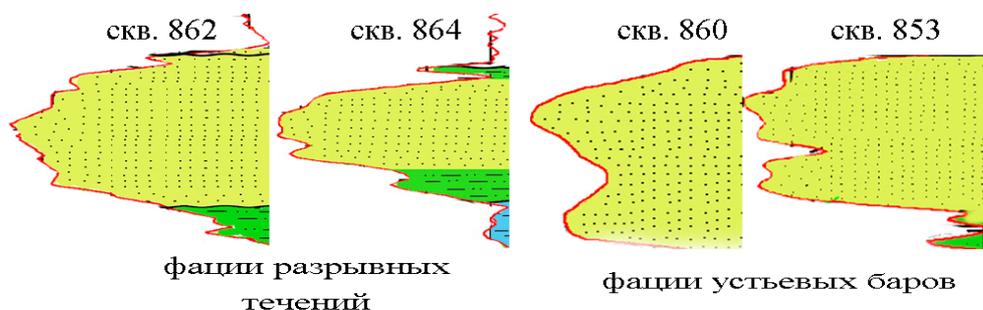


Рис. 1. Электрометрические модели песчаных тел пласта БВ₈



Рис. 2. Схема корреляции пласта БВ₈

В первой группе (фации разрывных течений), знак кривой ПС характеризуются меньшим значением, чем у баров. Разрывные течения стекают с суши, возникают в забаровых лагунах в результате нагона в них через бар морской воды. Фации образуются на дне лагун и в барах борозды и промоины.

Для второй группы характерны высокие значения ПС и плавные границы с подстилающими и перекрывающими отложениями. В формализованном виде такую форму кривой можно изобразить в виде прямоугольника (фации устьевых баров). Эти песчаные тела располагают узкими субширотными полосами и интерпретируются как образовавшиеся в обстановках питающих каналов.

На этой базе выполнена корреляция пласта БВ₈ (рис. 2). Практически во всех скважинах по кривым ПС прослеживается регрессивный цикл осадконакопления, связанный с перемещением в направлении моря древней береговой линии. Баровые и фации разрывных течений включают в себя типизацию разрезов скважин по данным электрметрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахтияров А. В. Электрметрические образы фаций // Геофизика. – 2005. – № 6. – С. 30-32.
2. Муромцев В. С. Электрметрическая геология песчаных тел литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.

ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ В ПЕРВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ И ЕГО ВКЛАД В ПОТЕНЦИАЛ СПОНТАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КАРОТАЖА СКВАЖИН МЕТОДОМ СПОНТАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

ИСЛАМГАЛИЕВ Д. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Метод спонтанной (самопроизвольной) поляризации (ПС) является одним из старейших методов, применяемых в нефтегазовой отрасли для изучения пластов-коллекторов углеводородов в геологоразведочных скважинах. Одной задачей метода ПС является выделение в изучаемом разрезе пористых пластов-коллекторов углеводородов и определение величины их пористости. Для решения этой задачи необходимо перейти от значений электрического потенциала ПС, измеренного на оси скважины напротив пласта-коллектора, к истинной величине адсорбционного потенциала двойного слоя, образующегося на границе «пласт-скважина», который более тесно связан с фильтрационно-емкостными характеристиками. Переход осуществляется путем введения в измеренное значение электрического потенциала поправочных коэффициентов за влияние физико-геометрических факторов: диаметра скважины, мощности пласта, мощности зоны проникновения фильтрата промывочной жидкости в пласт, удельного сопротивления пласта, промывочной жидкости и вмещающих пород при помощи палеток Шлюмберже [1, 2].

В общем случае измеряемый на оси скважины электрический потенциал состоит из трех составных частей: адсорбционного потенциала, диффузионного потенциала и фильтрационного потенциала. Первый возникает за счет адсорбции ионов разного знака на границе твердой и жидкой фазы, что приводит к образованию двойного электрического слоя. Величина внешнего электрического поля, создаваемого двойным слоем, существенно зависит от диаметра пор и является определяющей характеристикой, по которой можно судить о пористости среды. Второй (диффузионный потенциал) возникает за счет различной концентрации ионов солей в буровом растворе (промывочной жидкости) и флюиде, заполняющем поры горных пород.

Фильтрационный потенциал возникает за счет электрического поля течения флюида в проницаемой среде при положительном или отрицательном дебите скважины. Фильтрационный потенциал в равновесном пласте должен быть добавлен к адсорбционному потенциалу.

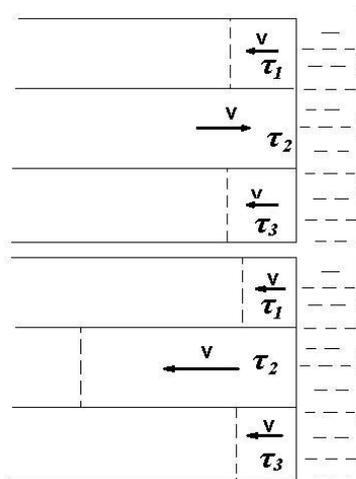
Фильтрационный потенциал можно оценить формулой Гельмгольца [3]:

$$\Delta U_F = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \zeta \cdot \Delta p}{4\pi \cdot \mu} \Delta P = \frac{1}{4\pi} L \cdot \Delta P,$$

где ΔU_F – скачок фильтрационного потенциала; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}}$ – электрическая постоянная; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; ζ – дзета-потенциал; $\mu \cong 10^{-3}$, Па·с – динамическая вязкость флюида (воды); Δp – избыточное сопротивление; ΔP – избыточное давление; L – коэффициент потенциала течения.

Согласно рисунку, где τ_i – адсорбционный потенциал пласта, v – скорость течения Дарси, при отрицательном потенциале твердой фазы флюид заряжен положительно, дзета-потенциал отрицателен, потенциал фильтрации имеет отрицательный знак со стороны избыточного давления. С увеличением минерализации раствора U_ϕ уменьшается вследствие уменьшения удельного сопротивления фильтрата и дзета-потенциала. Величина фильтрационных потенциалов обычно мала и оказывает влияние на кривую ПС, когда $\rho \geq 1, \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [2].

Потенциалы фильтрации возникают против различных литологических разностей, в том числе против глин. При этом против проницаемых пластов в большинстве случаев наблюдается увеличение отрицательной аномалии ПС. При фильтрации флюида из пласта в скважину в верхней модели (см. рисунок) потенциал фильтрации со стороны пласта выше, но он частично подавлен высокой минерализацией пластового флюида.



Модель скважины с проницаемыми пластами:

вверху – с продуктивным пластом; внизу – с поглощающим пластом

Значение адсорбционного потенциала в пласте-коллекторе остается всюду равновесным и такой пласт не создает внешнего потенциала. Находясь между двумя глинистыми пластами, он отмечается глубоким минимумом ПС. В нижней модели (см. рисунок) фильтрат вытесняется буровым раствором. При фильтрации из скважины в пласт потенциал напротив проницаемого пласта понижается, однако после образования глинистой корки процесс фильтрации приостанавливается или прекращается совсем. В любом случае притока фильтрата или поглощения бурового раствора следует учитывать фильтрационные потенциалы среднего пласта [2].

Итак, в среде с отрицательным потенциалом твердой фазы и отрицательным дзета-потенциалом напротив продуктивного пласта будет наблюдаться максимум потенциала фильтрационного происхождения, напротив поглощающего – минимум, максимум фильтрационного потенциала парируется понижением адсорбционного потенциала. Таким образом, при алгебраическом сложении потенциалов адсорбционного и фильтрационного происхождения аномалия напротив продуктивного пласта усиливается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исламгалиев Д. В. Электронные палетки Шлюмберже для интерпретации каротажа скважин методом спонтанной поляризации (ПС) / Исламгалиев Д. В. // Международный научно-практический симпозиум «Уральская горная школа – регионам», 12-21 апреля 2010 г. – Екатеринбург: УГГУ, 2010. – С. 66-68.
2. Кормильцев В. В. Основы теории спонтанной поляризации горных пород в нефтегазовых скважинах / Кормильцев В. В., Ратушняк А. Н. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 134 с.
3. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.

ТЕХНОЛОГИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ

ГОРДИЧ Е. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Поиски углеводородов в транзитных зонах – актуальнейшая задача современности. Особый интерес представляют прибрежные части транзитных зон. Эксплуатация даже сравнительно малого месторождения здесь может быть рентабельной. Не изученность прибрежных зон препятствует успешной увязке результатов морских и сухопутных съёмок.

Прибрежные зоны – это объект, имеющий для сейсморазведчиков самостоятельное значение, поскольку здесь невозможно применение отработанных десятилетиями, традиционных технологий проведения полевых работ на суше и акватории (по Г. А. Шехтману).

Прибрежные зоны (особенно океанические, с обширными территориями, подверженными приливно-отливным явлениям) – очень сложный объект для сейсморазведки, он включает участки земной поверхности с различными сейсмологическими условиями: мелководье (глубины 2-15 м), предельное мелководье (глубины 0-2 м) и прилегающую сушу. В самых сложных случаях такие участки могут случайным образом чередоваться в пределах площади исследований.

Для работы в прибрежных зонах компания «СИ Технолоджи» (г. Геленджик) разработала комплекс средств для проведения сейсморазведки в разных зонах*:

1). На мелководье. Катамаран Мурена, телеметрическая система XZone® Bottom Fish с приемной косой и лебедкой, пневматический источник Малыш, компрессор УКС 400 (2 шт.), систему GPS. Производительность работ – до 40-50 пог. км.

2). На предельном мелководье. Катамаран Тортуга, донная коса системы XZone® Marsh Line, групповой пневматический источник Малыш – устойчивы к работе в условиях взвеси придонных отложений и позволяющих производить возбуждение колебаний на глубинах от 0,5 м. при диапазоне частот до 250 Гц. Производительность работ при 120-кратном 2D-профилировании составила 12 пог. км за смену.

3). На суше. Система измерения XZone® Fly lander и установка КРОТ-МАЛЫШ для обеспечения идентичности условий возбуждения. В качестве источника используют размещаемый внутри шнековой буровой штанги и погружаемый в скважину пневмоизлучатель «Малыш». Такая установка с системой обеспечения источника сжатым воздухом получила название «Крот-Малыш».

На практике для успешной увязки участков профилей, отработанных каждой из описанных технологий, применяются системы наблюдений, позволяющие обеспечивать полную проектную кратность прослеживания по МОГТ в зоне сочленения технологий. Для этого системы наблюдений перекрываются, например, для продолжения водного профиля на сушу, осуществляются комбинированные наблюдения, когда приём колебаний производится на суше, а возбуждение в воде и наоборот.

Комплексирование технологий с успехом опробовано на Камском водохранилище (Обвинский и Южно-Инъвинский участки, 500 пог. км.) и на мелководье Азовского моря (Северо-Ейский участок, 150 пог. км). Комплексное применение технологий проведения сейсморазведочных работ в условиях мелководья, предельного мелководья и суши с использованием телеметрических систем семейства XZone®, разработанных в компании «СИ Технолоджи», впервые делает возможным проведение сейсморазведочных исследований в прибрежных зонах в промышленных масштабах.

* Жгенти С. А., Запорожец Б. В. Технология сейсморазведки в прибрежных зонах: Технология сейсморазведки, 2, 2009.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАССЕЯННЫХ ВОЛН – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

СМАХТИН А. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время перед нефтегазодобывающим комплексом стоит ряд серьезных проблем. Во-первых, падают объемы добычи из-за истощенности разрабатываемых месторождений и их прогрессирующей обводненности; во-вторых, ежегодная добыча не компенсируется приростом подготовленных запасов. В свете этих проблем основными задачами являются существенное повышение геологической, оперативной и экономической эффективности подготовки новых запасов УВ, а также увеличение коэффициента извлечения нефти на разрабатываемых месторождениях. Эффективность поисково-разведочных работ во многом зависит от объемов бурения глубоких скважин. Учитывая, что из общего объема бурения поисково-разведочных скважин только 30-40 % (мировая статистика) оказываются продуктивными, становится очевидной необходимость резко сокращать бурение пустых скважин. Это возможно при резком повышении геологической эффективности сейсморазведки, по результатам которой определяются точки бурения скважин. Именно сейсморазведка является ключевым звеном повышения геологической эффективности бурения, а следовательно, оперативности и экономичности подготовки запасов. Поэтому применение все более совершенных сейсмических исследований является залогом решения поставленных выше задач.

Широкое применение технологий сейсморазведки 3D не принесло ожидаемого результата в смысле необходимого повышения геологической эффективности поисково-разведочного бурения, хотя стоимость работ существенно возросла. Не останавливаясь на преимуществах и недостатках сейсморазведки 3D, отметим, что в настоящее время существует альтернатива – инновационные сейсмоакустические технологии, позволяющие решить проблему 100 %-й продуктивности вновь пробуренных поисково-разведочных скважин.

Для разработки инновационных сейсмоакустических технологий использованы результаты фундаментальных и прикладных экспериментальных (лабораторных и натуральных) исследований, проводимых учеными научной школы проф. О. Л. Кузнецова с середины 80-х годов. Результаты исследований позволили выявить закономерности нелинейного взаимодействия упругих волн с многофазной поротрещиноватой средой и оценить возможность использования упругих волн с «инфранизкой» энергетикой для диагностики и управления состоянием и свойствами геологической среды. Полученные результаты стали базовой основой разработок, которые завершились созданием принципиально новых сейсмоакустических технологий, значительно расширяющих (по сравнению с существующими отечественными и зарубежными аналогами) спектр решаемых прикладных задач. Наиболее важные инновационные сейсмоакустические технологии, кратко представленные ниже.

Технология «Сейсмический локатор бокового обзора (СЛБО)» создана в 1990 г. специально для изучения трещиноватости геологической среды на нефтегазовых месторождениях. Технология СЛБО отличается от стандартных тем, что используются рассеянные сейсмические волны, ранее не применявшиеся в сейсморазведке. Рассеянные волны (РВ) являются прямым индикатором трещиноватости геосреды, а энергия сейсмических сигналов этих волн отождествляется с интенсивностью открытой трещиноватости геосреды в области 1-й зоны Френеля.

РВ характеризуются аномально низкой энергией на 1-2 порядка ниже, чем у зеркально отраженных волн, широко применяемых в стандартной сейсморазведке. Для выделения РВ используют суперкратное накопление (около 10^4) сейсмических сигналов этих волн.

Разработанные инновационные технологии являются уникальными. Они могут обеспечить приоритет на мировом рынке и технологическую безопасность нефтегазового сектора экономики России.

МНОГОВОЛНОВАЯ СЕЙМОРАЗВЕДКА

ГАБИТОВ И. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Комплексное использование продольных, обменных и поперечных волн для решения поисковых, разведочных и промысловых задач стало одним из перспективных направлений современной сейсморазведки. Многокомпонентная сейсмическая регистрация, т. е. измерения вертикальными и горизонтальными сейсмоприемниками, более полно охватывает сейсмическое волновое поле. Регистрируется много волн различных типов и классов, поэтому данную модификацию сейсморазведки называют многоволновой сейсморазведкой (МВС).

Измеряя параметры волн различных типов для одного и того же геологического объекта (породной формации), возможно получение более полной характеристики его упругих свойств. В частности, по данным МВС возможен расчет отношения V_s/V_p , который зависит только от коэффициента Пуассона. Расширенные возможности МВС, по сравнению с традиционной сейсморазведкой на монотипных продольных волнах определяют широкий круг задач: отображение структур, перекрытых газовым облаком; повышение разрешенности получаемых материалов; разделение влияния флюидов и литологии; отображение резервуаров с низким акустическим импедансом; выделение нарушенных, трещиноватых зон, оценка направления и плотности трещин, а также величин напряжений внутри и вне резервуара; получение информации о строении верхней части разреза (в т. ч. в условиях многолетнемерзлых пород); определение ФЕС коллекторов, оценка насыщения и типа флюида.

В настоящее время в МВС наметилось два направления, основанных на совместном использовании продольных PP и обменных PS волн и монотипных продольных (PP) и поперечных (SS) волн. Преимущество первого – применение стандартных способов возбуждения колебаний; недостаток – усложнение методики и техники полевых работ. МВС на монотипных волнах требует применения специальных источников колебаний, схем наблюдений и способов обработки; при этом появляется возможность получения существенно новой информации о разрезе. Методика полевых работ мало отличается от стандартных съемок на P-волнах. Основное отличие – использование трехкомпонентных приемных устройств, которые необходимо ориентировать. Для более уверенного выделения обменных волн применяют системы наблюдений со значительными выносами.

Что касается обработки и интерпретации данных МВС, то в настоящее время это наиболее быстро развивающееся направление. При обработке данных по обменным волнам сталкиваются с нарушением симметричности падающих и отраженных волн. Величина смещения зависит от глубины границы обмена и отношения скоростей продольных и поперечных волн. Предложен ряд способов получения годографов по общим точкам обмена, позволяющих вести обработку данных. Детально разработаны вопросы определения скоростей волн и расчета кинематических поправок по скоростям суммирования PS-волн. Разработаны и практически используются алгоритмы миграционных преобразований по временам регистрации обменных волн. Материалы по обменным волнам могут интерпретироваться самостоятельно, но чаще всего они анализируются совместно с данными по продольным волнам. Важными этапами интерпретации многокомпонентных наблюдений являются: отождествление и привязка волн разных типов к одним и тем же геологическим объектам на глубине; сравнение параметров (скоростей, частот, времен и т. п.) волн разных типов.

В заключение следует отметить, что по кругу решаемых геологических задач МВС является наиболее перспективным направлением в современной сейсморазведке. Многокомпонентные съемки (в сочетании с системами наблюдения 3D) позволяют получить изображение структуры горных пород, определить их коллекторские свойства, оценить насыщение и тип флюида.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ СКОРОСТЕЙ

ЧЕРВЯКОВСКИЙ В. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время основным способом определения скорости в МОВ являются методы регулируемого направленного анализа волнового поля сейсмограмм отраженных волн. Принципиальной основой РНА является выполнение последовательного разновременного анализа волнового поля отраженных волн. В качестве линий анализа выбираются линии, которые соответствуют возможным годографам отраженных волн на данном времени регистрации.

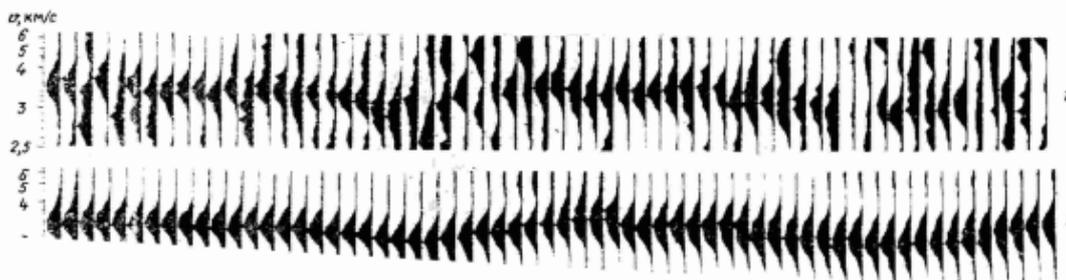
Практическая реализация вычисления вертикального спектра скоростей и получение зависимости $V_{\text{ОСТ}}(t_0)$ осуществляется с применением различных функций цели и по различным технологиям.

Чаще всего в качестве функции цели вычисляют суммарную среднюю энергию зарегистрированного сейсмического сигнала в криволинейном временном окне для всех каналов сейсмограммы. Максимум функции цели достигается тогда, когда на данном времени линия суммирования будет соответствовать годографу ОСТ отраженной волны, зарегистрированной на данной сейсмограмме. Таким образом, при постоянной скорости можно получить график зависимости функции отклика от времени. Повторяя расчеты для различных скоростей, можно получить вертикальный спектр скоростей.

При практическом вычислении вертикального спектра расчеты производят по оси t_0 с шагом $\Delta t_0 = 0,020-0,100$ с и при размере окна интегрирования ΔT такого же порядка. Величины Δt_0 и ΔT выбирают экспериментально путем тестирования полевого материала. Чем выше частотный состав изучаемой записи, тем меньшие значения Δt_0 и ΔT следует задавать. Диапазон варьируемых значений $V_{\text{ОСТ}}$ (или максимальных значений кинематической поправки) должен охватывать интервал возможных значений $V_{\text{ОСТ}}$ на сейсмограммах ОСТ. На первом этапе обработки этот диапазон скоростей обычно выбирают достаточно широким. На следующих стадиях вычислений его сужают, но увеличивают детальность перебора скоростей.

По вертикальному спектру скоростей определяют наиболее подходящие для разреза интервальные скорости. Так же осуществляют ввод кинематических поправок, после чего оси синфазности на сейсмограммах при благоприятном подборе скоростей выпрямляются.

Последовательность одиночных спектров, сгруппированных для заданной линии, вдоль профиля есть горизонтальный спектр скоростей.



Горизонтальные спектры скоростей по одному из отражающих горизонтов, полученные:

1 – по одиночным сейсмограммам ОСТ; 2 – по совокупности 10 соседних сейсмограмм ОСТ (Богданов, 1982)

Таким образом, вертикальные и горизонтальные спектры скоростей позволяют наиболее точно ввести кинематические поправки в полученные в полевых условиях данные и получить наиболее четкое отображение среды.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМОГРАММ В МЕТОДЕ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

КРЫЛЕВСКАЯ А. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Одним из основных методов геофизики, применяемых при решении инженерно-геологических задач, является сейсморазведка. В настоящее время в инженерной сейсморазведке для изучения верхней части разреза применяют три методики работ. Это метод преломленных (головных) волн, метод отражённых волн и методы анализа поверхностных волн и других регулярных волн помех.

Метод преломленных волн (МПВ) является одним из эффективных способов изучения упругих и деформационных (прочностных) характеристик грунтов при инженерно-геологических изысканиях [1]. С его помощью в инженерной сейсморазведке определяют глубину залегания коренных пород (мощности зоны выветривания) и их физические свойства. Прочностные свойства пород рассчитываются при этом по значениям скоростей преломленных волн [1].

В основном при обработке сейсмических записей используют кинематические (время прихода, скорость волн) и динамические (амплитуда, частота, степень затухания волн) характеристики. Однако в инженерной сейсморазведке качественный характер многих признаков и неоднозначность их истолкования усложняет возможности их эффективного применения и приводит на практике к отказу от их использования. В настоящее время в методе преломленных волн выполняется в основном кинематическая обработка, то есть используются кинематические параметры.

Кинематическая обработка проводится по годографам первых вступлений и включает такие операции, как определение граничных и средних скоростей и построение преломляющих границ. Динамика волн используется только при корреляции волн на записях [2].

Кроме такой обработки существуют и способы построения временных разрезов в МПВ: способ редуцированных сейсмозаписей и способ суммирования записи МПВ по общей глубинной площадке. Но в этих методиках есть свои недостатки. А именно получаемый временной разрез в МПВ плохо согласуется с глубинным разрезом, что приводит к ошибкам в геологических выводах и, иногда, могут или не выделяться целевые волны, или могут появиться фиктивные преломляющие границы.

Поэтому в рамках выполнения НИОКР по теме «Разработка технологии построения цифровых сейсмических изображений геологического разреза при проведении инженерно-геологических изысканий» планируется разработка способов получения новой геологической информации на основе сейсмических записей, которые могут быть получены при проведении инженерно-геологических изысканий. Предусматривается разработка или усовершенствование методики проведения полевых исследований, создание алгоритмов и программ обработки и построения сейсмических изображений геологического разреза на основе полученных полевых сейсмических материалов.

Первым этапом исследования является создание однородно-слоистых моделей геологической среды с произвольным числом границ, как горизонтальных, так и наклонных. На этом этапе были рассчитаны годографы головных волн и синтетические сейсмограммы (см. рисунок).

В простейших случаях для горизонтальных и наклонных границ годографы могут быть рассчитаны по известным формулам

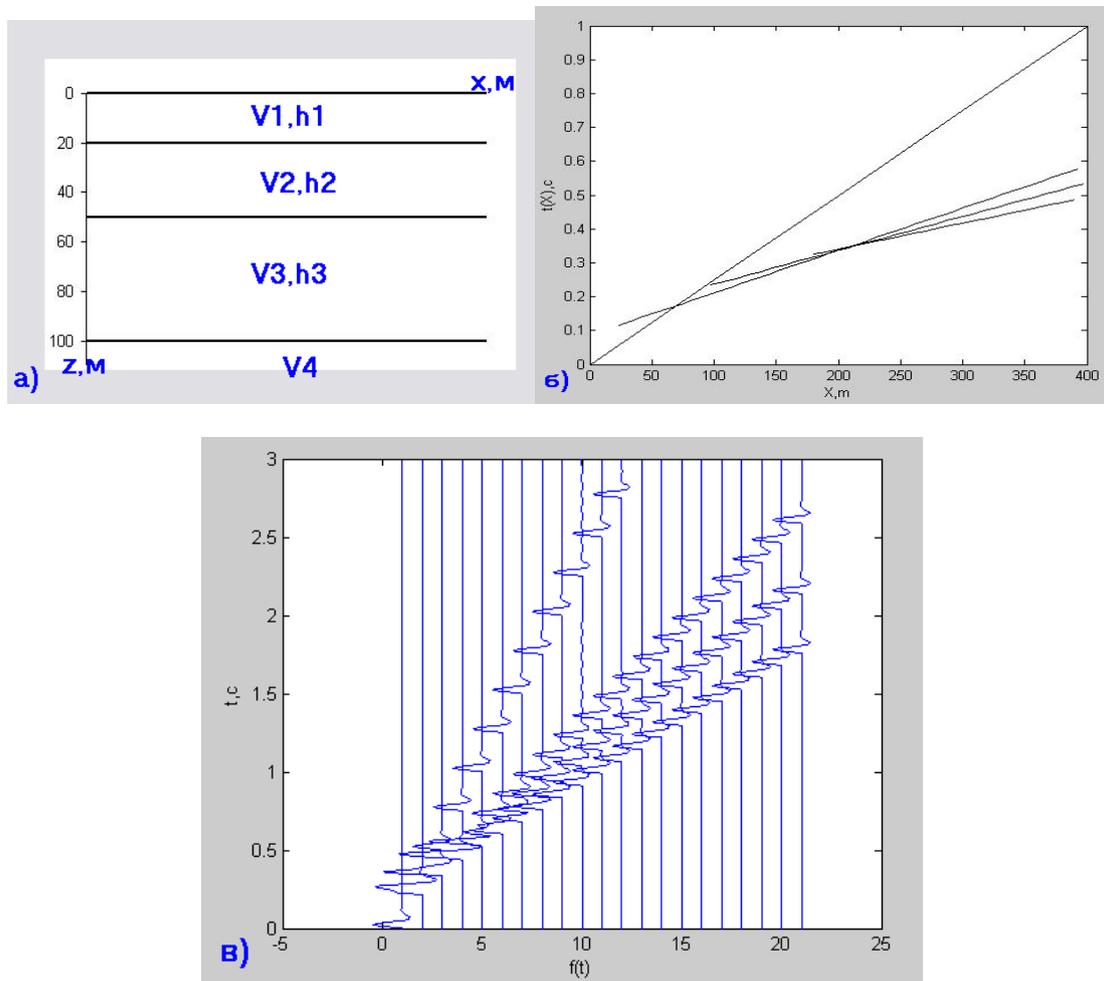
$$t(x) = t_n + \frac{x - x_n}{V_n}; \quad t(x) = t_0 + \frac{x \cdot \sin(i \pm \varphi)}{V_n}, \quad [2]$$

где i – критический угол падения луча, при котором возможна головная волна; φ – угол наклона границы.

Для построения синтетических сейсмограмм нами используется импульс Г. Берлаге

$$f(t) = a \cdot t^n \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin \omega_0 t,$$

где n и β – параметры, определяющие конкретный вид огибающей импульс функции; a – масштабный коэффициент [3].



Годографы головных волн и синтетические сейсмограммы:

- а) трехслойная горизонтально-слоистая модель среды; б) годографы головных волн и прямой волны;
в) синтетические сейсмограммы

Кроме того, планируется разработка цифровых моделей и для градиентно-слоистых сред и алгоритмов получение атрибутов по сейсмическим записям в методе МПВ. В дальнейшем будет проводиться исследование возможности применения разработанных атрибутов для построения изображений геологической среды.

В ходе выполнения проекта будет разработана классификация атрибутов, изучены связи между конкретными атрибутами и геологическими характеристиками разреза, определены способы получения атрибутов по сейсмическим записям и способы построения на их основе изображений среды нового типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боганик Г. Н., Гурвич И. И. Сейсморазведка. – Тверь: Изд-во АИС, 2006.
2. Бондарев В. И. Сейсморазведка. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007.
3. Телегин А. Н., Сейсморазведка методом преломленных волн. – СПб.: Изд-во СПб университета, 2004.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МИГРАЦИОННОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ МЕТОДА ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН
СТАРОБИНЦА А. Е., СТАРОБИНЦА М. Е. И ТЕЛЕГИНА А. Н.**

КАХОРОВ А. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Метод преломленных волн (МПВ) применяется при изучении верхней части разреза, для определения глубины залегания, рельефа и разрывных нарушений фундамента. Одной из основных проблем метода является низкая точность определения глубины преломляющей границы. Это обусловлено присутствием сейсмического сноса и эффекта дифракции на сейсмических записях. Устранение этих эффектов возможно с применением миграционных преобразований сейсмических данных.

В монографии Старобинца А. Е. и Старобинца М. Е. «Цифровая обработка и интерпретация данных метода преломленных волн» (1983) было предложено два алгоритма миграции сейсмических записей МПВ на основе дифференциального преобразования Кирхгофа. Главное отличие между ними заключается в выборе кинематики сейсмического луча.

В первом из них кинематика волн, по линии годографа которой суммируются отсеченные значения исходных трасс, определяется гипотезой о том, что регистрируемое волновое поле представлено совокупностью преломленных и дифрагированных волн. При этом предполагается, что часть времени волна скользит вдоль преломляющей границы. Рассматривается двухслойная модель среды с горизонтальными прямыми границами.

Исходными данными являются прямой и встречный годографы преломленной волны, увязанные во взаимных точках, и закон изменения средней скорости в покрывающей среде.

Несколько расширяет область применения миграционного преобразования второй алгоритм. В качестве модели выступает слоисто-неоднородная среда с резкодислоцированными границами.

Особенность его заключается в том, что предлагается рассчитать годограф рефрагированной волны по полю проходящих волн, т. е. учитывая проницание сейсмического луча.

Более поздние разработки проводил и опубликовал А. Н. Телегин. Его алгоритм миграционного преобразования основан на том, что преломляющая граница любой конфигурации рассматривается как набор точек дифракции, а преломленная волна, соответствующая этой границе, представляется в виде набора годографов преломленно-дифрагированных волн. Соответственно миграция осуществляется представлением преломляющих границ в виде точек дифракции, а преломленные волны – в виде элементов преломленно-дифрагированных волн для границ любой формы с учётом проницания.

Годограф головной волны получается как частный случай преломления на плоской границе, когда проницание отсутствует и волна скользит вдоль границы, а дифрагированные волны автоматически используются в обработке. Именно по ним строится волновое изображение объектов дифракции. Такой подход полностью аналогичен миграции исходных записей отраженных волн.

Можно выделить недостатки первых двух алгоритмов:

- необходимость сведений о положении преломляющей границы вблизи источника упругих волн, а также скорости в подстилающей толще;
- накладывается ограничение о том, что сейсмические лучи не должны пересекать более одного раза преломляющую границу;
- не учитывается эффект проницания и рассеяния преломляющих волн.

Алгоритм Телегина А. Н. менее требователен к исходным данным. Для его реализации достаточно знать граничные скорости в зависимости от вертикального времени преломленных волн. Данный подход является более практичным и эффективным.

О РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ БОКОВОГО ОБЗОРА В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

КУРАШОВ И. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Среди методов, предполагающих проведение работ по регистрации рассеянных волн при помощи специальной системы наблюдений в отечественной сейсморазведке, получил развитие и достаточно активно практикуется метод сейсмического локатора бокового обзора (СЛБО).

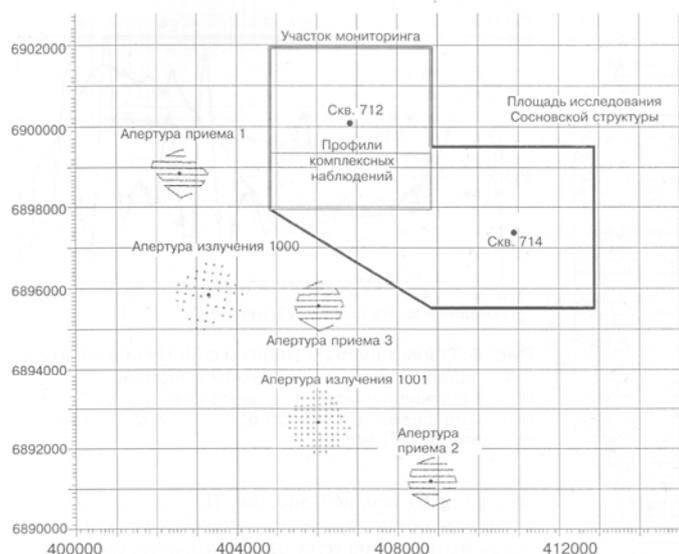
Кинематические и динамические особенности рассеянных волн определяют основные методические требования при выполнении полевых наблюдений. Наиболее важными из них являются:

- возможность выделения энергетически слабых рассеянных волн в общем сейсмическом волновом поле за счет высокой кратности накопления сейсмических сигналов рассеянных волн;

- максимально возможное кинематическое разделение зеркально-отраженных и рассеянных волн с целью наиболее эффективного подавления первых и выделения вторых.

Наиболее оптимальное выполнение этих требований возможно на основе существующей в радио- и гидролокации схеме наблюдения типа бокового обзора. На основании этого принципа в 1989-1991 гг. в ГНЦ РФ ВНИИгеосистем и Грозненском нефтяном институте был разработан принципиально новый метод сейсморазведки для изучения трещиноватости геологической среды (Дьяконов и др., 1991).

Схема проведения наблюдений по методу СЛБО (Кузнецов, 2004)



Полевые наблюдения СЛБО отличаются от стандартных сейсмических исследований и имеют следующие особенности (см. рисунок):

- на земной поверхности создается схема двухпозиционного локатора (с несовмещенными излучающей и приемной антеннами), состоящая из площадных систем излучения и приема, которые называются апертурами излучения (АИ) и приема (АП);

- для эффективного выделения рассеянных волн (на основе накапливания сейсмических сигналов) доводят число независимых наблюдений (сейсмических трасс) до $\sim 10^4$, для чего число элементов наблюдения (излучения или приема) в каждой апертуре составляет ~ 100 , располагающихся в пределах апертур относительно равномерно;

- для исключения влияния зеркально-отраженных волн на результаты изучения трещиноватости АП и АИ располагают за пределами площади исследования, реализуя боковой обзор геологической среды;

– для исключения других волн-помех (звуковые, низкоскоростные) создают такое взаимное расположение АИ и АП, при котором помехи либо не регистрируются в интервале полезного времени, либо интенсивно подавляются в процессе обработки за счет большого кинематического расхождения.

Обработка полевых материалов осуществляется в два этапа. На первом этапе выполняются стандартные сейсмические процедуры по повышению отношения сигнал/помеха и разрешающей способности сейсмической записи, учета расхождения сейсмического фронта и неоднородности условий приема и возбуждения сейсмических волн, расчета статических поправок, коррекции скоростной характеристики и т.п. На втором этапе выполняются специальные процедуры обработки, имитирующие одновременное излучение сейсмической волны из всех пунктов излучения АИ с фокусировкой суммарного излучения в заданную точку исследуемого геологического объема и одновременный прием рассеянных волн (РВ) в пунктах приема АП, сфокусированный на эту же точку (Шленкин и др., 1991). Данный способ суммирования, реализующий сопряженную фокусировку апертур излучения и приема в точках среды, при использовании бокового обзора позволяет эффективно выделять РВ и устранять влияние зеркально-отраженных волн за счет большой кратности суммирования, достигающей 10^4 и более. Осуществляя сопряженное фокусирование в различные точки исследуемого объема геологической среды, получают объемное распределение значений энергии РВ, образующейся в этих точках среды. Результатом обработки являются изображения трехмерного поля энергии рассеянных волн (ЭРВ) в виде вертикальных и горизонтальных срезов ЭРВ.

Эффективность использования СЛБО не только на поисково-разведочных площадях, но и на разрабатываемых месторождениях неоднократно подтверждена многими примерами, что обуславливает правомерность утверждения о возможности получения высоких и максимальных притоков нефти при наличии информации о трещиноватости.

Но необходимо отметить, что при всех преимуществах метод СЛБО обладает одним существенным недостатком, ограничивающим его применение – высокой стоимостью полевых работ. Отсюда возникает необходимость реализации методики бокового обзора применительно к стандартным, наблюдаемым данным метода общей средней точки.

Решением такой задачи может стать пересчет наблюдаемых трасс на удаленные точки профиля или площади при помощи оригинального алгоритма преобразования (Курашов, 2011) предложенного проф. В. И. Бондаревым для выделения рассеянного излучения в исходном сейсмическом волновом поле. Для этого исходная трасса разреза равного удаления трансформируется на область, лежащую на удалении, равном или превышающем удаление «источник-приемник» для данного разреза. Так достигается достаточно полное подавление зеркальных волн, связанных с первой зоной Френеля, и максимально полный учет объектов дифракции и рассеяния, лежащих за пределами рассматриваемой установки.

В результате использования предлагаемого метода обработки данных может быть получена возможность построения изображений, физический смысл и содержание которых будут эквивалентны или очень близки к срезам ЭРВ. Следовательно, нами будет получена возможность анализировать открытую трещиноватость геологической среды при помощи уже полученных данных, отказавшись от дорогостоящего этапа полевых наблюдений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяконов Б. П., Кузнецов О. Л., Файзуллин Ф. С., Чиркин И. А. и др. Способ сейсмической разведки горных пород: Изобретение № 2008697, приоритет от 22.04.1991.
2. Кузнецов О. Л. Сейсмический локатор бокового обзора: Геофизика / О. Л. Кузнецов [и др.] // Специальный выпуск к 40-летию ОАО «Тюменнефтегеофизика». – 2004. – С. 17-22.
3. Курашов И. А. Обнаружение зон повышенной трещиноватости по материалам стандартных сейсмических наблюдений / Курашов И. А. // Научные исследования и инновации. – Т. 5. – Пермь, 2011. – С. 15-17.
4. Построение сейсмического изображения на основе фокусирующих преобразований исходных записей / Шленкин С. И. [и др.] // Тезисы технической программы Международного геофизического симпозиума. – Киев, 1991. – С. 53-58.

УЧЕТ КРИОЛИТОЗОНЫ ПРИ ДЕТАЛЬНОМ СЕЙСМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

КОСТИНА В. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

1. Изучение любого геологического объекта начинается с построения априорной геологической модели, основанной на данных глубокого бурения. Сейсморазведочные работы призваны уточнить и дополнить эту модель за счет интерпретации данных в межскважинном пространстве. Очень важно получить качественный временной разрез.

2. Наибольшее влияние на качество построений сейсмического временного разреза оказывает верхняя часть разреза (ВЧР). Особенно это характерно для площадей Западной и Восточной Сибири, где эта проблема усугубляется наличием в ВЧР зон многолетнемерзлых пород, весьма изменчивых по глубине залегания, простиранию и мощности, чередующихся с зонами растепления.

3. Несмотря на обычные трудности учёта ВЧР, в этой проблеме имеют место еще два основных момента.

А). В последнее время нефтяные фирмы и соответственно сервисные сейсмические компании крайне редко проводят дополнительные сейсморазведочные работы по изучению строения ВЧР. Такой экономически обусловленный подход не позволяет получить достоверные данные об изменении скоростной характеристики среды в зоне малых скоростей, и, следовательно, создает значительные трудности расчета адекватных геологическому строению статических поправок.

Б). У многолетнемерзлых пород (ММП) более высокие скорости, чем в выше и ниже лежащих породах. Это приводит к преломлению лучей на кровле и подошве толщи ММП, что приводит к аномалиям времен прихода отраженных волн от целевых горизонтов. Решение проблемы устранения ложных аномалий поля времён – залог успеха для получения более достоверных сейсмических изображений при разведке любого месторождения.

4. Статические поправки разнообразны и разделяются на коротко- и длиннопериодные поправки. Значительно более сложным является точный учет статических поправок с большими периодами. Решение этой проблемы позволило бы более точно учесть влияния ВЧР при получении окончательного разреза. Однако стоит помнить о том, что необоснованные поправки могут привести и к деформации поля времён, и обратного пути уже не будет.

5. Наиболее распространённый подход к решению проблемы учета высокоскоростных неоднородностей в верхней части разреза – изучение положения самой верхней отражающей границы с помощью горизонтальных спектров скоростей, опираясь на данные глубокого бурения, с тем, чтобы в последующем заменить первый слой или несколько слоев на квазиоднородный участок среды.

6. В качестве одного из возможных инструментов учёта влияния ВЧР рассматривается технология интерактивного анализа коррекции статических поправок, реализованная в программном комплексе IST-3MP. В ней предлагается решение по локализации и расчёту длинно- и среднепериодных статических поправок.

7. Рассматриваются проблемы выбора опорного отражающего горизонта и особенности учета геологического строения верхней части геологического разреза при вводе и коррекции статических поправок.

8. Исходя из анализа литературы по данному вопросу, можно сделать следующий вывод. ВЧР оказывает значительное влияние на весь получаемый сейсмический временной разрез ОСТ. Поэтому важнейшей задачей при обработке стандартных сейсмических данных является определение верного положения именно самого верхнего горизонта, на рельеф которого и оказывает наибольшее влияние ВЧР.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ ВСП

ЗАЙДУЛЛИНА А. М.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Целью данного исследования является разработка алгоритма построения изображений околоскважинного пространства по данным ВСП.

Метод вертикального сейсмического профилирования, предложенный и развитый в СССР Е. И. Гальпериным более 40 лет назад, выдержал испытание временем. Ежегодно во всех нефтедобывающих странах во многих сотнях разведочных и промысловых скважин выполняются наблюдения во внутренних точках среды. (Г. Н. Гогоненков и А. А. Табаков, ОАО «ЦГЭ», г. Москва).

Этот метод околоскважинных и межскважинных исследований в сейморазведочном диапазоне частот для решения геологических, методических и технологических задач на всех этапах геологоразведочного процесса (Гальперин Е. И., 1971, Hardage В. А., 1985). При ВСП используются системы наблюдений, состоящие, по крайней мере, из двух элементов (источников и приемников упругих волн), один из которых размещается и перемещается в стволе скважины (как правило, приемник), а второй – на земной поверхности или в другой скважине (источник).

Метод вертикального сейсмического профилирования, позволивший экспериментально изучать процесс распространения сейсмических волн в реальных средах, используется как в скалярном, так и в векторном вариантах и способствует повышению геолого-экономической эффективности всего комплекса геолого-разведочных работ.

Для того, чтобы опробовать разрабатываемый алгоритм обработки данных, требуются модели синтетических сейсмограмм ВСП в программе MatLab7.0.1. Для этого использовались уравнения годографов прямых, отраженных и преломленных волн для сред при наличии или отсутствии отражающей границы, продольное или непродольное ВСП (НВСП).

Для построения синтетических сейсмограмм необходимы импульсы Берлаге и Риккера, для наложения сформированного импульса на сейсмограмму или временной разрез вдоль линии годографа с учетом коэффициентов отражения, преломления и снятого времени.

При описании реальных сейсмических сигналов, преимущественно головных волн, применяется формула, предложенная Берлаге

$$S(t) = \alpha_0 \cdot t^n \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin \omega_0 t, \quad (1)$$

где β – коэффициент поглощения; α_0 , ω_0 – амплитуда и видимая частота сигнала.

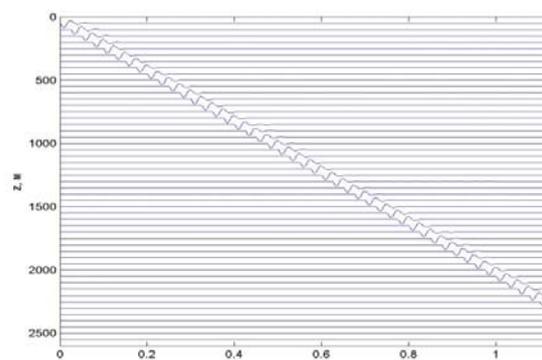
Импульс Берлаге относится к числу так называемых минимально-фазовых импульсов. Это означает, что сейсмическая энергия в таком импульсе сосредоточена в начальной части сигнала (В. И. Бондарев, С. М. Крылатков, 1998).

Для моделирования записей отраженных волн нуль-фазовым сигналом используют импульс Риккера

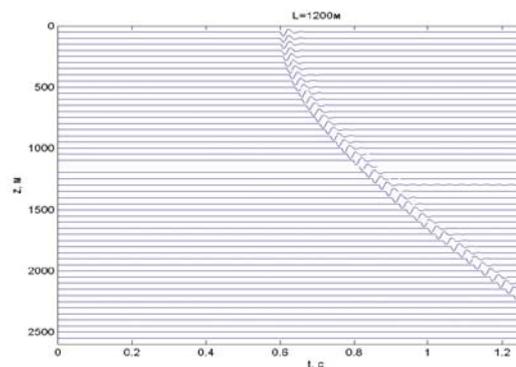
$$S(t) = \alpha_0 \cdot \left[1 - \frac{1}{2} (\omega_0 t)^2 \right] \cdot e^{\left[-\frac{1}{4} (\omega_0 t)^2 \right]}. \quad (2)$$

Для таких импульсов характерно сосредоточение максимальной энергии в центральных фазах сигнала. Такая форма сигнала наиболее подходит для моделирования отраженных волн, время вступления которых совпадает с центром импульса.

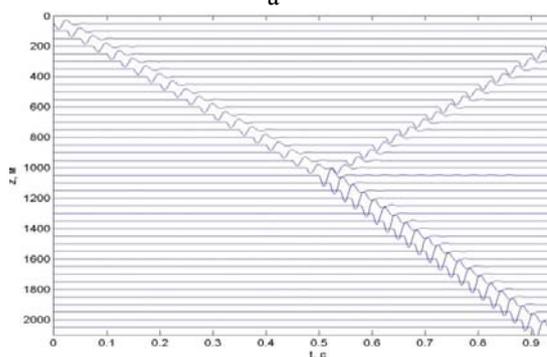
Были построены сейсмограммы для различных случаев (см. рисунок).



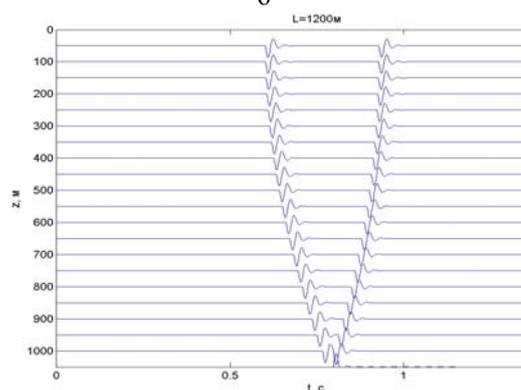
а



б



в



г

Сейсмограммы для случаев:

- а) однородная среда, источник вблизи устья скважины; б) однородная среда, удаленный источник возбуждения;
 в) одна горизонтальная отражающая граница, источник вблизи устья скважины; г) одна горизонтальная отражающая граница, удаленный источник возбуждения

Проведенные работы были направлены на дальнейшее опробование алгоритмов данных ВСП. Последующим этапом работ будет продолжение данной работы и разработка алгоритмов обработки данных ВСП, анализ новых способов получения дополнительной информации, опробование на моделях и на экспериментальных данных ВСП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В. И., Крылатков С. М. Исследование эффективности интерференционных систем приема в сейсморазведке. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998.
2. Сейсморазведка: справочник геофизика / Под редакцией В. П. Номоконова. Книга первая. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990.
3. Гальперинские чтения-2001: Состояние и перспективы развития метода ВСП.
4. Гальперин Е. И. Вертикальное сейсмическое профилирование: опыт и результаты. – М.: Наука, 1994.
5. Шевченко А. А. Скважинная сейсморазведка. – М.: Наука, 2002.

КОМБИНИРОВАНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ 3D И МЕТОДА ВСП

ПОЛЯКОВА А. Е.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время метод скважинных сейсмических наблюдений, называемый вертикальным сейсмическим профилированием (ВСП), играет ключевую роль в обеспечении работников нефтяной промышленности ценной информацией не только по геологии вблизи скважин, но и по физическим свойствам разреза. В комбинации с трехмерными наземными сейсмическими работами, выполняемыми вблизи скважины, используются такие модификации скважинных сейсмических исследований, как поляризационная модификация ВСП и непродольное вертикальное сейсмическое профилирование (НВСП). Для обработки и интерпретации полученных данных применяются специальные алгоритмы и системы, а также новейшие компьютерные технологии.

Комбинирование наземной 3D сейсморазведки и ВСП обладает следующими преимуществами:

- позволяет проводить изучение структурного строения вблизи буровой скважины;
- делает возможным увеличить разрешающую способность ВСП, повысить точность построения изображений, ослабить шум и пр.;
- позволяет обеспечить получение многокомпонентных записей различных типов волн (прямой, падающей, P -, S -, PP -, PS -отражений и т. д.);
- становится возможным определение важнейших петрофизических параметров в разрезе, таких как пористость, плотность, проницаемость, коэффициент Пуассона, отношение значений скоростей P - и S -волн;
- помогает изучить процессы трещинообразования, анизотропию и, наконец, оценить прогнозируемые запасы углеводородов;
- скважинное ВСП и поляризационное ВСП можно применить вместе с 3D наземной сейсморазведкой на действующих промыслах, имеющих сложную геологическую структуру и, следовательно, в условиях регистрации очень сложных волновых полей.

Эффективность метода поляризационного ВСП подтверждаются тем, что после выполнения обработки и интерпретация сейсмических данных получают глубинные или временные сейсмические разрезы, показывающие, что P -, S - и обменные волны связаны с соответствующими горизонтами. Благодаря этой важной информации, можно более уверенно выполнять обработку материалов детальной 3D сейсморазведки.

Кроме этого, данные ВСП можно использовать для уточнения и повышения достоверности результатов наземной, в том числе и 3D сейсморазведки, а также:

- более надежно определять значения истинных значений скоростей распространения волн;
- выполнять прогноз перспективности или неперспективности на наличие залежей нефти и газа участков разреза, коррекцию предшествующих оценок, мониторинговый объемный контроль и оценку гидродинамических процессов в продуктивных интервалах разреза при разработке залежей УВ, особенно при изучении карбонатных объектов.

Недостатками технологии ВСП следует считать:

- невозможность получения и использования сведений об изменчивости скорости по латерали;
- относительно невысокую и переменную по разрезу кратность наблюдений отражающих границ;
- ограниченные возможности получения изображения геологического разреза вблизи устья скважины и ниже забоя;
- привязка получаемых разрезов к глубине, а не ко времени отражения создает сложности увязки данных ВСП и наземных сейсморазведочных работ;
- сложность геометрической привязки получаемых разрезов при наличии криволинейности скважинного ствола.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ОПИСЫВАЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

БЕРЗИН Т. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Если в некоторой точке пространства произвести взрыв (удар), то возникает упругая волна, скорость распространения которой зависит от упругих свойств среды. При прохождении волны частицы породы начинают колебаться. Поверхность, отделяющая область, где частицы колеблются под воздействием упругой волны, и невозмущенную область, куда волна еще не пришла, называется фронтом волны. Линии, перпендикулярные фронту, называются сейсмическими лучами. Вдоль лучей переносится энергия упругой волны. Вблизи источника фронт упругих волн сферический, а вдалеке – практически плоский.

В упругом импульсе наблюдается суперпозиция (сложение) монохроматических волн.

Процесс распространения сейсмических волн подчиняется ряду важных для теории и практики принципов.

Согласно принципу Ферма, форма сейсмического луча должна совпадать с формой траектории (пути), время пробега волны вдоль которой из одной точки среды в другую минимально. В однородных изотропных средах соблюдение принципа Ферма требует, чтобы сейсмические лучи были прямыми линиями. В неоднородных средах, т. е. в средах, упругие модули которых зависят от координат пространства, в соответствии с этим принципом форма сейсмических лучей существенно усложняется, поскольку они становятся криволинейными.

На основе принципа Ферма можно объяснить распространение отраженных и преломленных волн, решать прямые задачи сейсморазведки. Принцип Ферма в математической форме сводится к выражению времени распространения волны с помощью криволинейного интеграла. Далее для определения времени распространения волны из одной точки среды в другую решается задача минимизации этого интеграла, т. е. задача вариационного исчисления.

С принципом Ферма тесно связан принцип взаимности, который в кинематической трактовке утверждает, что в однородных средах время распространения монотипной волны из одной точки в другую не изменится, если поменять местами источник и приемник. В соответствии с принципом Гюйгенса, вдали от источников характер колебания в точке наблюдения является суммой колебаний, создаваемых точечными источниками, находящимися на поверхности фронта. Этот принцип в его простейшей форме можно использовать для определения положения фронтов волны в среде для разных моментов времени.

Принцип Гюйгенса является фундаментом для группы методов, условно называемых методом полей времен. Этот метод позволяет сравнительно просто решать ряд прямых и обратных задач сейсморазведки, и достаточно широко применяется при интерпретации сейсмических волновых полей.

Принцип Гюйгенса положен в основу многих современных технологий и методик обработки наблюдаемого при сейсмических исследованиях волнового поля. Он является базой для миграционных преобразований, способов изучения рассеянных и дифрагированных волн, выполнения численного моделирования сейсмических волновых полей.

Также важен принцип суперпозиции, согласно которому при наложении (интерференции) нескольких упругих волн их распространение можно изучать по отдельности для каждой волны, пренебрегая влиянием волн друг на друга. Принцип суперпозиции возможен только в средах, где имеет место закон Гука – закон, утверждающий линейную зависимость между напряжениями и деформациями в упругой волне.

На основе принципа суперпозиции можно независимо рассматривать составляющие волнового поля, обусловленные волнами различных типов, т. е. выполнять так называемую декомпозицию волнового поля, спектральные разложения и т. п.

ЗОНЫ ФРЕНЕЛЯ

МЕЗЕНИН Д. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Зоны Френеля – участки, на которые разбивается волновая поверхность при рассмотрении дифракционных волн. Зоны Френеля выбираются так, чтобы удаление каждой следующей зоны от точки наблюдения было на половину длины волны больше, чем удаление предыдущей зоны от той же точки. Впервые этот метод применил О. Френель в 1815 году. Комплексная амплитуда волны в точке наблюдения P , создаваемая источником монохроматической электромагнитной волны в точке O , может быть найдена как суперпозиция комплексных амплитуд сферических волн, испускаемых вторичными источниками на произвольной замкнутой поверхности S . Пусть S – сферическая поверхность радиуса R с центром в точке O . Тогда поле $E(P)$ в точке наблюдения P можно представить суммой полей $dE(P)$, доставляемых электромагнитной волной от бесконечного множества шаровых сегментов dS (рис. 1): $E(P) = \int_S dE(P)$.

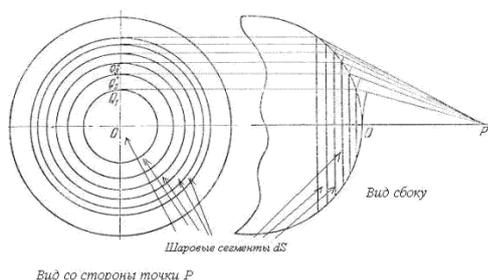


Рис. 1. Сумма полей $dE(P)$

Рассмотрим механизм формирования значения поля $E(P)$ последовательно, начиная от центрального шарового сегмента, центр которого пересекается прямой, соединяющей точки O и P (рис. 1). На рис. 2, а показано в виде комплексного вектора значение $E(P)$, соответствующее такой части поверхности S , когда малые шаровые сегменты создают в точке наблюдения поле, фаза которого отличается на 180° от фазы волны центрального сегмента.

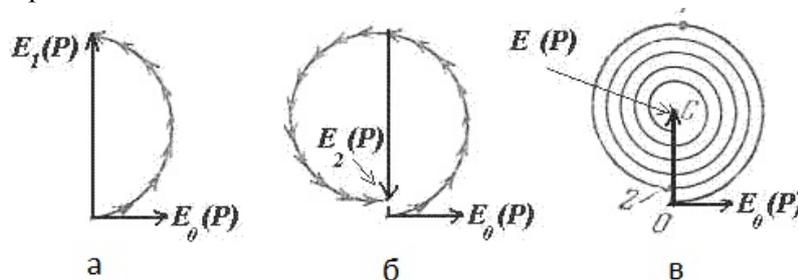


Рис. 2. Голограф поля источника $E(P)$

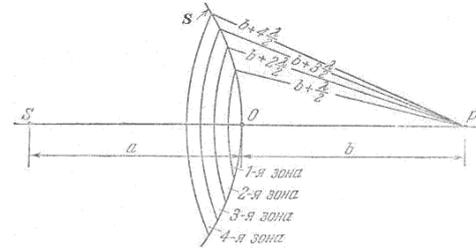
Рассмотренная часть поверхности S волнового фронта получила название первой зоны Френеля. Границей, отделяющей первую зону Френеля от остальной части поверхности волнового фронта S , является окружность, в каждой точке которой фаза волн, приходящих в точку наблюдения P , отличается на 180° от фазы волны центрального сегмента.

Если подвергнуть поверхность S дальнейшему разбиению на зоны, то получим вторую зону Френеля (рис. 3), граничащую с первой зоной и отделённую от остальной части поверхности S окружностью, в каждой точке которой фаза волн, приходящих в точку наблюдения P , отличается на 180° от фазы волн от границы с первой зоной Френеля. Можно заметить, что волны от второй зоны Френеля уменьшают комплексную амплитуду волн, создаваемых первой зоной Френеля, ввиду их противофазного сложения. В первом приближении, если не учитывать убывание амплитуды сферических волн обратно пропорционально расстоянию, сумма волн от первой и второй зон Френеля равна нулю. Но на самом деле, сумма волн, создаваемых первой и второй зонами Френеля, хотя и имеет малую

величину, но не равна нулю. Поэтому характер годографа волн, создаваемых первой и второй зонами Френеля, в пределе представляет часть некоторой спирали (рис. 2, б).

Аналогичным образом, продолжая разбиение поверхности S на зоны, т. е. рассматривая третью, четвёртую и т.д. зоны Френеля (рис. 3), получим, что соседние чётные и нечётные зоны Френеля ослабляют поля, создаваемые каждой, и вместе образуют годограф, определяющий в пределе величину поля источника $E(P)$ в точке наблюдения, в виде некоторой спирали (рис. 2, в).

Рис. 3. Разбиение поверхности S



Границам зон Френеля на спирали соответствуют диаметрально противоположные точки её витков (рис. 2, в), каждой из которых соответствуют определяющие её границы радиус на поверхности S . Так, граница m -й зоны Френеля ($m=1, 2, \dots$) отстоит от прямой OP (рис. 3) на расстоянии r_m , называемом радиусом m -й зоны Френеля. Найдём радиус m -ой зоны Френеля. Как следует из геометрических соображений (рис. 4)

$$r_m = \sqrt{m\lambda \frac{ab}{a+b}}.$$

Характерной особенностью спирали (рис. 2, в) является положение фокуса этой кривой, на который она «наматывается» при бесконечно большом числе зон Френеля. Покажем, что фокус располагается в центре полуокружности первого витка спирали (рис. 2, в), т. е. величина поля, создаваемого первой зоной Френеля, в два раза больше величины поля, создаваемой источником O в точке наблюдения P .

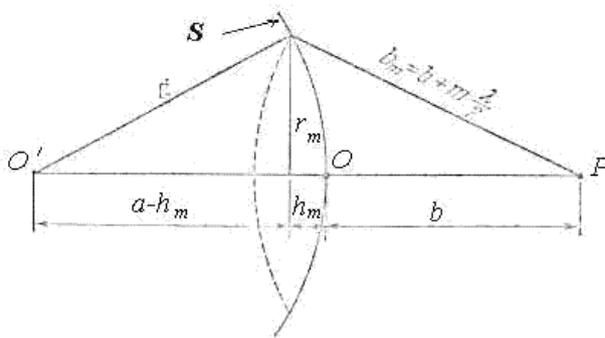


Рис. 4. Определение радиуса зоны Френеля

Действительно, пусть E_1, E_2 – комплексные амплитуды, создаваемые первой, второй и т.д. зонами Френеля. Тогда искомая комплексная амплитуда в

точке $E(P)$ для любого $m > 1 \Rightarrow E_m = 0,5(E_{m+1} + E_{m-1})$, тогда из этого выражения получим $E(P) = 0,5E_1$

Учитывая, что интенсивность волны пропорциональна квадрату модуля электромагнитных векторов, можно заключить, что интенсивность поля I_1 , создаваемого первой зоной Френеля, в четыре раза больше интенсивности волны источника I_0 в точке наблюдения, создаваемой всеми вторичными источниками на поверхности S : $I_1 = 4I_0$

Четырёхкратное уменьшение интенсивности волны, создаваемой первой зоной Френеля, по отношению к интенсивности волны, создаваемой источником в точке наблюдения, связано с упомянутым выше противофазным вычитанием волн от различных зон Френеля на поверхности волнового фронта.

Разбиение волнового фронта электромагнитной волны на зоны Френеля широко используется для решения различных оптических задач, при изучении распространения радио- и звуковых волн для определения эффективной трассы «луча», идущего от передатчика к приёмнику; для выяснения того, будут ли при данных условиях играть роль дифракционные явления; для ориентировки в вопросах о направленности излучения, фокусировке волн и т. п.

ПОСТАНОВКА МНОГОВОЛНОВОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

ПЬЯНКОВ А. А.

ООО «Геология резервуара»

Главной особенностью комбинирования продольных, поперечных и обменных волн является получение новой информации, изучение явлений анизотропии скоростей более полно. Используя продольные волны совместно с поперечными, появилась возможность более корректно вычислить пластовые значения коэффициента Пуассона и выявить отчетливую связь последнего с нефтегазоносностью разреза. При картировании кристаллического фундамента под осадочными породами путем комбинирования волн различных типов убедительно показана более высокая точность выделения блоков небольших размеров, в том числе с малой амплитудой вертикальных подвижек.

Для регистрации поперечных и обменных волн необходимо использовать трехкомпонентные приемники сейсмических колебаний. Применение трехкомпонентных приемников (акселерометров) позволяет отказаться от группирования, а значит, повысить качество сейсмической записи, а главное – увеличить разрешающую способность путем повышения средних частот целевых отражений. Кроме того, используя специальные приемы заглубления приемников, можно улучшить соприкосновение приемника с грунтом, а значит, сократить влияние случайных помех. Для борьбы с поверхностными волнами следует проводить лучшую укупорку заряда и, в свою очередь, увеличить глубину заложения ВВ.

Данные ВСП неоднократно подтверждают, что на сейсмической записи присутствуют падающие поперечные волны, а главное – их отражения (рис. 1, 2), отсюда можно сделать предположение о том, что при использовании трехкомпонентных приемников на поверхности появляется возможность их выделить, совместно с обменными волнами, и постараться построить сейсмический разрез по отраженным поперечным волнам.

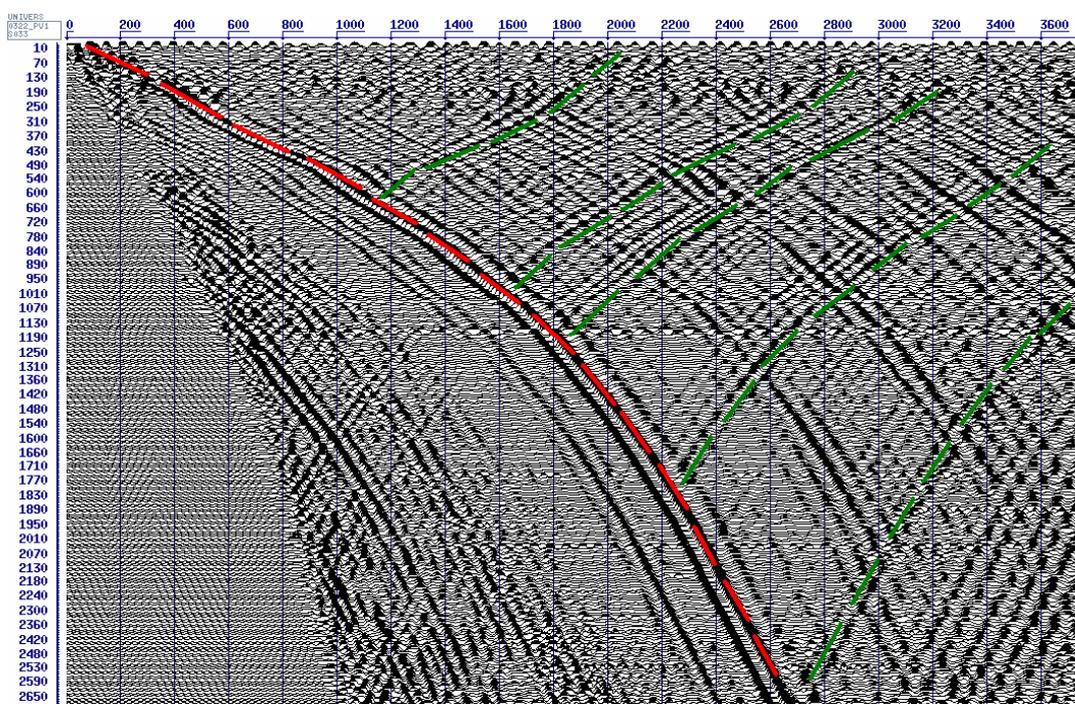


Рис. 1. Сейсмограмма ВСП: X-компонента с четко выраженной падающей поперечной волной и её отражения (Западная Сибирь)

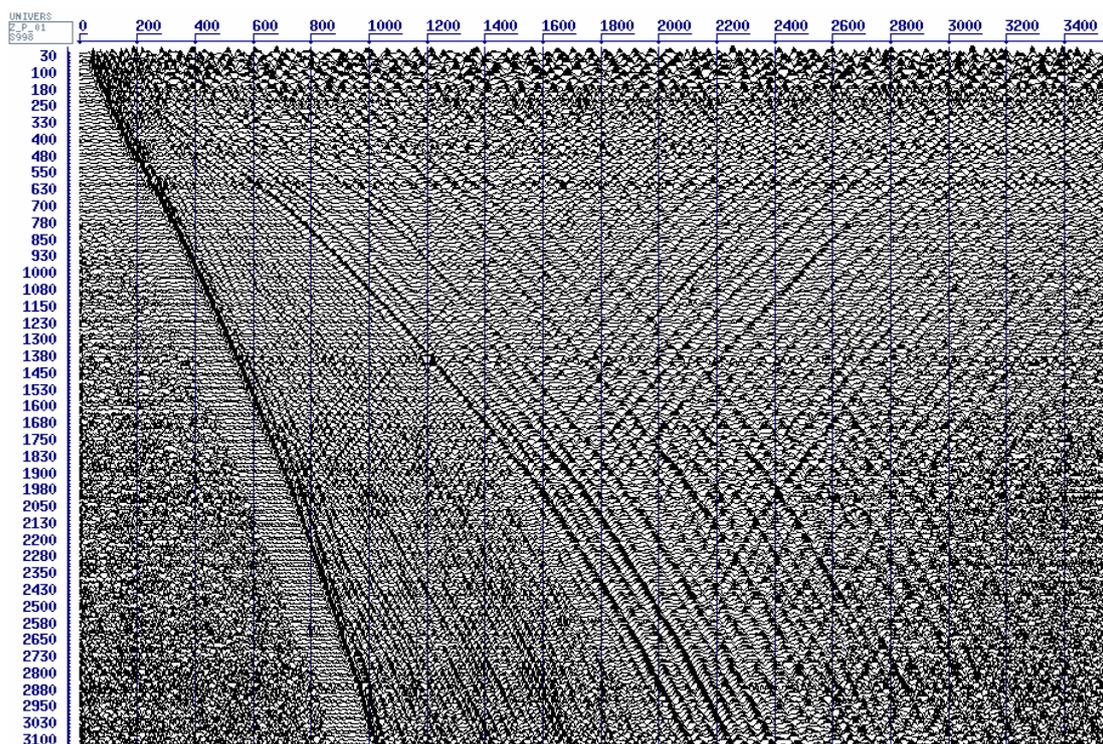


Рис. 2. Сейсмограмма ВСП: X-компонента с четко выраженной падающей поперечной волной и её отражения (Восточная Сибирь)

Опытные работы данного типа выполнялись в условиях Восточной Сибири и показали, что использование многоволновой сейсморазведки на территории Восточной Сибири имеет ряд преимуществ:

- крутизна годографов поперечных волн значительно ниже продольных, что позволяет точнее рассчитать скорости;
- отказ от группирования позволяет повысить частоту сейсмического материала;
- глубинный разрез по поперечным волнам более разрешенный;
- ввиду сложностей рельефа использование сейсморазведки 2D 3C там, где невозможно проведение объемных работ, позволяет получить дополнительную информацию для анализа волновой картины.

Комплексирование волн разных типов дает больше информации об изучаемой толще, а значит, при правильной интерпретации повышает качество прогнозов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ УПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ В AVO-АНАЛИЗЕ

ФЕОКТИСТОВА О. В.
ООО «Геология резервуара»

Экспериментально наблюдаемая зависимость амплитуды отраженной волны от расстояния «источник – сейсмоприемник» и возможность выполнения на этой основе прогноза литологии горных пород и характера их флюидонасыщенности породили в конце прошлого века интерес к созданию на этой основе специальной промышленной технологии обработки сейсмических данных – AVO-анализа.

К этому времени в сейсморазведке уже имелось достаточно много практических примеров, когда по результатам работ в ряде геологических провинций удавалось успешно использовать зависимость изменения амплитуды сейсмического сигнала отраженной волны в качестве инструмента как для идентификации литологии пород разреза, так и для непосредственного обнаружения углеводородов в разрезе. Однако четкие амплитудные аномалии в методе ОСТ встречаются относительно редко. Это объясняется тем, что амплитуда каждой суммотрассы временного разреза представляет собой результат осреднения амплитуд волн, полученных при различных удалениях «источник – приемник». Поэтому извлечение информации об истинном характере зависимости амплитуд упругих волн от удаления в методе ОСТ требует специальных способов анализа сейсмических данных. Получение таких данных стало возможно только с применением цифровой регистрации в сейсморазведке.

Основу AVO-анализа составили количественные параметры, извлекаемые из сейсмических записей при анализе зависимости амплитуды от удаления источник-приемник. Они получили название AVO-атрибутов. В настоящее время применяемые в AVO анализе атрибуты можно представить в виде 3-х групп: параметры AVO (коэффициент отражения для нормального падения, пересечение A и градиент B , флюид-фактор); петрофизические параметры (V_p , V_s , V_p/V_s , коэффициент Пуассона, импедансы I_p , I_s); фундаментальные упругие параметры (модуль всестороннего сжатия K и константы Ламэ λ и μ).

На основании наблюдающихся в последние годы исследований поведения сейсмических амплитуд для определения УВ можно выделить такой осложняющий фактор, как зависимость и коррелируемость используемых в анализе параметров первой и второй групп и их комбинаций.

Существенный прирост информации может обеспечить переход к использованию независимых друг от друга фундаментальных упругих параметров третьей группы. Определение параметров третьей группы по реальным данным и использование их при построении синтетических моделей позволяет выявить слабые изменения в свойствах пород и улучшить прогнозирование УВ*.

Константы Ламэ можно извлечь из параметров как первой, так и второй групп AVO-атрибутов. Использование этих соотношений дает возможность расчета независимых друг от друга констант и из данных полноволнового каротажа (ШАК), и из сейсмических площадных данных, и из данных скважинной сейсморазведки.

Построение синтетических моделей на основе атрибутов, рассчитанных из констант третьей группы, направленное на идентификацию и калибровку AVO-аномалий в целевом интервале, позволит оценить влияние осложняющих моделирование факторов, таких, как изменение формы и амплитуды импульса, обусловленное отражением не от одиночных границ, а от пачек тонких слоев при проведении площадных сейсмических исследований.

* Воскресенский Ю. Н. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов. – М: Изд-во РГУНГ, 2001. – 120 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ SASW И MASW В ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

КРЫЛЕВСКАЯ Т. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

При изучении малых глубин обычно используется сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), которая позволяет получать скоростной разрез и преломляющие границы вдоль исследуемого профиля. Обычно используются только продольные сейсмические волны, лишь изредка привлекаются поперечные и обменные волны, что требует существенного изменения методики наблюдений со снижением производительности работ. В начале 1980-х был представлен (Nazarian et al., 1983) метод изучения скоростей поперечных волн, основанный на анализе дисперсионных характеристик поверхностных волн (волн Лява и Рэлея). Данный метод, названный как SASW (Spectral Analysis of Surface Waves – Спектральный Анализ Поверхностных Волн), включает в себя три этапа:

- проведение полевых измерений, позволяющих получить записи поверхностных волн;
- извлечение из полученных записей дисперсионных кривых (зависимостей фазовой или групповой скорости от частоты);
- определение распределений скоростей поперечных волн в среде, имеющих дисперсионные кривые (восстановление разреза).

Для корректной работы метода место установки сейсмоприемников должно соответствовать модели горизонтально-слоистой среды. Также желательно, чтобы на записях поверхностные волны преобладали над объемными. По этой причине пункт возбуждения целесообразно выбирать как можно дальше от расстановки сейсмоприемников. Измерения повторяются для различных азимутов расположения пункта возбуждения относительно расстановки и для различных размеров расстановки. Для обеспечения большей глубинности исследований выбираются низкочастотные сейсмоприемники.

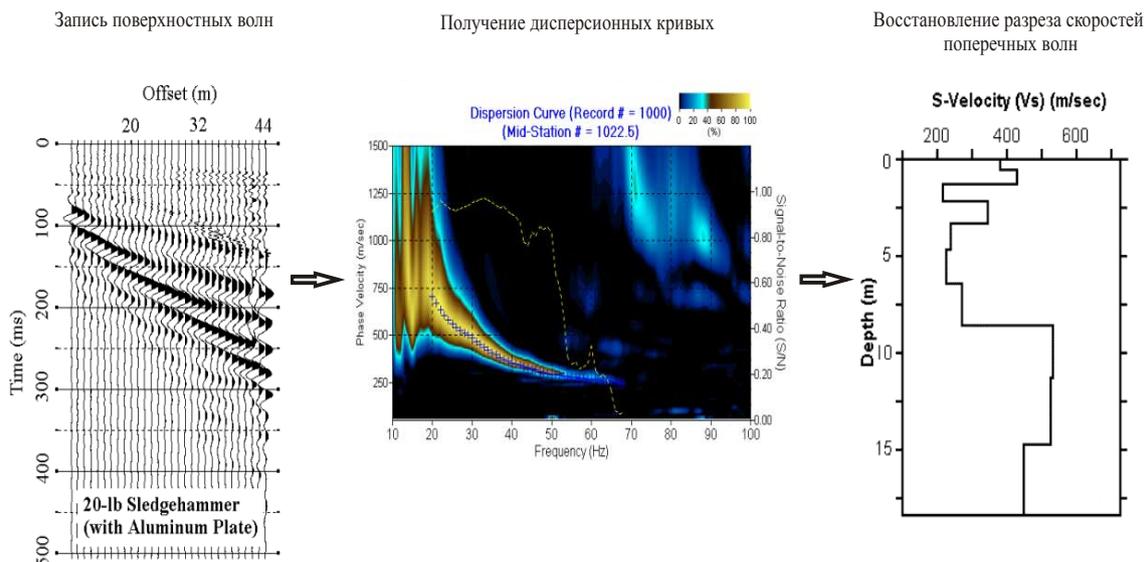
Сигналы от основного источника (падающий груз) часто бывают осложнены колебаниями, вызванными различными сторонними источниками (транспорт, механизмы). Повышению уровня сигнала относительно помех способствует проведение процедуры суммирования, использующей высокую степень подобия сигналов от различных возбуждений из одной серии (при постоянном положении источника и сейсмоприемников).

Полученный на этапе суммирования сигнал используется для расчета дисперсионной кривой фазовой скорости. Для этого в спектральной области рассчитываются фазовые сдвиги между сигналами на разных каналах. Поскольку геометрия расстановки и азимут на источник известны (фиксируются на этапе проведения измерений), то для каждой частоты по методу наименьших квадратов можно рассчитать фазовую скорость.

Восстановление распределения поперечных волн в среде основано на способе Маркардта решения нелинейных обратных задач (Маловичко, 2002). Инвертирование данных производится с учетом заданного значения коэффициента Пуассона или с использованием значений параметров плотности и скорости, полученных другими методами (например, скорость продольных волн может быть определена методом преломленных волн).

Для обработки данных SASW в Геологической службе Канзаса (KGS) разработан специализированный пакет программ SURFSEIS (см. рисунок).

В настоящее время существует довольно много модификаций метода SASW, различающихся типом исследуемых волн (основная гармоника волн Рэлея, высшие гармоники), режимом проведения наблюдений (активный, пассивный) и частотным диапазоном измерений.



Расчет дисперсионной кривой и её трансформация в вертикальный профиль скоростей поперечных волн для одной из сейсмограмм, программ SURFSEIS (KGS-геологическая служба Канзаса)

Шагом вперед представляет собой метод MASW (Multi-channel analysis of surface wave – многоканальный анализ поверхностных волн). Он производится посредством многократных перекрытий, что позволяет увеличить производительность и качество работ.

На основании проведенных работ ряда российских геологоразведочных компаний, учитывая достоверность полученных разрезов и сравнительно низкую стоимость проведения, было сделано заключение о перспективности методов SASW и MASW.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., and Ivanov, J., 2000, Multichannel seismic surface-wave methods for geotechnical applications: Geophysics 2000, FHWA and MoDOT Special Publication.
2. Маловичко Д. А. Изучение скоростей поперечных волн в верхней части разреза по поверхностным волнам. – Пермь: Горное эхо, № 1, 2007.
3. Маловичко Д. А. Восстановление скоростного разреза по поверхностным волнам // Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2001 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2002. – С. 33-37.
4. Ковин О. Н., Андерсон Н., Титимаков Т. 2-D многоканальный анализ поверхностных волн – эффективный метод изучения скоростей верхней части разреза. – Пермь: Горное эхо, №3, 2005.
5. Nazarian, S., Stokoe II, K.H., and Hudson, W.R., 1983, Use of spectral analysis of surface waves method for determination of moduli and thicknesses of pavement systems: Transportation Research Record No. 930, p. 38–45.
6. Давыдов В. А. Применение малоглубинной сейсморазведки для изучения подработанных территорий // Известия вузов. Горный журнал. – № 4. – 2010.

БЕСКАБЕЛЬНАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СЕЙМОРЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА SCOUT

ХУДЯКОВ Д. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В связи с растущим спросом на многоканальные сейсмические съемки компания СКБ СП расширила линейку наземного сейсморегистрирующего оборудования новой бескабельной системой SCOUT (СКАУТ). Благодаря полному отсутствию кабелей и малому весу оборудования, геофизические отряды могут проводить сейсмические съемки в труднодоступных, экологически чувствительных местах, а также в условиях городской застройки.

Полевые блоки SCOUT снабжены высокоточным GPS приемником и встроенной батаереей питания повышенной емкости, которая обеспечивает непрерывную запись в течение 25 суток при 12 часовом рабочем дне.

Для экономии энергии встроенной батареи, была разработана технология бесконтактного включения/выключения питания. Для того чтобы включить питание, необходимо всего лишь поднести магнит к корпусу полевого блока. Отсутствие кнопок делает полевой модуль более герметичным и менее чувствительным к воздействию окружающей среды.

Wi-Fi модули, встроенные в каждый полевой блок, позволяют с легкостью скачивать записанную информацию из блоков на любой компьютер, оснащенный Wi-Fi. Скачивание данных ведется сразу с нескольких блоков, находящихся в зоне действия беспроводной сети, что существенно экономит временные затраты.

Полевой модуль спроектирован для записи сейсмоданных без использования кабелей и радиоканала. Автономный полевой блок включает в себя 1 канал с 24-х разрядной оцифровкой, встроенный высокочувствительный GPS-приемник, тактовый генератор, встроенный генератор тест-сигналов, энергонезависимую память емкостью до 32 Гбайт и высокоскоростной порт для передачи данных. При потере сигнала GPS тактовый генератор может сохранять точное время в течение 2-х часов.

Полевой блок имеет герметичный корпус, на котором имеются разъемы для подключения геофона, присоединения блока внешнего аккумулятора большой емкости и съема записанной информации.

SCOUT может выполнять тестирование работоспособности цепей сейсмического канала и геофонов. Пользователь может на свой выбор задать программу тестирования – частичную или полную. По желанию пользователя можно вывести либо все результаты тестирования, либо только данные о неполадках. Собираемые и используемые для анализа данные записываются во флэш-память полевого блока. При проведении тестов программа автоматически управляет последовательностью выполнения тестов и параметрами генератора тест-сигналов. Все тесты проводятся с использованием текущих заданных значений частоты дискретизации и коэффициента усиления предварительного усилителя.

Отличительные особенности:

- 24-х разрядная оцифровка сейсмических сигналов;
- Встроенные GPS и синхронизируемые часы;
- Встроенный генератор тест-сигналов с высоким разрешением;
- Флэш-память;
- Возможность неограниченного наращивания канальности системы;
- Непрерывная запись в течение 25 суток (при 12 часовом рабочем дне);
- Совместимость с взрывными, вибрационными и другими импульсными источниками возбуждения сейсмических колебаний.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВУЛКАНОВ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНОЙ ПЕЧАТИ)

РОМАНОВ Р. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Исследование вулканов геофизическими методами в наше время приобретает все большее значение, достаточно упомянуть мартовские события 2011 года. В России находится 27 действующих вулканов и несколько десятков потухших в недавнем прошлом. Активно изучением вулканов занимаются Япония, Италия, Исландия, Новая Зеландия, Индия, Филиппины, США и др.

Работа выполнена по материалам публикаций в журналах: «Physics of the Earth and planetary interiors», «Journal of volcanology and geothermal research», «Earth planet space», «Research communication», «Earth and planetary science letters», «Annals of geophysics», «Geosphere», «Nature», «Pure and applied geophysics», «Journal of geophysical research» за 1998-2009 годы.

Геофизические работы проводились на вулканах Этна, Везувий, Изу-Ошима, Акига-Якеяма, Апуада, Асама, Баррен, на вулканах Канарских островов, Пукаки, Пукеверики, Домайн и Ваитомокиа, Питон-де-ла-Фурнез, Хаконе, вулканы северных Гавайских островов, Узен, Таал, Фернандина, Сьерра Негра и др.

Для изучения вулканов применяются гидромагнитная, аэромагнитная и наземная магнитная съемки с высокоточными протонными и квантовыми магнитометрами в масштабе 1:1000 и мельче. Интенсивность регистрируемых магнитных аномалий сотни – первые тысячи нТл. Например, аэромагнитная съемка применялась при изучении Везувия. Съемка происходила с борта вертолета с помощью квантового магнитометра, GPS станции, лазерного высотометра и компьютера. По результатам аэромагнитной съемки в районе вулкана была установлена сильная магнитная аномалия вытянутой эллиптической формы. По результатам исследований было получено, что максимумы горизонтальных магнитных аномалий расположены южнее вулкана и совпадают с краем кальдеры. По данным исследований установлено, что дипольная аномалия вытянута на юг, за край кальдеры. В прилегающих областях были найдены магнитные аномалии небольших источников (Валери Паолетти, Роберт Суппер, Масимо Чиापани и др., 2005).

Для исследования вулканов применяется детальная высокоточная гравиразведка. Для гравиразведочных работ использовался гравиметр CG-5. Гравиразведка использовалась при изучении мааровых вулканов на Филиппинских островах для изучения количества, формы и строения мааровых вулканов, особенно внутреннего строения (даек или трубок взрыва). Исследование проводилось на 4 вулканах: Пукаки, Пукеверики, Домайн и Ваитомокиа (Джон Каседи, Шон Франс и др., 2007 г.).

Электромагнитные исследования вулкана Питон-де-ла-Фурнез проводятся французскими геофизиками.

Исследование направлено на две основные цели:

- 1) Лучшее понимание структуры вулкана как гидротермальной системы;
- 2) Сущность излучения магнитных, электрических и ЭМ сигналов.

На вулкане существует сеть ЭМ, электрическая и магнитная сети наблюдения.

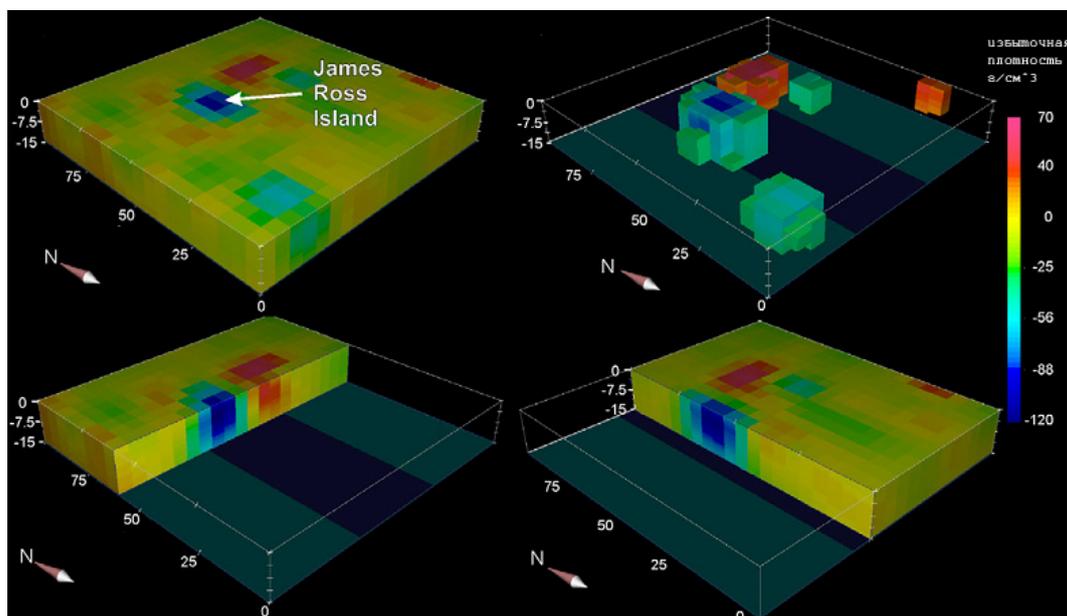
В ходе исследований была найдена интенсивная аномалия в районе кальдеры, амплитудой 1,8 В, которую связывают с течением подземных флюидов. Также установлено что амплитуды и расположение аномалий меняется со временем (Мэтью Ламбер, Джон-Франко Лена и др., 2009).

Наиболее эффективным способом изучения вулканической деятельности является мониторинг физических полей, т. е. повторные съемки по профилям, близким к вулкану, до и после извержения. При обработке данных геофизических измерений в вулканических областях применяются современные методы гравиразведки. В 2009 году проходила

аэрогравиметрическая съемка вулканов Антарктики. Съемка проходила с борта самолета, в Антарктиде, в районе острова Джеймса Росса и одного из крупнейших вулканов Антарктики, Хаддингтона. Объем работ составил 3500 погонных километров. Не всегда можно полностью полагаться на данные аэрогравиметрической съемки. Во время полета может меняться высота, из-за этого наблюдаются резкие скачки ускорения свободного падения. Съемка проходила на высотах 1050, 1500, 1950, 2050 и 2500 м с помощью ZLS-модифицированного «LaCost and Romberg» модели S аэро-морского гравиметра. Для привязки использовалась GPS система «Ashtech» Z12. На 118 точках была обнаружена аномалия 2,9 мГал.

После проведения съемочных работ по данным местности высчитали поправку Буге, а также составили карту аномалий гравитационного поля с поправкой Буге. В поправку Буге были включены как предполагаемые плотности пород, так и плотности льда и воды. По профилю съемки была обнаружена аномалия -44 мГал, интенсивность гравитационного поля после введения поправки Буге приняла значение -26 мГал.

После расчетов поправок и интерпретации полученных результатов была построена 3-D модель плотностной структуры рассматриваемой области (см. рисунок).



Показана 3-D модель плотностной структуры рассматриваемой области, в т. ч. два разреза, а также выделены структуры с аномальными плотностями

По мнению авторов статьи, отрицательная аномалия образована низкоплотным кристаллическим телом (Т. А. Джордан, М. Гиделла, 2009).

Таким образом, мы видим, что современные методы геофизики широко распространены в изучении вулканов.

РАСЧЕТ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МЕТОДА ЗАРЯДА

КОРОБЕЙНИКОВ А. Ю.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Метод заряда – один из старейших электроразведочных методов, применяющийся в рудной геофизике, как при изучении известного оруденения, так и при поисках новых объектов.

Вначале интерпретация результатов метода заряда сводилась к качественному анализу плана эквипотенциальных линий, а также графиков потенциала и его градиента по характерным направлениям. Для более точного определения строения изучаемых месторождений стали применять способ подбора, сначала путем моделирования, а с появлением компьютеров аналитическим путем. В этот же период стали использовать трансформации электрического поля – вычисление аномального потенциала, локального потенциала, кажущегося сопротивления. В последнем случае ρ_k определялось через потенциал по формуле для двухэлектродной установки.

Способ анализа результатов метода заряда путем вычисления аномального потенциала U_a наиболее полно рассмотрен В. М. Сапожниковым [2].

Способ локального потенциала, предложенный башкирскими геофизиками, по своему принципу не отличается от выделения локальных аномалий в гравиразведке [1].

Ранее нами был предложен способ представления результатов метода заряда в виде кажущегося сопротивления, вычисленного через разность потенциалов, измеренную по направлению поля. Направление электрического поля можно определять как нормаль к изолиниям потенциала.

Для расчета кажущегося сопротивления по результатам измерения потенциала по профилям был предложен алгоритм, по которому может быть создана компьютерная программа.

1) Для некоторой выбранной точки наблюдения M отыскиваются ближайшие определенные точки N (рис. 1).

2) Рассчитываются разности потенциалов ΔU и расстояния между ними L .

3) Рассчитывается для каждого случая градиент потенциала $\Delta U/L$ и выбирается два его максимальных значения (в приведенном примере MN_2 и MN_4).

4) Путем линейной интерполяции находится потенциал между этими точками (в точке N_5) и определяется разность потенциалов между точками M и N_5 . В случае необходимости можно продолжить интерполяцию.

5) Определяется расстояние между точками M и N (в нашем случае M и N_5), рассчитывается коэффициент установки и кажущееся сопротивление для трехэлектродной установки.

Такая программа позволит снять трудоемкие процедуры, связанные с вычислением кажущегося сопротивления, сделает равномерной сеть расчетных точек и повысит точность определения ρ_k . Однако при написании программы следует учитывать тот фактор, что реальные наблюдения производятся по не идеальной сети, шероховатости связаны с топографической обстановкой на местности. Поэтому для начала сеть нужно привести к идеальной (прямоугольной или квадратной) путем описания измеренного поля различными математическими функциями. Для описания измеренных полей можно воспользоваться кубическим многочленом или кубическим сплайном.

Данный алгоритм реализован в геоинформационной системе Golden Software Surfer производства американской фирмы Golden Software. Представленный пакет имеет возможность приведения измеренного поля к густой равномерной сети, путем задания определенной функции описания [3].

Прежде всего для работы с Surfer необходимо создать файл содержащий X , Y , Z (U) данные с расширением dat. После создаем сеточный файл. Строим векторную карту. Находим

координаты начала и концов векторов наибольшего уменьшения функции. Восстанавливаем значения потенциала для координат начала и конца векторов. Рассчитываем ρ_k . Пример вычисления ρ_k в среде Surfer приведен на рисунке.

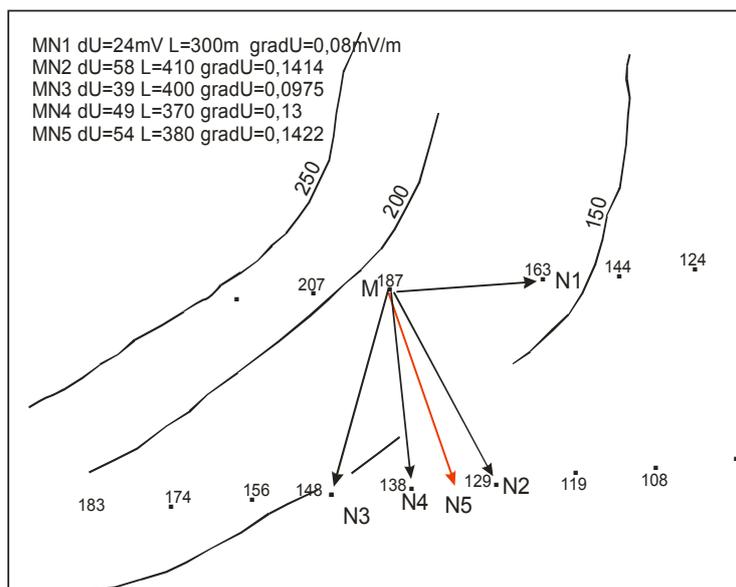


Рис. 1. Пример алгоритма расчета кажущегося сопротивления

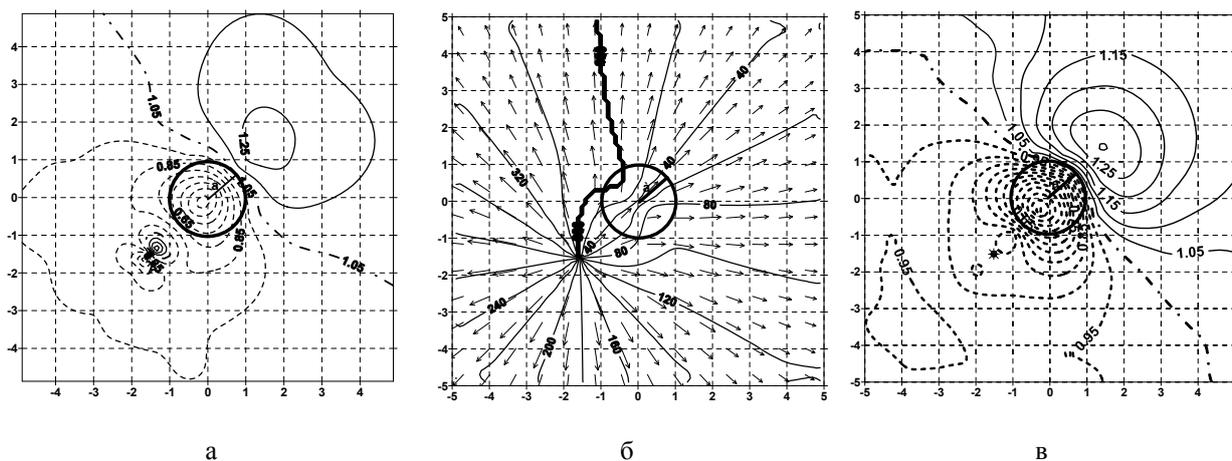


Рис. 2. Пример расчета кажущегося сопротивления для шара:

а – план кажущегося сопротивления, рассчитанного вручную, значения изолиний в Ом-м; б – план векторов наибольшего градиента и карта азимутов направления; в – план кажущегося сопротивления рассчитанного при помощи программы Surfer, значения изолиний Ом-м

Планы кажущегося сопротивления, рассчитанного вручную и с помощью программы Surfer, практически не отличаются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кормильцев В. В., Семенов В. Д. Электроразведка методом заряда. – Недра, 1987. – 218 с.
2. Семенов М. В., Сапожников В. М., Авдевич М. М., Голиков Ю. В. Электроразведка рудных полей методом заряда. – Недра, 1984. – 180 с.
3. Силкин К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8. – Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. – 66 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ КРУТОПАДАЮЩИХ ТЕЛ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГРАДИЕНТА АНОМАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА В МЕТОДЕ ЗАРЯДА

БОБРОВНИКОВ В. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Данные метода заряда* несут информацию о самых разнообразных геологических объектах: рудные залежи, зоны тектоники, дайки и др.

В случае крутопадающих объектов, оно неплохо фиксируются на графиках градиента аномального потенциала. Задача заключается в правильной геологической интерпретации различного рода аномалий.

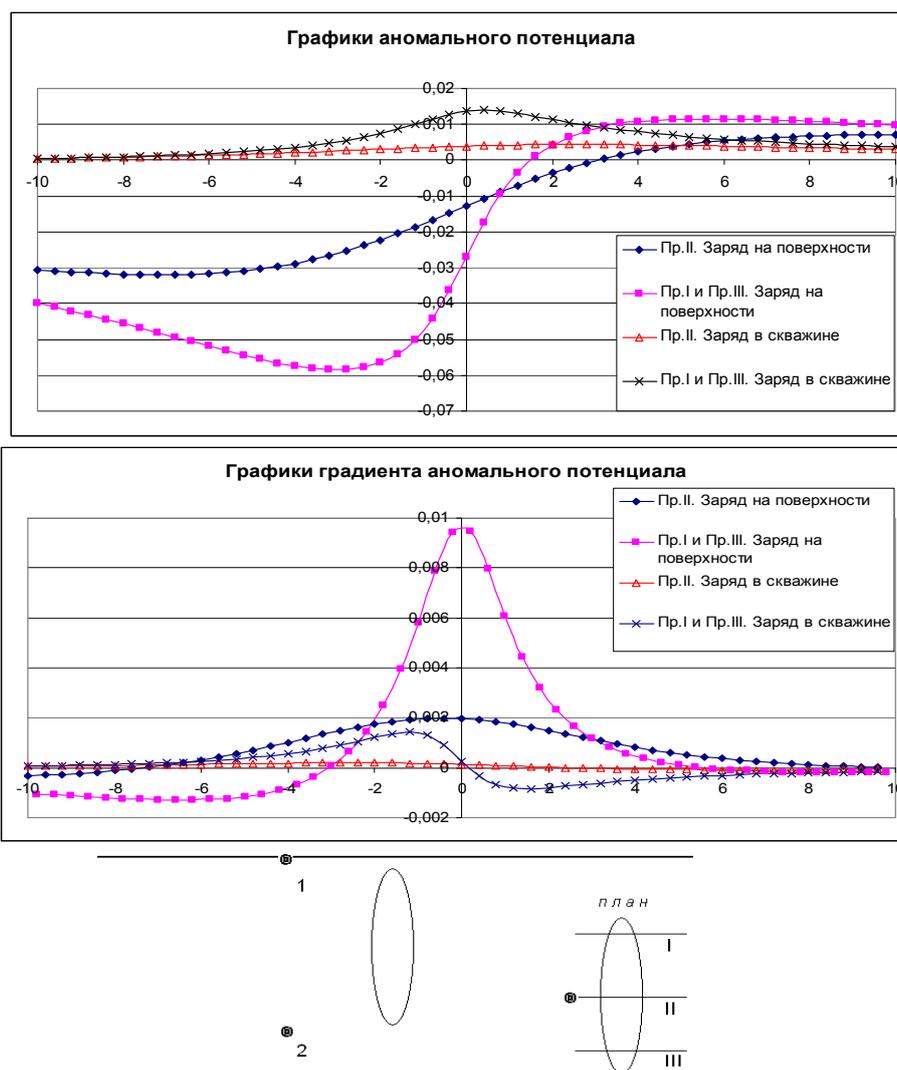


Рис. 1. Теоретические примеры проявления крутопадающего проводника на графиках U_a и ΔU_a

* Электроразведка рудных полей методом заряда / Семенов М. В., Сапожников В. М., Авдевич М. М., Голиков Ю. В. – Л.: Недра, 1984.

Такие тела, как разломы являются серьезной помехой при интерпретации полевых данных, но они отбиваются по графикам градиента аномального потенциала. Отмечается довольно резкий скачок ΔU_a на них. Вероятно, это связано с тем, что они близки к поверхности. Также осложняют поля потенциала тела типа даек. Они, в свою очередь, тоже хорошо фиксируются градиентом. Особенно это заметно в более крупном масштабе (рис. 2).

На представленных рисунках показаны некоторые типичные аномалии от моделей рудной залежи, тектонических нарушений и даек. Форма и интенсивность аномалий зависят от положения источника и характерны для различных типов геологических тел. На рис. 3 приведен пример из практики поисково-картировочных работ.

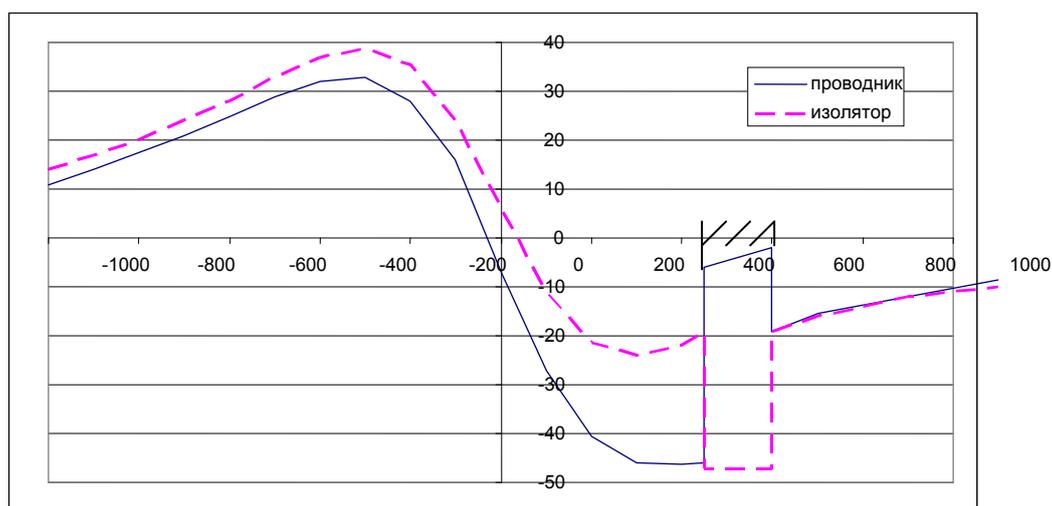


Рис. 2. Пример проявления ΔU_a тектонического нарушения и дайки

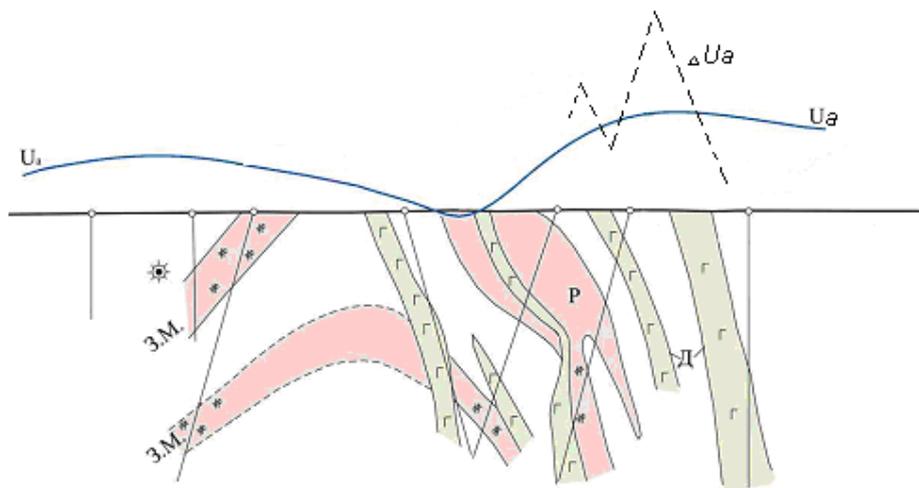


Рис. 3. Западное рудопроявление на Приполярном Урале

Наиболее четко удается выделять объекты, при известном уровне нормального поля. Это позволяет переходить к моделированию крутопадающих объектов на начальном этапе интерпретации полевых данных. И совмещая интерпретацию аномалий потенциала и градиента можно добиться более детального представления о строении изучаемого участка.

МАГНИТНАЯ МОДЕЛЬ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ГОЛИКОВ С. Ю.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Объектом работ является Ново-Хайрузовское полиметаллическое месторождение, расположенное в Восточно-Казахстанской области. Рудовмещающий комплекс представлен дацитовыми и андезитовыми порфиритами. Промышленные руды представлены халькопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом. Встречаются тонкие прослои с вкрапленностью магнетита. Падение рудовмещающей толщи 45-60 °.

Каротаж рудных скважин проводится в основном с использованием аналоговых скважинных приборов. Измерения магнитной восприимчивости Z и H составляющих магнитного поля вычислены с помощью прибора ПРК-4203 (см. таблицу), разработанного УГГУ совместно с Институтом геофизики УрО РАН и заводом «Уралгеофизприбор» (рис. 1).

Характеристики прибора ПРК-4203

Измеряемая величина	Единица измерения	Диапазон изменения	Абсолютная погрешность
Температура	°С	-40.. +125	0.1
Модуль X -составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль Y -составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль Z -составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль горизонтальной составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль X -составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль Y -составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль Z -составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20
Модуль горизонтальной составляющей геомагнитного поля	нТл	± 80 000	20

Данные с прибора записываются в файл с международным форматом «.las». Шаг квантования по глубине 10 см. Данные 3-х компонентной скважинной магниторазведки являются на данный момент единственным методом определения элементов залегания пластов. Данные КМВ и векторной магнитной съёмки привлекались для определения элементов залегания магнитных пластов по методике, разработанной в Институте геофизики УрО РАН (В. Н. Понаморёв, А. Н. Бахвалов и др.).



Рис. 1. Скважинный прибор ПРК-4203

Вдоль стволов скважин вычислялись локальные аномалии ΔZ и ΔH . Были построены вертикальные планы магнитной восприимчивости ΔZ , ΔH и ΔT (см. рис. 2). Как видно из рис. 2, автоматическая корреляция проводится по 3-м направлениям: по горизонтали, по вертикали, по падению рудовмещающей толщи. Первые два направления являются излишними. Нормальное магнитное поле относилось к эпохе 1980 г., за не имением других сведений.

Измерения выполнены вдоль профиля, включающего профили скважин № 47, 48, 49.

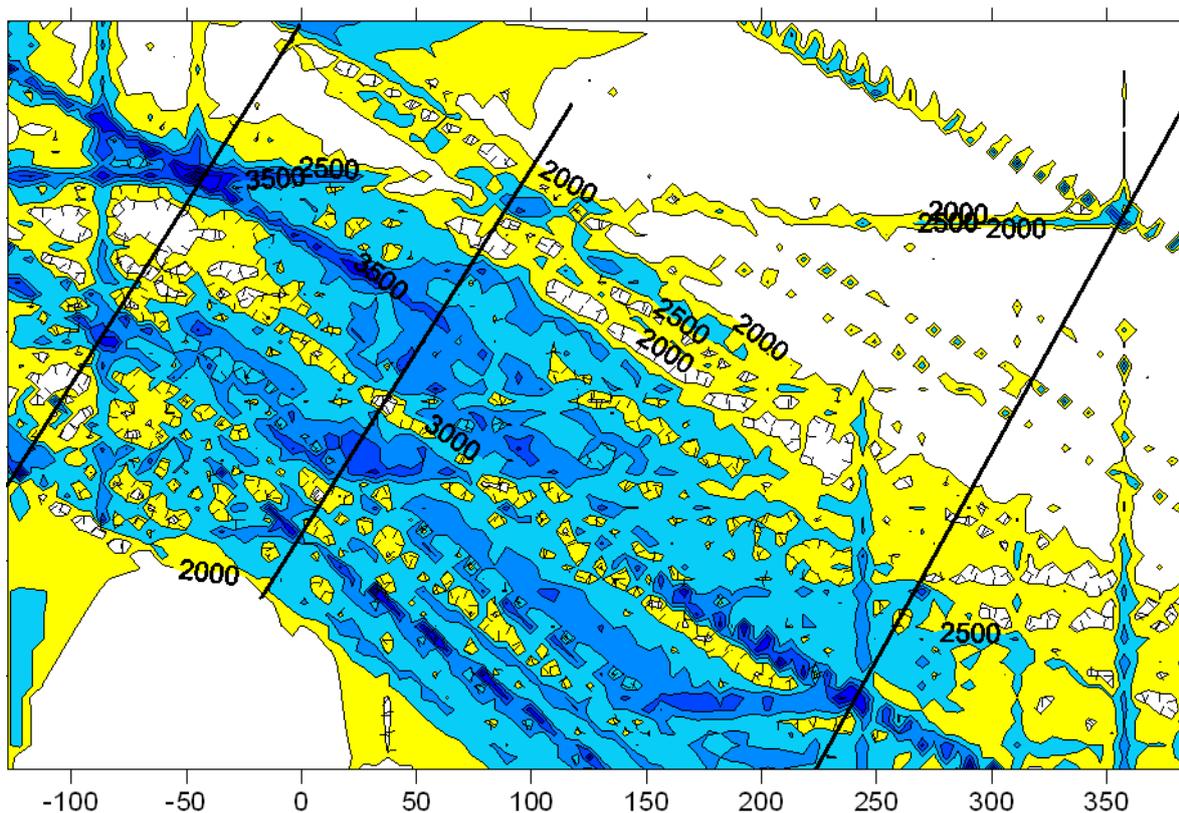


Рис. 2. Вертикальный план изолиний магнитной восприимчивости

Поскольку мощность магнитных слоёв невелика, для определения их элементов залегания были построены графики ΔH и ΔT и магнитной восприимчивости вдоль ствола скважины в масштабе 1:200. Количество магнитных слоёв вдоль скважины колебалось от 6 до 10. Для определения элементов залегания выбирались только слои, у которых магнитная восприимчивость превышала $4000 \cdot 10^{-5}$ Си, а аномалия ΔZ была отрицательной. По результатам этих вычислений построена схема интерпретации.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ ГУСЕВОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ЛУЗЯНИН П. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Гусевогорское месторождение входит в состав Качканарского интрузивного массива. В геологическом строении Гусевогорского месторождения участвуют пироксениты, слагающие около 50 % площади массива, габбро – 35 %; остальные породы – верлиты, оливиниты, горнблендиты и другие составляют 15 %. Пироксениты массива характеризуются резкой неоднородностью, которая выражается в преобладании оливиновых обычно безрудных разностей. В них в виде отдельных участков неправильной формы устанавливаются рудные безоливиновые породы.

Пироксениты имеют полнокристаллическое строение; их структуры меняются от тонко- до гигантозернистой, преобладают неравномернозернистые, иногда порфиоровидные породы. Текстуры пироксенитов массивные, редко полосчатые, такситовые, обусловленные неравномерным распределением оливина или рудного компонента.

Железо, связанное с титаномagnetитом, является основным полезным компонентом руд и составляет 8-14 % при общем содержании железа 14-24 %. В соответствии с установленными кондициями, к рудным относятся пироксениты с вкрапленностью титаномagnetита, в которых общее содержание железа превышает 14 %.

Содержание железа в руде определяют по данным каротажа магнитной восприимчивости в буровзрывных скважинах, пробуренных по сети 5×5 м. Одновременно проводится наземная магнитная съемка по той же сети, иногда по сети 2,5×2,5 м. Это позволяет получить подробную информацию о распределении полезного компонента. На рис. 1 и 2 представлены планы изолиний содержания железа в руде и изодинам одного из буровзрывных блоков Гусевогорского месторождения.

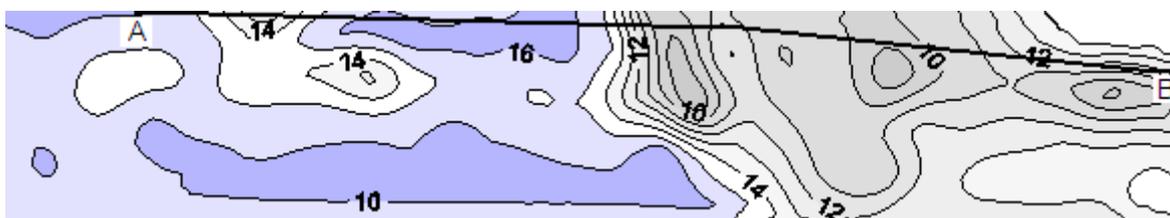


Рис. 1. План изолиний содержания железа в руде – (оцифровка в $Fe_{общ}$ %).

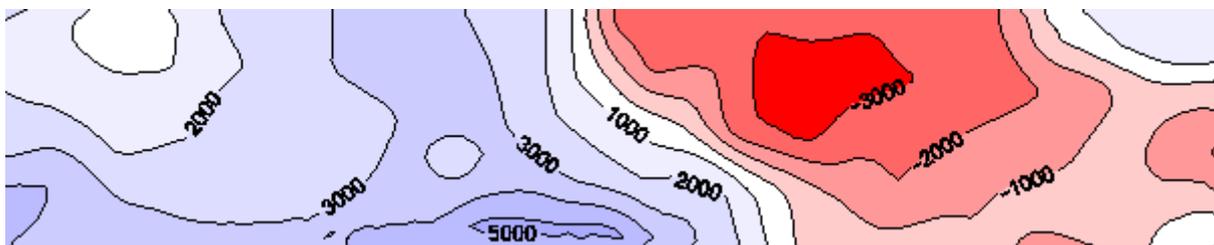


Рис. 2. План изодинам ΔT – (оцифровка в нТл).

Для стабильной работы обогатительной фабрики требуется постоянно-равномерное качество железорудного сырья. Погрузка горной массы ведется экскаваторами ЭКГ10 на железнодорожный транспорт для дальнейшей переработки на фабрику дробления. Одна из острых проблем по отгрузке экскаватором горной массы является забутованность взорванной горной массы негабаритами объемом более 1,5 м³. Если размеры обломков превышают

указанный размер, их необходимо дробить до требуемой величины, что повышает стоимость работ. На качество дробления горного массива влияют такие свойства горных пород, как плотность, трещиноватость, текстура руды.

Железные руды характеризуются не только высокой намагниченностью, но и высокой плотностью. Содержание железа в руде хорошо коррелируется не только с магнитной восприимчивостью (χ), но и с плотностью (σ). Многочисленными исследованиями на уральских железорудных месторождениях установлено, что увеличение содержания железа на 1 % в среднем влечет за собой увеличение плотности руды на $0,035 \text{ г/см}^3$. Повышение точности определения содержания железа в рудной массе возможно путем привлечения данных о плотности пород, пересекаемых скважиной.

По последнему буровзрывному ряду построен вертикальный план изолиний содержания железа (рис. 3). Отчётливо выделяется контакт руда – порода и безрудная жила плагиоклаза в рудной части блока. Руды высокого и низкого содержания железа имеют разные физико-механические свойства.

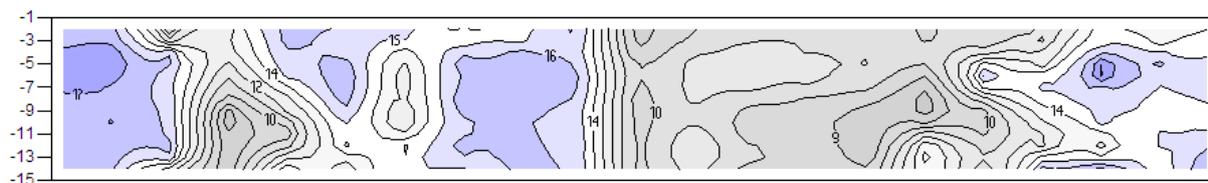


Рис. 3. Вертикальный план изолиний содержания железа общего, %

В настоящее время при ведении взрывных работ геолого-геофизические особенности массива не учитываются. Количество взрывчатого вещества приблизительно одинаково во всех скважинах буровзрывного блока, за исключением первого ряда, где учитывается количество горной массы в подпоре. При отработке данного блока были выявлены негабариты в рудной части блока, что, в свою очередь, сказывается на объемах отгрузки руды на фабрику.

Для решения этой проблемы можно применить данные геофизических измерений. Содержание железа в руде отражается на величине магнитной восприимчивости и интенсивности магнитного поля. По данным КМВ и наземной магнитной съемки рассчитывают индуцированную J_i и остаточную J_n намагниченности буровзрывного блока и рассчитывают фактор Кенигсбергера $Q=J_i/J_n$. На рис. 4 представлен план изолиний Q по этому блоку. Индуцированная намагниченность характеризует содержания магнетита в руде, остаточная намагниченность отражает изменение плотности.

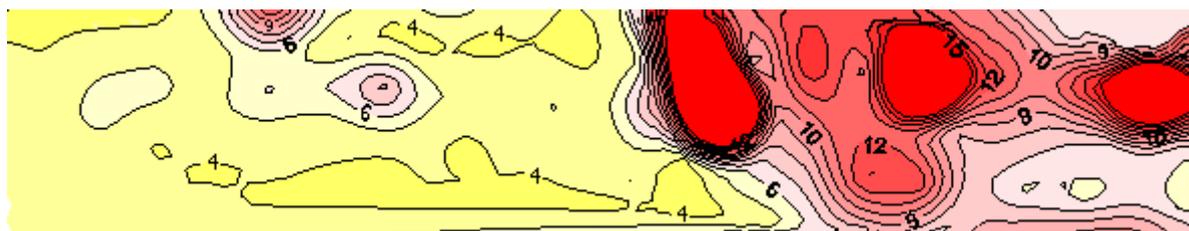


Рис. 4. План изолиний фактора Кенигсбергера

Сопоставляя данные плана изолиний фактора Q с отработкой буровзрывного блока, при значениях $Q < 5$ наблюдалось засорение негабаритами во взорванной горной массе. При ведении взрывных работ, учитывая фактор Кенигсбергера и изменяя объем взрывчатого вещества в скважине, увеличивая его на низких значениях Q , можно сократить количество негабарита во взорванной массе.

Изучение физико-механических и структурных свойств непосредственно в массиве горных пород геофизическими методами с достаточной степенью достоверности и в короткий промежуток времени позволяет оперативно влиять на качество руды для последующей переработки.

АЭРОГРАВИМЕТРИЯ – МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ОСИПОВА А. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Основными территориями России, на которых сосредоточены работы по расширению минерально-сырьевой базы и прежде всего поиску месторождений углеводородов, являются отдаленные районы Сибири, Дальнего Востока, а также шельфы северных и восточных морей*. С 2001 года аэрогравиметрия входит в арсенал аэрогеофизических методов, выполняемых ГНПП «Аэрогеофизика» для решения широкого спектра поисковых и прогнозно-поисковых задач. Она является единственной российской компанией, обладающей необходимым опытом и ресурсами для проведения аэрогравиметрических съемок в производственных объемах. Только в 2005-2010 г. было выполнено более 1 500 000 погонных километров съемки масштаба 1:1000000 в различных регионах России.

В 2006 году «ГНПП Аэрогеофизика» впервые в России провела масштабные аэрогравиметрические работы над шельфом. Съемкой в масштабе 1:1 000000 была покрыта центральная часть Охотского моря на площади 200000 кв. км в форме прямоугольника длиной 1000 и шириной 200 км (рис. 1). Измерения выполнялись по сети рядовых (меридиональных) и ортогональных им опорных маршрутов на постоянной барометрической высоте 300 м над уровнем моря со скоростью 330 км/ч. Расстояние между рядовыми маршрутами – 10 км, между опорными – 100 км. Для оценки точности были также проведены измерения на трех секущих (диагональных) и трех повторных маршрутах. В настоящее время ГНПП «Аэрогеофизика» проводит аэрогравиметрические работы с помощью аппаратно-программного комплекса аэрогравиметр ГИ-1 (рис. 2) (разработка НТП «Гравиметрические технологии»), предназначенного для измерения силы тяжести в полете на борту самолета (вертолета) струнными безинерционными гравиметрами с погрешностью 0,7-0,8 мГал, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к гравиметрическим съемкам масштаба 1:200000.

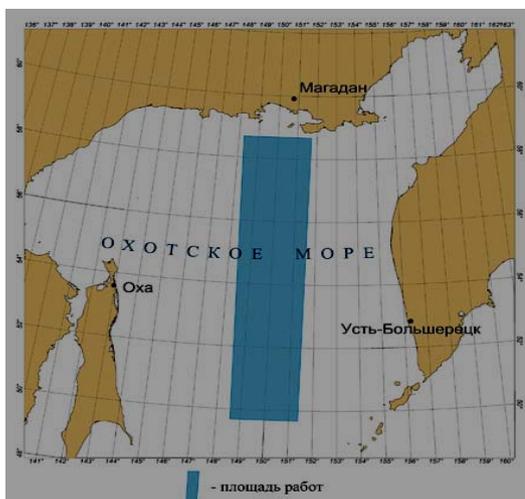


Рис. 1. Карта Охотского моря



Рис. 2. Аэрогравиметр ГИ-1

* Могилевский В. Е., Каплун Д. В., Павлов С. А., Камков А. Н. Внедрение аэрогравиметрии в практику геофизических работ // Разведка и охрана недр. – 2006. – № 5.

Диапазон измерения силы тяжести от 976 до 984 Гал; средняя квадратичная погрешность измерения ускорения силы тяжести при стоянке самолета (вертолета) – не более $0,1 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$; постоянная времени чувствительного элемента – 0,01 сек; динамический диапазон измерений – 400 Гал; частота измерений – 16 Гц; допустимые виброускорения на частотах 5-100 Гц – 100 Гал; изменения температуры окружающей среды – от + 5 до + 35 °С; полеты в диапазоне широт – от 75° S до 75° N; время готовности к работе из выключенного состояния – 48 ч; потребляемая мощность – 150 ватт; габариты центрального прибора – 600×600×750 мм; общая масса комплекса без упаковки – не более 140 кг. Разработана методика проведения аэрогравиметрических измерений на самолетах и вертолётах с погрешностями соответственно 0,4 и 0,2 мГал, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к гравиметрическим съемкам масштаба 1:100 000 и мельче.

Опыт проведения аэрогравиметрических съемок показывает, что при работах над акваториями удаленность съемочного самолета от береговых базовых станций на сотни километров не является ограничением для аэрогравиметрии. При мелко- (1:500000 – 1:1000000) и среднемасштабных (1:100000 – 1:200000) гравиметрических исследованиях и при удаленности района работ от береговой линии до 600-700 км целесообразно проводить именно аэрогравиметрические съемки, что позволяет существенно экономить материальные средства и время. При интерпретации данных аэрогравиметрической съемки для определения регионального поля использовались результаты проекта GRACE (рис. 3) (Бабаянц П. С.).

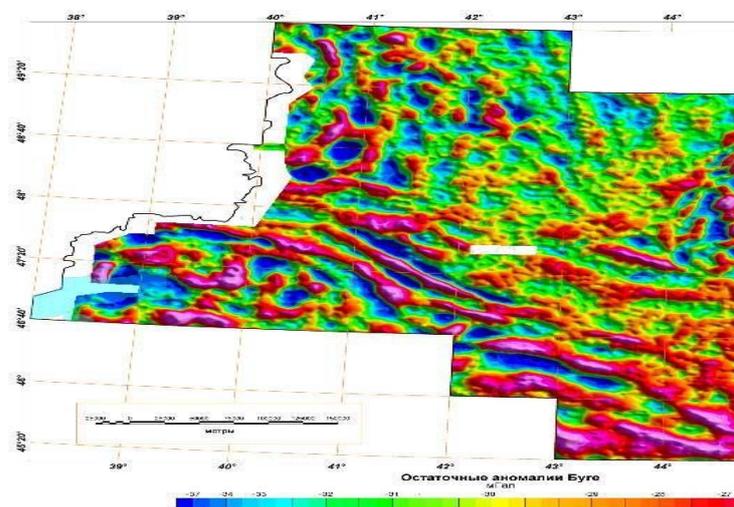


Рис. 3. Карта остаточных аномалий

Аэрогравиметрическая съемка становится все более востребованной технологией при оценке перспектив нефтегазоносности. Эта технология рассматривается в качестве обязательной на начальной стадии изучения перспективных территорий. Особенно эффективен этот инновационный инструмент при проведении работ на площадях, в пределах которых велика вероятность открытия крупных месторождений нефти и газа, а имеющаяся геолого-геофизическая информация недостаточна для принятия обоснованных управленческих и инвестиционных решений.

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В МЕСТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

МУСИНА О. М., ГУМАН О. М.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Мониторинг окружающей среды является важным звеном в оценке состояния окружающей среды в процессе рекультивации отработанных месторождений общераспространенных полезных ископаемых. Одним из таких объектов является отработанный карьер Южного участка Ревдинского месторождения кирпичных глин, расположенный на юго-восточной окраине г. Ревды, в 320 м юго-восточнее жилой застройки пос. Кирпичный, в 650 м юго-западнее пос. Бутовый.

Месторождение приурочено к делювиальным отложениям четвертичного возраста и элювиальным образованиям мезозойского возраста. Площадь карьера составляет 10,1 га. Продуктивная толща месторождения участка представляет собой пластообразную залежь средней мощностью 5,9 м, сложенную делювиальными глинами. Подстилающие породы представлены выветрелыми габбро, вскрыша – почвенно-растительным слоем средней мощностью 0,3 м.

Карьер отработанного южного Участка Ревдинского месторождения кирпичных глин расположен на приводораздельном склоне р. Каменушки, являющейся правобережным притоком р. Ревды. Поверхностный и подземный сток в районе участка расположения карьера направлен на восток, северо-восток, в сторону долины р. Каменушки.

При отработке карьера притока подземных вод в выработку не происходило, водоотлив не осуществлялся, водопритоки формировались за счет атмосферных осадков. Для защиты карьера от дождевых и паводковых вод проложена нагорная канава.

По результатам лабораторных исследований глинистые грунты основания рекультивируемого карьера, согласно классификации ГОСТ 25100-95, являются неводопроницаемыми (суглинки элювиальные $K_f=2,70 \cdot 10^{-3}$, супеси элювиальные $K_f=4,14 \cdot 10^{-3}$), скальные грунты (габбро выветрелые трещиноватые 0,04-0,43) – водопроницаемыми.

Рекультивация карьерной выемки: создание противофильтрационного слоя мощностью 2 м и экранирующего слоя на поверхности рекультивационного балласта мощностью 0,6 м; заполнение карьерной выемки отходами металлургического производства 5 класса опасности – песками строительными; отведение поверхностного стока нагорными канавами; создание рельефа местности, приближенного к примыкающему рельефу путём выполаживания бортов (откосов) под углом 15 °; создание рекультивационного слоя мощностью - 0,2 м. Потенциально-плодородный слой состоит из смеси глины и ила.

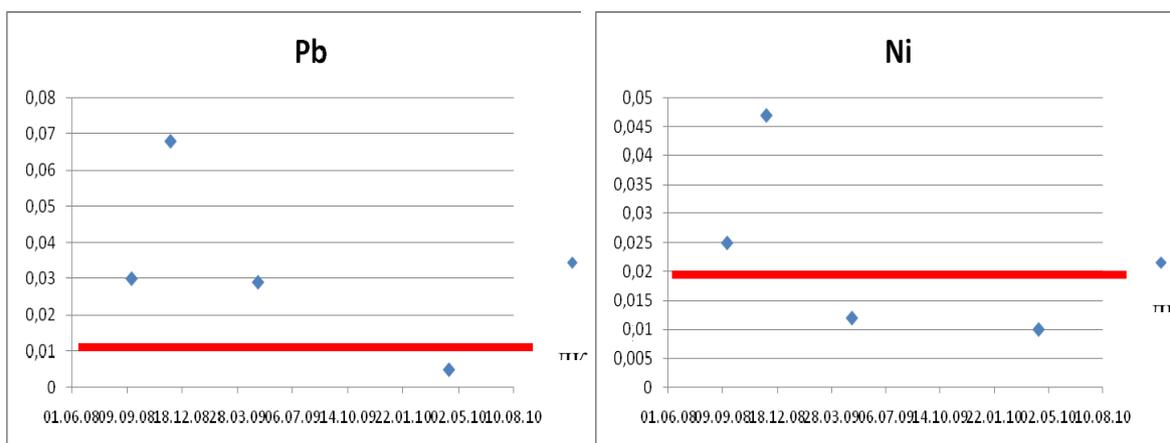
Рекультивируемый карьер рассматривается как источник антропогенного воздействия с прогнозируемыми зонами его влияния на окружающую природную среду.

В период с 2008 по 2010 гг. в районе рекультивируемого карьера проводится мониторинг окружающей среды, который включает мониторинг атмосферного воздуха, почвенно-геохимический мониторинг и мониторинг подземных вод.

При проведении рекультивации карьера дизельные двигатели автотранспорта и бульдозера будут являться источниками выделения в атмосферный воздух газообразных загрязняющих веществ: оксида азота, сажи, диоксида серы, оксида углерода, керосина. Разгрузка песков в карьере и работа бульдозера сопровождаются выбросами в атмосферу различных твердых аэрозольных частиц. Анализ воздействия рассматриваемого объекта на атмосферный воздух показывает, что заметное загрязнение атмосферы происходит за счет диоксида азота и взвешенных веществ. Для остальных ингредиентов выбросов расчётные уровни приземных концентраций на всех этапах проведения работ останутся в пределах 0,02 ПДКм.р. не только за пределами санитарно-защитной зоны, но и на всей рассматриваемой территории, включая и территорию самого карьера.

Техногенные грунты в пределах юго-восточной и северо-восточной частей карьера загрязнены ассоциацией тяжелых металлов, повышенные содержания некоторых из них могут быть фоновыми (ванадий, титан, скандий, медь). Результаты анализа подвижных форм Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, As, Hg, нефтепродуктов и pH водных вытяжек из грунтов показали практически повсеместное наличие подвижных форм свинца, цинка, никеля, меди, ртути, мышьяка и нефтепродуктов в содержаниях, не превышающих установленных предельно-допустимых величин, что свидетельствует о низкой миграционной способности перечисленных элементов из грунтов.

До начала проведения рекультивационных работ в карьере Южного участка Ревдинского месторождения кирпичных глин подземные воды являются загрязненными, о чем свидетельствуют высокие концентрации свинца, никеля, железа и хрома. Источником загрязнения является шламонакопитель Ревдинского ММЗ (метизно-металлургическое производство), расположенного в 1 км северо-западнее от карьера выше по потоку подземных вод. Анализ распределения сульфатов и железа в подземных водах исследуемого участка показал, что источником их появления служит, вероятно, шламонакопитель РММЗ, в котором эти компоненты являются приоритетными загрязнителями.



Содержание свинца и никеля в скв. 1 н, мг/л

Результаты системного экологического мониторинга показали, что в процессе рекультивации карьерной выемки отходами промышленного производства не происходит заметных изменений состояния природной среды. Это связано, в первую очередь, с наличием в основании рекультивационного карьера слоя суглинков и создания достаточно мощного глинистого экрана (см. рисунок).

МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ СДВИЖЕНИЯ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ЗЕВАХИН А. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На протяжении всей истории развития горного дела вопрос о сдвигении горных пород является актуальным и обращает на себя внимание многих исследователей. Такой интерес к данной проблеме обусловлен тем, что в зону вредного влияния горных разработок нередко попадают как сооружения горных предприятий, так и окружающие промышленные, жилые и общественные здания и сооружения, транспортные коммуникации, линии электропередачи и природные объекты, нарушение целостности которых может не только вызвать возникновение аварийных ситуаций на них, но и привести к многочисленным человеческим жертвам. Наряду с негативным воздействием на подрабатываемые объекты, процесс сдвигения нередко создает опасность для производства самих горных работ. Таким образом, при разработке месторождений полезных ископаемых, безопасность горных работ и их экономическая эффективность во многом зависят от успешного решения проблемы управления процессом сдвигения.

Особенно остро проблема развития процессов сдвигения стоит на уральских подземных рудниках, где экономически освоенные и застроенные территории подработаны как старыми, 18-19 веков, так и современными горными выработками. В результате образовано огромное количество пустот, которые создают угрозу обрушения больших масс пород в выработках, и как следствие появлению разрушительных для зданий и сооружений деформаций.

Проблему подработанных территорий можно решить созданием программы мониторинга геологической среды, включающей наблюдения за изменением всех компонентов геологической среды. Кроме того, целью мониторинга помимо наблюдений и прогноза должны быть оценка состояния геологической среды и управление ею, в целях обеспечения оптимальных условий для человека, в пределах рассматриваемой территории.

Мониторинг геологической среды подработанной территории должен в идеале быть взаимоувязанным и многоуровневым, уровни которого включают глобальные, региональные (для месторождения в целом) и локальные (для отдельных объектов) инструментальные измерения на специальных наблюдательных станциях.

Этапы реализации программы мониторинга геологической среды традиционны для инженерно-геологических исследований и разработки территориальных комплексных схем охраны и рационального использования геологической среды [2].

Начальный, или подготовительный, этап включает в себя мероприятия, подготавливающие и создающие условия для разработки и обоснования методики наблюдений в системе мониторинга. На этом этапе в виды и объемы работ входят:

- 1) изучение фондовых и опубликованных материалов по данной территории;
- 2) сбор и систематизация имеющейся информации о строении и состоянии геологической среды;
- 3) сбор имеющейся информации о техногенной нагрузке на геологическую среду (информация о подземных горных сооружениях; о строениях, расположенных в зонах влияния подземных горных работ, о границах влияния подземных горных выработок);
- 4) разработка методики определения границ зон техногенного риска (определение критериев выявления факторов техногенного риска и перечень факторов техногенного риска);
- 5) установка поправочных коэффициентов в зависимости от степени техногенной опасности;
- 6) составление карт изученности территории.

Второй этап — этап создания информационной базы данных об условиях территории мониторинга геологической среды. Задачами этого этапа являются: обоснование и разбивка сети наблюдений; выбор и оборудование эталонных (ключевых) участков, наблюдательных

площадок, профилей и т. д.; создание банка данных, АИС, локальных и коммуникационных сетей; создание условий для непрерывного информационного обеспечения. Основными видами работ на данном этапе являются:

- 1) наземные прямые наблюдения за элементами геологической среды и ПТС;
- 2) наземные дистанционные наблюдения;
- 3) проведение режимных наблюдений (наземными и дистанционными методами);
- 4) составление карт инженерно-геологического районирования, карт типизации техногенных воздействий, карты-схемы организации мониторинга, классификация зон техногенного риска по техногенной опасности:

- зоны особой техногенной опасности (Коп1) – в границах действующих горных отводов, в местах нахождения устьев стволов шахт, в зонах активных деформаций (провалы и образование трещин), выявленных при инвентаризации и мониторинге земной поверхности и зданий;

- зоны повышенной техногенной опасности (Коп2) – зоны плавных сдвижений, выявленных в результате инвентаризации и мониторинга земной поверхности и строений;

- зоны условной техногенной опасности (Коп3) – без деформаций земной поверхности, над подземными выработками глубокого заложения. [1]

- 5) техническая реализация АИС, формирование тематических слоёв, в пространственной базе данных АИС, о подземной части территорий посредством ввода информации: о местоположении и параметрах подземных горных объектов; о глубине заложения, материалах, конструкции крепи, возрасте шахт и выработок; о границах зон влияния этих объектов и степени их опасности (Коп), а также информация об использовании наземной части территории в зоне влияния подземных горных работ, которая включает: данные о функциональном использовании территории.

Третий этап — этап функционирования созданной системы мониторинга геологической среды. Его задачами являются собственно цели самого мониторинга — фиксация изменений в геологической среде и ПТС, оценка ситуации, ее анализ, моделирование, прогноз и разработка рекомендаций по управлению. Основными видами работ на этом этапе являются:

- 1) непрерывная обработка и анализ поступающей информации;
- 2) представление результатов в виде различных регулярных аналитических отчетов, аналитических записок, заключений о состоянии геологической среды и т. д.;
- 3) моделирование различных ситуаций;
- 4) ситуационное прогнозирование (через какое время возникнет та или иная ситуация);
- 5) разработка рекомендаций по управлению ПТС и элементами геологической среды;
- 6) проведение профилактических работ на действующей наблюдательной сети (ремонт оборудования, наладка, замена питающих элементов, заправка и т. д.).

Выделение зон техногенного риска как зон с особыми условиями использования территорий позволит сформировать для этих зон особый правовой статус и режим, обеспечивающий благоприятную и безопасную среду обитания в горнодобывающих городах.

Таким образом, реализация комплексной программы мониторинга геологической среды, проводимая в три этапа, позволяет создать планируемую систему мониторинга. В дальнейшем действующая система мониторинга также должна совершенствоваться, уточняться, приближаясь к саморегулирующейся системе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колчина М. Е. Особенности территориального планирования и использования земель поселений, расположенных в зоне влияния подземных горных работ // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – № 6. – 2006.

2. Королев В. А. Мониторинг геологической среды: учебник / Под редакцией В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ СОРЬИНСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА)

ДЕЕВ Ю. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Хвостохранилище — комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения радиоактивных, токсичных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых, именуемых хвостами. На горно-обогатительных комбинатах (ГОК) из поступающей добытой руды получают концентрат, а отходы переработки перемещают в хвостохранилище*.

В качестве примера рассмотрим Сорьинское хвостохранилище, принадлежащее ОАО «Святогор». Общая площадь хвостохранилища составляет 500 га. Максимальная высота плотины (ограждающей дамбы) – 16,50 м.

Для оценки устойчивости дамбы Сорьинского хвостохранилища используем данные режимных наблюдений за уровнем фильтрационных вод и положением уровня жидких хвостов в чаше хвостохранилища (за последние 12 лет его эксплуатации). Для ведения режимных наблюдений на ограждающей дамбе Сорьинского хвостохранилища организована сеть пьезометрических створов (всего 8 створов). Створ состоит из 3-х пьезометров (1, 2, 3 – считая снизу вверх). Критерием устойчивого состояния дамбы будем считать такое положение фильтрационных вод, при котором положение кривой депрессии имеет «нормальный» вид, т. е. соблюдается снижение отметок от третьего пьезометра к первому при равномерном для всей кривой градиенте напора. Далее проанализируем характер изменения уровенной поверхности по пьезометрическим створам, для того чтобы определить устойчивость хвостохранилища. Для этого был выведена зависимость, что уровень воды в первом пьезометре не должен превышать уровень во втором, а второй должен быть ниже, чем в третьем. И в третьем пьезометре уровень должен быть ниже основного уровня в хвостохранилище. Если эта закономерность нарушается, то можно говорить о неустойчивости гидротехнического сооружения. Разделим 8 створов на две группы. В первую объединим створы 7 и 8, которые расположены в пределах дамбы фосфогипсового отстойника, который в настоящее время законсервирован. В седьмом створе (ПК 26) происходит превышение уровня воды хвостохранилища в третьем и втором пьезометрах, что нарушает критериальную зависимость и означает неустойчивое состояние дамбы на этом участке. В восьмом створе (ПК 21) наблюдается практически такая же ситуация, только уровень воды в первом пьезометре превышает уровень во втором, а уровень в третьем пьезометре выше, чем основной уровень хвостохранилища. Следовательно, в седьмом и восьмом створах закономерность нарушается, и это говорит о неустойчивости дамбы фосфогипсового отстойника в целом. Во вторую группу включены створы с 1 по 5. Они расположены в противоположной части дамбы хвостохранилища. В створах... (ПК 48 и ПК64) наблюдается стабильная ситуация, а именно, критериальная зависимость не нарушена и поэтому можно считать, что гидротехническое сооружение на этом участке устойчиво.

Анализируя причины выявленных закономерностей, можно предположить, что главным фактором устойчивости дамбы можно считать эффективность работы дренажной канавы. Так, на неустойчивых участках она отсутствует (створы 7, 8) или заилена (створы 2, 5). На устойчивых участках наблюдается динамичный поток воды в дренажной канаве, что может указывать, в том числе и на эффективность ее работы как места разгрузки фильтрационных вод, формирующихся в теле ограждающей дамбы хвостохранилища со стороны сухого откоса.

* Недрига В. П. Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1983.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ САМОДУРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

РАКОВА Е. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Вопросы изучения влияния нефтепромыслов на компоненты окружающей среды имеют огромное значение, так как в настоящее время идет интенсивное освоение месторождений в районах средней полосы Западной России, Сибири и других. Бережное отношение к окружающей среде предопределяет необходимость, чтобы отработка соответствовала современным требованиям охраны.

Добыча нефти и газа, в отличие от добычи подавляющего большинства других полезных ископаемых, не связана с выемкой горных пород, не приводит к образованию свободных подземных пространств и сопровождается незначительным количеством твердых отходов производства. Из землепользования не изымаются значительные площади плодородных земель, а изменения ландшафтов линейные и связаны с формированием транспортных магистралей и обустройством непосредственно площадки скважины, куста или объектов инфраструктуры. Однако и те преобразования окружающей среды, которые происходят при освоении нефтегазового сырья, являются значительными.

Рассматривая объекты деятельности ОАО «Оренбургнефть», были получены данные о влиянии нефтепромысла Самодуровского месторождения на окружающую среду, которое отрабатывается с начала 90-х годов, находится в Пономаревском районе на землях колхоза «Новый путь» в 45 км к юго-востоку от г. Абдулино. Площадь месторождения в пределах горного отвода – 38,45 км², приурочена к верхнему течению р. Демы (левого притока р. Белой) и нижнему течению ее левобережного притока р. Садак. Фонд скважин насчитывает 99 действующих добывающих и 71 нагнетательную скважину, есть факельная установка.

Влияние на окружающую среду происходит в процессе бурения и обустройства скважин, на этапе эксплуатации в результате аварий при транспортировке нефти и нефтепродуктов, нарушений обваловок шламовых амбаров, при несоблюдении правил хранения нефти и ГСМ в резервуарах. Влиянию подвергаются атмосферный воздух, гидросфера и почвенный покров. Результаты мониторинга позволяют оценить степень преобразований в этих средах.

Влияние на атмосферный воздух проявляется в выбросах вредных веществ, представленных веществами с 1 по 4 классы опасности: сероводородом, оксидами азота, оксидом углерода, диоксидом серы, углеводородами (в том числе, углеводородами предельного ряда: метаном, C₂-C₅, C₆-C₁₀, C₁₂-C₁₉), бензолом, ксилолом, толуолом, сажей, бенз(а)пиреном и другими.

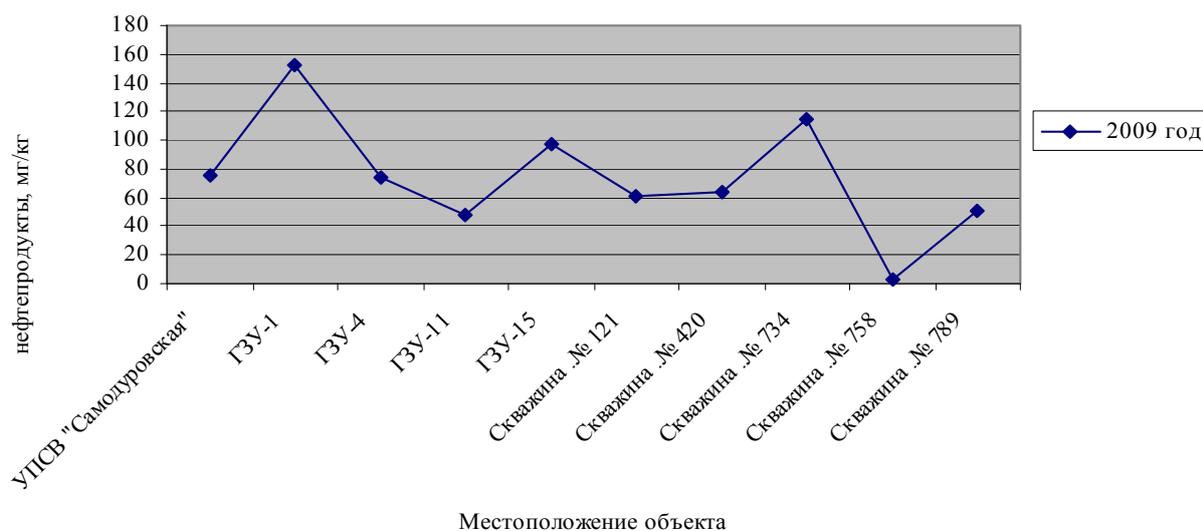
Примером динамики изменения содержания в атмосферном воздухе может служить диоксид азота, его тенденция к увеличению связана с аварийными ситуациями на нефтепроводе.

Загрязнение поверхностных вод происходит в процессе перетекания. Основными компонентами загрязнителями, попадающими в поверхностные водотоки и водоемы, являются рассолы, поступающие по затрубному пространству; утечки флюида при аварийных ситуациях на речных переходах; утечки из амбаров и отстойников, возведенных в поймах рек, и их прорыв в период паводков; смыв дождями с загрязненной поверхности водосбора веществ загрязнителей. Однако по данным многолетнего мониторинга, изменения химического состава воды в р. Дема, в пределах самого месторождения, не выявлено. Влияние на подземную гидросферу на Самодуровском месторождении является контурное заводнение, в результате чего было обнаружено превышение над ПДК содержания NO₃ в 1,5 раза, а SO₄ – в 1,3.

Загрязнение почвы проявляется в процессе антропогенного изменения ее физико-химических и биологических характеристик, вызывающего снижение ее плодородия или

представляющего опасность для здоровья населения, животных или растительности. Избыточное количество нефтепродуктов, солей и тяжелых металлов, поступающих с предприятий по добычи и переработке нефти, влияет на интенсивность микробиологических процессов, вызывая изменения качественно-количественного состава гумуса, почвенно-поглощающего комплекса, структуры и pH; диспергирование, уплотнение твердой фазы, что ведет к частичной или полной утрате плодородия почв.

По результатам мониторинга почвенного покрова, в пределах Самодуровского месторождения, в подавляющем количестве ежегодно отбираемых проб (от 95 до 97,2 %) содержание нефтепродуктов распределяется в диапазоне значений до 1000 мг/кг, то есть большинство проб попадает в категорию почв с умеренным углеводородным загрязнением; низким уровнем загрязнения характеризуются от 0,3 до 3,2 % почвенных образцов, средним – от 0,2 до 1,5 %, высоким – от 0,1 до 0,5 % (см. рисунок).



Динамика изменения содержания нефтепродуктов в почвах Самодуровского месторождения

В целом, анализ многолетнего мониторинга указывает на то, что экологическая ситуация Самодуровского месторождения оценивается как удовлетворительная, а содержание и распределение загрязняющих веществ в окружающей среде зависит от степени удаленности от источника загрязнения, от случаев аварийности на объектах добычи и транспортировки.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ГЛУШКОВА Т. А., ТАЛАЛАЙ А. Г., ШИНКАРЮК И. Е.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Радиоактивное загрязнение представляет особую опасность для человека и среды его обитания. Это связано с тем, что ионизирующая радиация оказывает интенсивное и постоянное пагубное воздействие на живые организмы, а источники этой радиации широко распространены в окружающей среде.

Как мы знаем, радионуклиды разделяются на естественные, образовавшиеся в начальный этап эволюции Земли и в последующих геологических процессах, и искусственные, полученные человеком в атомных реакторах и других энергетических установках. Основную часть облучения (более 80 % годовой эффективной эквивалентной дозы) население земного шара получает от естественных источников радиации. Среди естественных радионуклидов выделены четыре группы: долгоживущие уран-238, уран-235 (актиноуран), торий-232; короткоживущие: радий, радон и другие радиоактивные элементы – дочерние продукты распада урана, актиноурана и тория; долгоживущие одиночные радиоактивные изотопы, не образующие семейств (калий-40); радионуклиды, возникающие в атмосфере, гидросфере и земной коре в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод-14 и др.).

Каждый житель Земли в последние 50 лет подвергся облучению от радиоактивных осадков, вызванных ядерными взрывами в атмосфере в связи с испытаниями ядерного оружия. Максимальное количество этих испытаний имело место в 1954-1958 гг. и в 1961-1962 гг.

Основной вклад в эффективную эквивалентную дозу облучения населения от ядерных взрывов дают углерод-14, цезий-137, стронций-90 и цирконий-95 с периодами полураспада соответственно 5730 лет, 30 лет, 30 лет и 64 дня.

Хотя при нормальной работе АЭС выбросы радионуклидов в окружающую среду незначительны, Чернобыльская авария 1986 года показала чрезвычайно высокую потенциальную опасность атомной энергетики.

Образовавшееся радиоактивное облако накрыло огромную территорию. Общая площадь загрязнения в результате Чернобыльской аварии цезием-137 плотностью 1-5 Ки/км² только на территории России в 1995 году составила около 50 000 км².

Наибольшим радиусом рассеяния от источника радиации обладают устойчивые газообразные и хорошо растворимые в воде радионуклиды (цезий-137, стронций-90, йод-131 и др.).

Накопление их происходит на геохимических барьерах разного рода (химическом, сорбционном, восстановительном и др.), в бессточных водоемах (озера, водохранилища), долинах рек и заболоченных низинах, у аэродинамических барьеров (рифтовые зоны и протяженные глубинные разломы, лесные массивы на водоразделах) и в подземных водах, являющихся одним из конечных резервуаров накопления компонентов загрязненного поверхностного стока и радиоактивных атмосферных осадков.

Среди инертных радиоактивных газов особую значимость имеет криптон-85 (период полураспада 10,7 года), который поступает в атмосферу как в процессе эксплуатации АЭС, так и в результате деятельности заводов по регенерации ядерного топлива.

Кроме инертных радиоактивных газов объекты ядерной энергетики выбрасывают в атмосферу такие экологически значимые радионуклиды, как тритий, углерод-14, стронций-90, йод-131, цезий-137 и т. п. Влияние АЭС на радиоактивное загрязнение атмосферы проявляется, главным образом, в присутствии в ней следовых количеств так называемых техногенных радионуклидов – хрома-51, марганца-54, кобальта-58, кобальта-60, циркония-95, ниобия-95, йода-131 и т. п. Вероятность обнаружения большинства техногенных радионуклидов не превышает нескольких процентов на расстоянии более 10 км от АЭС. В отдельных случаях

следовые количества йода-131 и коррозионных нуклидов обнаруживаются на расстоянии 30-50 км от АЭС.

Почвенная оболочка биосферы является одним из основных компонентов природы, где происходит локализация искусственных техногенных радионуклидов.

Особое место в радиоактивном загрязнении почвы занимают трансурановые элементы – плутоний, америций, кюрий, нептуний. Они имеют периоды полураспада до тысяч и десятков тысяч лет и поэтому являются источниками практически вечного загрязнения для человечества.

Мировой океан занимает около 70 % поверхности Земли, а его биомасса составляет 0,13 % от суммарной биомассы живых организмов планеты. Основные источники радиоактивного загрязнения водной среды связаны с ядерными взрывами, удалением радиоактивных продуктов в реки, моря (в т. ч. сбросы в сточные воды), захоронением РАО, авариями на АЭС, судах с атомными двигателями. Природная активность морской воды обусловлена в основном присутствием в ней ^{40}K . Кроме того, в пресной и морской воде содержатся радионуклиды искусственного происхождения: ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{137}Cs и др. Все эти радионуклиды включаются в биосферный цикл и в тех или иных количествах концентрируются живыми и растительными организмами. В водной среде радионуклиды мигрируют по биологическим обменным цепочкам.

Радиоактивное загрязнение биосферы – это увеличение концентрации радиоактивных веществ в живых организмах и среде их обитания в результате деятельности человека.

Как правило, в районе, прилегающем к территории, на которой работают ядерно-энергетические установки, постоянно ведется соответствующей службой контроль за радиационным загрязнением окружающей среды. В этом случае хорошо известны радионуклиды, которыми может быть загрязнена окружающая среда. Контроль за возможным радиоактивным загрязнением окружающей среды проводят путем отбора проб и последующего измерения относительным методом их активности и удельной активности. Для этой цели нами разработаны и утверждены Госстандартом РФ стандартизованные методики отбора проб и измерения их суммарной и удельной активностей.

В случае аварийной ситуации, в частности, на атомных электростанциях (АЭС), с помощью радиометрических или дозиметрических приборов устанавливают места наибольшего радиоактивного загрязнения, затем из этих мест берут пробы и доставляют их в соответствующие радиометрические лаборатории. В лабораториях по стандартной методике готовят препараты из взятых проб и относительным методом измеряют активность препаратов, а зная их массу, рассчитывают удельную активность нуклидов в исследуемых пробах.

Под радиозэкологическим мониторингом окружающей среды понимают непрерывное измерение мощностей поглощенных или эквивалентных доз ионизирующих излучений в воздухе (или другой среде) и активности радионуклидов [удельной и (или) объемной] в отобранных пробах окружающей среды (почва, вода, воздух, растения и т.д.) и регистрацию этого излучения с целью контроля экологической безопасности окружающей среды, а также для контроля радиационного облучения населения, проживающего вблизи ядерно-энергетических установок. Различают также мониторинг отдельного источника ионизирующих излучений, например АЭС, АТЭЦ (атомная теплоэлектроцентраль) и т. д. Вид и объем мониторинга изменяются в зависимости от условий работы и поставленной задачи (работа в обычных условиях, в условиях аварийной обстановки).

В РФ эти функции выполняют региональные центры стандартизации и метрологии и лаборатории Ростехнадзора и Ростехрегулирования, расположенные в различных районах страны. Наиболее точные измерения выполняют в центрах государственных эталонов РФ - ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (г. Санкт-Петербург) и ВНИИФТРИ (пос. Крюково Московской обл.).

Система метрологического обслуживания радиационного мониторинга опирается на систему государственных эталонов в метрологии ионизирующих излучений, образцовых и рабочих средств измерений.

Лабораторией радиационного контроля Института испытаний исследованы сотни объектов окружающей среды, многие из которых оказались очень опасны. Необходимо развивать технологию радиозэкологического мониторинга.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛА

ГЛУШКОВА Т. А., ТАЛАЛАЙ А. Г., ШИНКАРЮК И. Е.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Процесс добычи, переработки и использования нефти связан с попутным извлечением на земную поверхность естественных радионуклидов (ЕРН). К таким радионуклидам, в первую очередь, относятся радий-226 (продукт распада природного урана-238), торий-232 и калий-40, а также радиоактивные газы радон-222 и радон-220 (торон).

По величинам активности и изотопному составу естественных радионуклидов, попадающих в биосферу, их радиационное воздействие на людей и экосистему может создавать ситуации, при которых требуются меры противорадиационной защиты, включая обеспечение безопасности при обращении с радиоактивными отходами.

Характер радиационной обстановки на объектах нефтепромысла зависит, в основном, от следующих факторов:

- а) от активности или количественного содержания ЕРН в нефти и пластовых водах;
- б) от химического состава пластовых вод и степени обводненности нефти, определяющих степень радиоактивности отложений на оборудовании;
- в) от образования труднорастворимых отложений на внутренних поверхностях трубопроводов, насосов, арматуры, резервуаров и проч.

Нами отработана технология радиоэкологического обследования на ряде объектов нефтегазодобывающего профиля (АО «Нижевартовскнефтегаз», АО «Сибнефть», АО «Черногорнефть»), которая отражена в методических рекомендациях и методиках. Все НТД согласованы с органами Госстандарта РФ (ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, ВНИИФТРИ, Московская область).

Контролируемые параметры и нормы контроля. Целью радиационного контроля является получение информации о радиационной обстановке и ее изменениях на объектах. Радиационный контроль включает:

- а) определение мощности экспозиционной и эквивалентной дозы гамма-излучения на местности в районах добычи нефти, в помещениях различного назначения (производственных, административных, бытовых и т. п.), местах установки и складирования оборудования и т. п.;
- б) определение загрязненности альфа- и бета-активными нуклидами поверхностей оборудования, помещений;
- в) определение удельной активности и радионуклидного состава загрязнений грунта, донных отложений и отложений на оборудовании, дезактивационных и пластовых вод, жидких и твердых отходов;
- г) определение эквивалентной равновесной объемной активности радона.

Методика проведения обследования. Гамма-съемка территорий (МВИ №2-94). Для выявления и оценки участков радиоактивных загрязнений, а также оценки естественного (природного) и техногенного фона гамма-излучения проводится пешеходная гамма-съемка, которая является основным методом изучения радиационной обстановки городских (производственных) территорий.

Гамма-съемка по исследуемым объектам была выполнена с использованием сцинтилляционного радиометра СРП-68-01. Съемка проводилась по сети 20×1 Ом (расстояние между профилями – 20 м, между пикетами – 10 м) масштаба 1:2000. Сеть измерений разбивалась путем глазомерной съемки, расстояния измерялись шагами. Для привязки измерений были использованы планы или схемы территорий. При выполнении съемки велось непрерывное прослушивание через головной телефон радиометра скорости счета импульсов, через каждые 10 м по профилю фиксировались измерения МЭД гамма-излучения при положении блока детектирования на высоте 10 см от поверхности земли, с занесением результата измерения на планшет. В процессе работ обязательному обследованию подвергались «подозрительные» объекты: свалки, кучи привозного грунта, обломки

аппаратуры, оборудования, отработанные трубы, разливы нефти, нехарактерные для обследуемой территории участки почвы, грунта и т. п., расположенные как на профилях, так и между ними.

Кроме того, были выполнены обследования:

- а) мест складирования труб, насосов и прочего оборудования, находившегося, как правило, на стеллажах или на специальных площадках;
- б) помещений: насосных установок, операторских, складов и прочих построек;
- в) резервуаров с нефтью, водой, очистных сооружений, пожарных резервуаров, песколовок, дренажных канав, факельных хозяйств, АЗС.

Определение мощности экспозиционной дозы и мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения в помещениях (МВИ №2-94). Определение мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения проводилось радиометром СРП-68-01, определение мощности эквивалентной дозы (МЭкД) проводилось дозиметром-радиометром ДРБП-03.

Обследование зданий и помещений выполнено по методике, утвержденной Госстандартом РФ. Кроме фиксированных замеров при обследовании было выполнено сплошное прослушивание стен, пола, потолка, оборудования и аппаратуры, находящихся на объектах, радиометром СРП-68-01.

Определение альфа- и бета-загрязнений. Параллельно с гамма-обследованием территорий, оборудования, помещений, выполнены исследования объектов на наличие альфа- и бета-загрязнений. Помещения были обследованы выборочно, по схеме «конверта» (одна точка в центре и четыре на расстоянии 0,5-1,0 м от углов). Показания в каждой контрольной точке проводились три раза и усреднялись.

Определение удельной активности радионуклидов в пробах (МВИ № 1-94). Определение удельной активности в пробах было выполнено в лабораторных условиях гамма-спектрометрическим методом. При этом определение Ra-226 было выполнено по излучению продуктов его распада, находящихся в радиоактивном равновесии после выдержки в течение не менее 15 суток. Определение Th-232 выполнено также по его дочерним продуктам: Ra-228 (Ac-228) и Th-228 (с продуктами распада). Равновесие между Th-228 и его дочерними продуктами было достигнуто при выдержке герметизированных проб.

Результаты обследований нефтепромысла. По результатам выборочного радиационного обследования не выявлено обстановок, не удовлетворяющих регламенту по уровню гамма-излучения, загрязненности радионуклидами поверхности оборудования, радоноопасности помещений, содержания радионуклидов в группе. В ряде случаев отмечены удельные активности естественных радионуклидов, незначительно превышающие регламент в подтоварной воде, добываемой продукции и промывочном растворе. Отмеченные жидкости следует отнести к слабоактивным отходам, однако, допускается их использование, если технологический процесс предусматривает их десятикратное разбавление нерадиоактивными жидкостями. О том, что такое разбавление происходит, свидетельствует тот факт, что в пробах, отобранных на выходах ДНС и КНС, превышений регламента не отмечено.

Выводы. Проведенные обследования показали необходимость совершенствования методических аспектов разработки и внедрения следующих мероприятий:

- проведение обследований на других нефтепромыслах России;
- организация строгого контроля за демонтажем, транспортировкой, дезактивацией и хранением отработавшего технологического оборудования и труб, предотвращение его выноса за пределы хранения и дезактивации;
- организация захоронения загрязненных естественными радионуклидами грунтов, шлама, продуктов дезактивации как радиоактивных отходов;
- проведение исследований процесса выноса на поверхность радона и торона, их концентрации в атмосферном воздухе, а также загрязнений атмосферы, водоемов и почвы альфа-активными дочерними продуктами распада ^{226}Ra и ^{232}Th , обусловленными пылевым уносом почвы и грунта и в районах радиоактивных загрязнений;
- разработка санитарно-гигиенических норм, регламентирующих обращение с радиоактивно загрязненным оборудованием и материалами.

АКТИВИЗАЦИЯ СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

АБАТУРОВА И. В., БОБРОВА Е. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Строительство метрополитенов – один из сложных видов инженерной деятельности, в значительной степени зависящий от геологических условий и всегда вызывающий развитие тех или иных инженерно-геологических процессов. Одним из них самым плохо изученных и непредсказуемых процессов является суффозия, ведь в результате суффозионного разрушения горных пород ухудшаются их прочностные и деформационные характеристики, а также увеличивается проницаемость. Когда испытавшие суффозионное разрушение породы находятся в зоне взаимодействия с каким-либо инженерным сооружением, это может привести к его деформированию.

Итак, при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена необходимо учитывать возможность активизации суффозионных процессов. Образование суффозии возможно при одновременной реализации следующих трех необходимых условий: присутствия в геологическом разрезе разнородных песчаных водопроницаемых пород; гидродинамического воздействия подземных или техногенных вод, движущихся со скоростью, достаточной для размыва и выноса этих пород; наличия свободного пространства, в которое может выноситься разрушенный материал. Естественно, что и при этом виде фильтрационного разрушения пористость грунта увеличивается по сравнению с первоначальным состоянием, увеличивается также и размеры пор грунта, из которого произошел вынос.

Необходимо также отметить одно парадоксальное обстоятельство: суффозия нередко представляет собой побочный результат применения мероприятий по защите от других экзогенных геологических процессов. Естественно при этом снижается эффективность инженерной защиты, и возникают новые непредвиденные проблемы. К сожалению, довольно часто встречаются сопровождаемый провалообразованием суффозионный вынос пород в поврежденные противоположные дренажные штольни и подземная эрозия, активно развивающаяся на контакте пород с конструктивными элементами берегозащитных сооружений и приводящая к их разрушению.

Исходя из всего вышесказанного, необходимо уделять значительное внимание мероприятиям, направленным на оценку суффозионной устойчивости грунтов. Рассмотрим суффозионный процесс и его оценку на примере строительства метрополитена в г. Челябинск.

Для оценки суффозионной устойчивости грунтов в г. Челябинск нами были использованы методики ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева и института ВОДГЕО, в которых особое внимание уделяется определению коэффициента разнородности ($Kd = d_{60}/d_{10}$ (d_{60} , d_{10} – контролирующий и эффективный диаметры соответственно)), коэффициента неравномерности раскладки частиц ($\kappa = 1 + 0,05 Kd$), значения диаметра частиц, которые могут быть вынесены фильтрационными потоками в результате суффозии ($d_{ci\ max} = 0,77 d_{0\ max}$), значение максимального диаметра пор ($d_{0\ max} = 0,455 \cdot \kappa \cdot (Kd)^{1/6} \cdot e \cdot d_{17}$). Кроме того, научно установлено, что суффозия развивается преимущественно в грунтах, у которых коэффициент неоднородности гранулометрического состава более 20, и гидравлический градиент более 3.

Возникновение собственно суффозионного процесса по проектируемой трассе метрополитена г. Челябинска может быть связано с распространением аллювиальных отложений речных долин. Обладая высокой степенью неоднородности, отложения являются благоприятной средой для перемещения мелких частиц в поровом пространстве и последующего их выноса потоком подземных вод. На основе анализа геологического строения были выделены инженерно-геологические элементы, которые при техногенном воздействии могут быть суффозионно неустойчивыми.

С целью проверки суффозионной устойчивости выделенных инженерно-геологических элементов была выполнена обработка гранулометрического состава отобранных нами проб.

Анализ гранулометрического состава грунтов показал, что аллювиальные пески, аллювиальный гравийный грунт с супесчаным заполнителем, палеогеновые пески мелкие, элювиальные пески дресвянистые являются крайне неустойчивыми, так как $K_d > 3$. Палеогеновые пески средней крупности можно отнести к суффозионно устойчивым, так как K_d меняется от 2,7 до 3, реже более.

Для выделенных участков в естественных условиях рассчитан гидравлический градиент. Для расчетов использовались средние значения положения уровня грунтовых вод. Рассчитанные гидравлические градиенты меняются от 0,002 до 0,046, что свидетельствует о невозможности проявления, в пределах выделенных участков, суффозионных процессов в естественных условиях.

Анализ полученных результатов показал, что гидравлические градиенты для условий водопонижения при строительстве метрополитена, в пределах выделенных участков, будут значительно ниже начальных гидравлических градиентов необходимых для развития суффозионного процесса. Это указывает на отсутствие поровой суффозии даже при водопонижении.

Однако некоторые инженерно-геологические элементы отнесены к участкам с развитием потенциально суффозионно неустойчивых грунтов, где проявление суффозионных процессов возможно при увеличении гидравлического градиента до начальных, в результате местных коммунальных утечек, организации локальных дренажных систем и др.

Таким образом, главными критериями для определения суффозионной устойчивости являются зерновой состав, скорость фильтрации и градиент напора. Важно отметить, что если увеличение осадки связано с ростом нагрузки, то при суффозии увеличение осадок происходит при постоянной нагрузке, а далее зависит от степени выноса частиц.

В результате суффозии меняются плотность грунта и его механические свойства, в т. ч. модуль деформации. Это в конечном итоге приводит к дополнительным деформациям при неизменности внешней нагрузки. Поэтому количественная оценка влияния на суффозию перечисленных выше факторов имеет важное теоретическое и практическое значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анিকেев А. В. Суффозия. Классификация процесса // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2006. – № 2.
2. Графический и аналитический способы определения суффозионных свойств несвязных грунтов // Известия ВНИИГ им. Веденеева, 1965. – Т. 38. – С. 255-270.
3. Истомина В. С. Фильтрационная устойчивость грунтов. – М.: Госстройиздат, 1957.
4. Рекомендации по методике лабораторных испытаний грунтов на водопроницаемость и суффозионную устойчивость // Известия ВНИИГ им. Веденеева, Ленинград, 1983.
5. Тер-Мартirosян З. Г., Анисимов В. В., Тер-Мартirosян А. З. Механическая суффозия: экспериментальные и теоретические основы // Инженерная геология. – 2009. – № 4.
6. Трофимов В. Т. Экологическая геодинамика. – М.: КДУ, 2008.
7. Фандюшкин Г. А. Уголь северо-востока России // Горный журнал. – 2005. – Вып. № 3.
8. Хоменко В. П. Оценки суффозионной опасности // Промышленное и гражданское строительство. – 1996. – № 8.
9. Хоменко В. П. Негативное воздействие суффозии на объекты промышленного и гражданского строительства // Промышленное и гражданское строительство. – 2004. – № 4.

ТИПИЗАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КРУПНЫХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

БОБРОВ Д. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В пределах городских территорий геологическая среда характеризуется не только значительной исходной неоднородностью, но и существенной техногенной изменчивостью, различной чувствительностью к резко возрастающим в последние десятилетия масштабам и видам техногенных взаимодействий, связанных с интенсивным строительством, реконструкцией, резко прогрессирующим освоением и активным использованием подземного пространства, возведением строительных объектов повышенного риска и инженерно-технической сложности. Все это определяет высокую динамику изменения геологической среды со временем, особенно в пределах ее верхних ярусов и как следствие возникновение участков нарушенных земель (УНЗ).

Для оценки и прогноза параметров и свойств природно-техногенной системы «УНЗ – окружающая среда» необходима разработка их типизации. Типизация должна базироваться на определенных признаках. В качестве последних предлагаются: генезис нарушенных земель, рельеф, степень обводненности, площадь, инженерно-геологическая характеристика подстилающих пород основания, состав отходов, степень заполнения, возможное направление рекультивации. Важным признаком является генезис участков нарушенных земель, поскольку именно этим признаком определяются их морфологические особенности. Таким образом, подразделение нарушенных земель по происхождению имеет следующий вид (см. таблицу):

- антропогенные;
- природно-антропогенные.

Общая типизация нарушенных земель

Классификационные признаки	Нарушенные земли		
Генезис	Антропогенные		Природно-антропогенные
Рельеф	Насыпи	Карьерные выемки	Заболоченные участки

Одни участки нарушенных земель образованы непосредственно в результате хозяйственной деятельности человека, другие – остаются компонентами окружающей среды лишь косвенно преобразованными.

По рельефу нарушенные земли подразделяются на:

- насыпи;
- карьерные выемки;
- бессточные западины и понижения.

Нарушение земель связано со складированием строительных, промышленных и твердых бытовых отходов.

Карьерные выемки связаны с разработкой залежей полезных ископаемых, имеют преимущественно котловинообразную форму. Часть карьерных выемок используются для санкционированного и несанкционированного складирования строительных, промышленных и бытовых отходов.

Заболачивание изученных участков произошло в результате нарушения поверхностного стока в связи со строительством насыпей автодорог, трубопроводов и т. п.

Насыпи по виду деятельности образующего их предприятия делятся на:

- Инженерно-строительные (ИС);
- Промышленные (П);
- Хозяйственно-бытовые (ХБ).

Вид деятельности предприятия, как правило, обуславливает состав отходов.

Среди различных типов насыпных техногенных грунтов города были выбраны типы грунтов, слагающих массивы несанкционированных строительных насыпей, отвалов и свалок, которые послужили основой для создания данной типизации. Исследуемым типам насыпных грунтов города присвоены номера от 1 до 7 [1, 2]. По вещественному составу, определяющему тип техногенных грунтов, тип 1 (грунты отвалов из подземных горных выработок и строительных котлованов) был дополнительно разделен на две категории (1а и 1б) в связи с различающимся составом (присутствием среди типа 1б раздробленных скальных и полускальных грунтов каменноугольного возраста – отвалов Метростроя). Часто на одном участке распространения техногенных грунтов присутствуют сразу несколько из выделенных типов, в том числе среди планомерно отсыпанных грунтов, которые также рассматриваются среди грунтов строительных отвалов и свалок города [1, 2].

Вид техногенных грунтов строительных отвалов и свалок, как и во многих классификациях, определяется дисперсностью грунтов. В пределах большинства типов выделены виды грунтов: крупнообломочные, песчаные и глинистые (супеси, суглинки, глины). Для типа 4 – отходов разрушенных строительных материалов и конструкций и другого строительного мусора – также крупногабаритные [1,2].

По характеру увлажнения (обводнения) нарушенные земли подразделяются на:

- сухие;
- переувлажненные;
- обводненные, заболоченные.

Основным фактором, определяющим характер увлажнения для сухих УНЗ, является глубокое (относительно днища выемки, подошвы отвала) залегание подземных вод, высокая водопроницаемость пород, недостаточное атмосферное увлажнение; для переувлажненных – близкое (относительно днища выемки, подошвы отвала) залегание подземных вод или значительное количество атмосферных осадков и низкая водопроницаемость пород; для обводненных – выклинивание подземных вод и приток поверхностных вод с образованием открытого водоема при низкой водопроницаемости пород.

Целесообразным является подразделить УНЗ по занимаемой площади:

- мелкие 1-5 га;
- средние 5-15 га;
- крупные 15 и более га.

Наиболее характерными УНЗ по занимаемой площади для г. Екатеринбурга являются средние, в меньшей степени – мелкие и первые проценты – крупные. Следует отметить, что степень влияния НЗ на компоненты окружающей среды прямо пропорционально их размерам (площадям).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобров Д. В. Инженерно-геологическая характеристика нарушенных земель МО г. Екатеринбург, 2009.
2. Викторова М. А. Грунты несанкционированных строительных отвалов и свалок (на примере территории г. Москвы), М., 2007.
3. ОСТ 23 002-97 Состояние земель. Нарушенные, деградированные и загрязненные земли. Классификация.

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

КОРОЛЕВА К. Д.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Город Екатеринбург в настоящее время представляет собой высокоразвитый мегаполис, в котором сосредоточено многоотраслевое машиностроение, металлургическая, химическая промышленность, селитебные зоны с парками, дендрариями и скверами. Рассматриваемой территории свойственно многообразие и сложное сочетание природных, урбанизированных, переходных и антропогенных ландшафтов. В связи с активной застройкой города и строительством метрополитена произошли существенные изменения ландшафта г. Екатеринбурга. При проходке выработок метрополитена происходит сдвигание горных пород, которое достигает земной поверхности, вызывая вертикальную и горизонтальную деформацию грунтов, деформацию земной поверхности, снижение уровня подземных вод. Все это характеризуется существенными изменениями и нарушениями природных ландшафтов и естественной окружающей среды. Так, природные ландшафты переходят в урбанизированные с сопутствующими им техногенными изменениями в почвах, грунтах, растительности и поверхностных и подземных водах. Нивелируются различия между элементарными ландшафтами. На месте автономных ландшафтов возникают дорожные выемки, а подчиненные ландшафты осушаются, засыпаются.

К городу в основном приурочены антропогенные ландшафты. Они характеризуются существенными изменениями и нарушениями природных ландшафтов и естественной окружающей среды.

Застройка территории зданиями и сооружениями, особенно в г. Екатеринбурге, изменяет скорость и направление естественных воздушных потоков, в целом уменьшает вынос загрязненной атмосферы за пределы населенных пунктов и предприятий. Избыточное содержание углекислого газа, окислов азота, сернистых газов, различных аэрозолей, сажи и пыли в атмосфере вызывает «парниковый» эффект, повышая агрессивность атмосферы и ее негативное воздействие на окружающую среду и население.

В центральной части города Екатеринбурга формируется «остров избыточного тепла», над прогретым центром возникает восходящий поток газов, подтягивающий загрязненный воздух с промышленных окраин города.

Существенно изменяется состав подземных вод рек, протекающих через город за счет ливневых, канализационных и промышленных стоков. Основная река Исеть с ее притоками в пределах города полностью изменяет свой естественный состав за счет поступления многочисленных стоков производственных, хозяйственных и ливневых вод. Резко возрастает минерализация вод, количество взвешенных частиц. Воды существенно загрязняются нефтепродуктами, соединениями токсичных тяжелых металлов, другими вредными веществами антропогенного происхождения. Часть вредных компонентов оседает или сорбируется донными илисто-глинистыми осадками, также в своей массе сильно загрязненными токсичными тяжелыми металлами и вредными веществами. На данный момент в городе остался один приток Исети, остальные притоки в трубах-коллекторах протекают под городом, что является примером изменения природного ландшафта в антропогенный.

Городские территории характеризуются большим количеством насыпных грунтов, частично техногенного происхождения (за счет различных шлаков, строительного мусора, щебня и т. п.), насыпных почв (особенно в районах новостроек). Изменение депонирующих свойств почво-грунтов, их повешенная эрозия и денудация (в том числе техногенная) в одних частях города и аккумуляция в других (в виде свалок, насыпей и т. п.) существенно искажают геохимический облик ландшафтов.

Растительность входит в состав биоты ландшафта и играет важнейшую роль в регулировании его функций. К производственным инфраструктурам Екатеринбургского мегаполиса приурочены площади с угнетенной растительностью. Главной причиной угнетения

растительных сообществ являются промышленные выбросы, загрязняющие воздух, почвы и поверхностные воды токсичными веществами, а также снятие верхнего плодородного почвенного слоя, накопленного за тысячелетия. Первичные растительные сообщества полностью исчезли, они заменены древесно-кустарниковой и травяной растительностью лесопарковых и парковых зон, садов, скверов и газонов. Разветвленная сеть дорог и других коммуникаций расчленяют и прореживают растительность.

В основном в г. Екатеринбурге распространен селитебный ландшафт, включающий в себя жилые застройки, комплексы общественных зданий и сооружений, с каждым годом его площадь увеличивается. Техногенный ландшафт, представляющий собой территории промышленных и транспортных предприятий, коммунально-складские службы, наблюдается в промышленных районах города, таких как Уктус, Уралмаш, Эльмаш, Химмаш и ВИЗ. В каждом районе также присутствует и рекреационный ландшафт (лесопарки, парки, дендрарии, газоны, скверы), очень необходимый в наше время для жизни населения, но, к сожалению, в связи с большим развитием инфраструктуры эти ландшафты претерпевают изменения и впоследствии переходят либо в техногенный, либо в селитебный ландшафт.

Все это требует комплексного изучения и повышенного внимания, так как все это влияет на экологию, а впоследствии и на здоровье человека. Необходимость соблюдения принципа постоянного контроля обусловлена открытым, динамичным характером природно-технической системы и составляющих ее элементов, изменения которых надо контролировать для регулирования режима ее функционирования.

Контролировать надо, с одной стороны, особенности функционирования природно-технической системы и ее воздействия на окружающую природную среду и, с другой, влияние меняющихся природных и социально-экономических условий на геотехсистему. Контроль должен осуществляться и на этапе строительства, и на этапе функционирования природно-технической системы. Во время строительства контроль включает в себя наблюдение за воздействиями на свойства ландшафтов в процессе сооружения геотехсистемы, а также наблюдения за осуществлением самого проекта, наблюдение за состоянием элементов внешней среды, в частности, состоянием и изменением важных для человека и биоты характеристик свойств компонентов (воздуха, воды, солнечной радиации), соотнесение полученных данных с нормативными стандартными характеристиками, выявление источников, факторов негативного воздействия.

Очень существенно ведение системы контроля не только на проекты новых природно-технических систем, но и на уже действующие. Подсистема контроля и призвана дать своевременные сигналы о необходимости корректировок в запроектированный режим функционирования природно-технической системы с учетом происходящих изменений, что позволит рационально построить оперативное управление этой системой.

Ландшафтно-экологическое проектирование должно быть территориально дифференцированным, т. е. природно-технические системы должны проектироваться с учетом природных и социально-экономических условий каждого конкретного региона и его внутренних различий. При проектировании важно учитывать огромное разнообразие и отличие друг от друга ландшафтов разных рангов, прежде всего потому, что они характеризуются разными показателями устойчивости к воздействиям, неодинаковой способностью к саморегуляции и отсюда – разными возможностями восстановления своих, важных для общества свойств.

Также нужно проводить защитные мероприятия, как на стадии проектирования, так и в процессе функционирования геотехсистемы. Очевидно, что наиболее оптимально осуществление защитных мер на стадии проектирования. В этот период имеется больше всего возможностей обеспечить безопасность природной среде, заранее предусмотрев и проведя соответствующие мероприятия.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ И СУММАРНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРВОУРАЛЬСКО-РЕВДИНСКОГО ПРОМУЗЛА)

СЫЧЕВ Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Объектом исследования является промплощадка Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ), расположенного на расстоянии 50 км западнее г. Екатеринбурга. Metallургическая промышленность является основной отраслью производства, формирующей экономику Свердловской области. С другой стороны, именно металлургические предприятия являются основными источниками выбросов в атмосферу, нанося, таким образом, значительный ущерб окружающей среде региона.

Снижение загрязнения окружающей среды возможно путем соответствующих природоохранных мероприятий. Для установления эффективности проведения таких мероприятий необходима оценка загрязнения окружающей среды на основе экологического мониторинга.

На территорию воздействия загрязняющих веществ входят г. Первоуральск, г. Ревда, жилая застройка, садово-дачные кооперативы, лесные массивы, заповедные места, такие как гора Волчиха и р. Чусовая. Исходя из этого, необходимо рассмотреть ситуацию окружающей среды и воздействие на земельные участки.

Весь эмпирический материал собран в районе действия сосредоточенного источника эмиссии поллютантов, представляющего собой трубу конверторного производства, расположенную на промплощадке СУМЗ. Ключевое отличие данного объекта от других (например, от участков с площадным загрязнением) заключается в градиентной природе загрязнения. С удалением от источника выбросов происходит постепенное (но не всегда гладкое) уменьшение поступления поллютантов, соответственно, экосистемы получают все меньшие дозы токсических нагрузок. Из-за этого импактный регион представляет собой специфическую пространственную структуру из концентрически расположенных зон с разной степенью загрязнения и, соответственно, различным уровнем трансформации экосистем.

Специфика токсического эффекта выбросов медеплавильного производства заключается в суммарном действии сернистого ангидрида и тяжелых металлов (сернистый ангидрид + свинец). Сернистый ангидрид подкисляет водную среду природных систем, этим увеличивает подвижность металлов (биогеохимическую активность). При этом многократно возрастает токсичность этих металлов по отношению к биологическим объектам природы.

Для определения степени загрязнения изучаемой территории была проведена снеговая съемка. Снеговая съемка – это определенная сеть точек, по которой отбираются пробы снегового покрова. Снеговой покров рассматривается как удобный по степени доступности индикатор загрязнения окружающей среды. Точки опробования располагались достаточно равномерно по всей изучаемой территории относительно источника загрязнения. Всего было организовано 52 точки опробования снежного покрова. Методика отбора проб стандартная, изложена во «Временных методических указаниях Госкомгидромета» (1985). Площадь исследования составила 37 км². Лабораторные исследования снеговой воды выполнены в аккредитованной на данные виды исследований химической лаборатории УГГУ.

По расчетам были построены карты пылевой нагрузки на 2006 и 2009 гг. За 2006 год фон составил 13 кг/км²·сут, а за 2009 год – 12 кг/км²·сут. По картам пылевой нагрузки относительно фона максимальное накопление пыли в снеге концентрируется непосредственно около источника выброса (СУМЗа) и его прилегающей территории. К прилегающей территории относится гора Змееныш, которая находится на юго-востоке территории близко к Волчихинскому водохранилищу. И другая точка с наибольшим значением пылевой нагрузки, кроме промплощадки СУМЗа, это Трудоселок и гора Пильная на северо-востоке территории.

В непосредственной близости от завода протекает р. Чусовая, вода которой втекает в Волчихинское водохранилище и далее используется для питьевых нужд.

Кроме Среднеуральского Медеплавильного Завода на данной территории находятся еще много предприятий, таких как Первоуральский новотрубный завод, ОАО «Ревдинский кирпичный завод» и др.

Соответственно, исходя из полученных данных, можно говорить о воздействии предприятия на земельные ресурсы данных заповедных мест. В 2010 году проводились природоохранные мероприятия по увеличению очистки отходов предприятия и уменьшению загрязнения прилегающей территории.

На карте 2006 года заметно воздействие второго (другого) источника загрязнения (в восточной части). На карте 2009 года видно, что ореол территории с превышающими значениями пылевой нагрузки относительно фона сдвинулся на северо-восток. Это может быть связано с климатическими условиями данной территории. Площадь воздействия Среднеуральского медеплавильного завода составила 15 км², а наиболее загрязненные участки заняли площадь 10 км². Также была посчитана пылевая нагрузка и на 2010 год. В сравнении с прошлыми годами, значения пыли снизились на порядок (в 8 раз).

Результаты исследований, с одной стороны, позволяют говорить о некоей стабильности сложившейся на данной территории ситуации, при этом налицо положительный процесс снижения (улучшения) ее как результат внедрения природоохранных мероприятий. Предложенная методика вполне может применяться для контроля за эффективностью таких мероприятий как на ОАО «СУМЗ», так и на других металлургических предприятиях Свердловской области, тем более они и создают основу экономики области.

Почвы представляют собой биокосные природные тела, в которых сосредоточена основная масса живого вещества суши. Оно осуществляет грандиозную геохимическую работу, поддерживающую равновесное состояние биосферы. Нормальное экологическое состояние почвенного покрова Земли – одно из главных условий не только высокого уровня и качества биопродукции, но и сохранения устойчивости среды обитания в целом.

Положение почв на поверхности Земли предопределяет высокую опасность химического загрязнения. В ряду депонирующих природных сред почвы, как показала мировая статистика, испытывают наибольший техногенный пресс токсикантов, поступающих с атмосферными осадками, осаждающихся в виде сухих аэрозолей, привносимых с удобрениями, ядохимикатами, различного рода компостами и др. Химические загрязняющие вещества поступают в основной массе в верхние, наиболее экологически ранимые горизонты почв.

Тяжелые металлы (ТМ), попавшие в почву в результате техногенного воздействия промышленных объектов, сразу поступают в природный миграционный процесс. Некоторая часть подвижных форм закрепляется почвенными органо-минеральными сорбентами, какая-то часть усваивается растительным ценозом, большая часть становится механической составляющей почвы. С течением времени соединения ТМ переходят из одной среды в другую (аэрозоли – выпадения на почву – растения – растительный опад – почвы), принимая активное участие в экологическом круговороте веществ, изменяя формы нахождения, но неизменно оставаясь в пределах данного элементарного ландшафта.

Несмотря на интенсивность протекающих геохимических процессов, продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почвах гораздо больше, чем в других частях биосферы, и загрязнение почв, особенно тяжелыми металлами, по-видимому, практически вечно. Металлы, накапливающиеся в почвах, медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Период полуудаления тяжелых металлов из почв сильно варьирует и составляет: для Zn от 70 до 510 лет, для Cd от 13 до 1100 лет, Cu от 310 до 1500 лет и для Pb от 740 до 5000 лет.

В зависимости от свойств и режимов почв, а также характера поступающих загрязнителей, соотношение процессов аккумуляции, трансформации и рассеяния изменяются. Именно поэтому при картировании техногенного загрязнения урбанизированных территорий нельзя ограничиваться изучением лишь валового количества загрязняющих веществ, в том числе ТМ.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ В Г. ХАНТЫ-МАНСИЙСКЕ

АБАТУРОВА И. В., ТАКТУЕВ Е. М.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время на территории г. Ханты-Мансийска активно проявляются геодинамические процессы, угрожающие существующим объектам инфраструктуры, в том числе и оползнеобразование, которое при отсутствии должных наблюдений может привести к аварийным ситуациям. Поэтому оценка динамики развития оползневых явлений занимает значимую часть в составе мониторинга экзогенных геологических процессов и является актуальной проблемой, позволяющей управлять процессом.

Формирование оползней – это сложный и многофакторный процесс, зависящий от:

- рельефа,
- литологического состава пород,
- инженерно-геологических свойств горных пород,
- гидрогеологических условий,
- техногенных воздействий.

В геологическом отношении территория г. Ханты-Мансийска представлена двумя различными комплексами пород: породами аллювиального генезиса террасового комплекса р. Иртыш и породами озерно-морского генезиса V террасы Самаровского поднятия.

Разрез террасового комплекса характеризуется выдержанными территориально и по мощности геологическими слоями пород. Разрез Самаровского останца более сложен, для него характерны невыдержанные по мощности слои, частое переслаивание пород, наличие в разрезе разрозненных водоносных горизонтов, приуроченных к линзам и прослоям песчаного и галечникового материала.

В целях оценки оползневой опасности склонов Самаровского останца заложена реперная сеть, охватывающая участки наиболее подверженные процессу оползнеобразования.

В качестве индикационных признаков проявления оползневого процесса использовались следующие:

- оползневые трещины;
- оползневые цирки;
- плоскости и бровки срыва;
- валы, образующиеся у подножия склона в результате выпора пород;
- оползневые;
- «пьяный лес»;
- наличие деформаций в сооружениях, расположенных в зоне влияния оползневого процесса.

По результатам наблюдений установлено, что в пределах изучаемой территории выделяются оползания структурно-пластические, пластические и оползни-блоки.

Пластическое оползание приводит к формированию сплывов и оплывин. Такие оползни встречаются преимущественно в пределах наиболее крупных оврагов. Размеры оплывин меняются следующим образом: длина от 1-3 до 5-9 м, ширина – до 15 м, глубина захвата – от 0,5 до 2,5 м. Углы наклона склонов, на которых формируются оплывины, как правило, не превышают 25°. Оплывины имеют языковидную форму, в местах их образования первоначально развиваются закольные трещины шириной 5-15 см, далее – трещины отрыва с вертикальными стенками, затем – циркообразные котловины.

Наиболее широко в пределах исследуемой территории развито формирование оползней-блоков с элементами структурно-пластичного оползания. Такие оползни были отмечены на южных, юго-западных и юго-восточных склонах Самаровского останца. Оползневые склоны сложены супесчано-песчаными породами с редкими прослоями суглинков и супесей. Высота склона нередко достигает 25-30 м. Размеры оползней данного типа меняются следующим образом: длина от 3 до 20-25 м, шириной – до первых десятков метров, глубина захвата – от

1,0 до 3,0 м. Угол наклона оползневых масс – от 20-35 до 45 °. Движение оползня идет ступенями.

Инструментальные замеры показали, что интенсивность подвижек неравномерна во времени. Основные движения характерны для влажного летнего периода, при выпадении атмосферных осадков и просачивании подземных вод. Максимальные значения подвижек грунтовых масс за летний период зафиксированы на участке склона, подрезанного при строительстве новой объездной автодороги, они составили 13,9-14,9 см. Наряду с замерами движения тела оползня выполнялись работы по определению границы ослабленной зоны, по которой идет движение оползня. Всего было выбрано 5 участков с различными условиями образования оползней. На них пробурено около 20 скважин ручного бурения. В результате выяснено, что зона ослабления находится на глубине 2,34-2,52 м. В настоящий момент продолжают наблюдения за движениями оползней на территории.

Повторные наблюдения, выполненные через год, показали, что треть реперных участков утеряна в результате активизации оползневого процесса. Замеры, выполненные на уцелевших участках, позволили сделать вывод, что оползневой процесс активно развивается и продолжается. На тех участках, где по замерам прошлых лет подвижки были зафиксированы в пределах 1-3 см, в данный момент составляют уже более 10-15 см (см. таблицу) или близки к ликвидации.

Результаты замеров движения оползневых масс

№ реперного участка	Дата замера				
	17.07.2008	30.07.2008	11.08.2008	06.09.2008	01.08.2009
5	0	3,3	3,6	13,9	227,6
	0	7,4	11,4	14,9	16,2
14	2,9	3,2	5,4	3,7	129,4
1	0	1,9	1,9	3,6	156,0
	0	1,1	4,7	5,7	148,0
	0	0	0	0	152,0
2	0	6,1	8,1	8,8	36,7
6	0	0	0,9	1,5	27,1

ИЗУЧЕНИЕ ПУТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА УЧАЛИНСКОГО ГОКА

БАТАЛОВ А. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Хвостохранилище – комплекс сооружений, предназначенных для складирования твердых и жидких отходов горнорудных предприятий черной и цветной металлургии, образующихся при обогащении руд (хвостов). При использовании мокрого процесса обогащения эти отходы поступают в хвостохранилище в виде пульпы с отношением количества твердых минеральных частиц к воде (Т:Ж), достигающим 1:15 – 1:30 [1]. К примеру, на хвостохранилище Учалинского ГОКа соотношение Т:Ж (по весу) 1:4,6.

Твердые частицы осаждаются в хвостохранилище, а осветленная вода отводится для повторного использования или сбрасывается в водоем. В состав хвостохранилища входят плотины (дамбы) первичного и вторичного обвалования, гидроотвал, противофильтрационные устройства, дренажные и водосбросные сооружения.

С целью предотвращения загрязнения окружающей природной среды, а также для отстаивания, осветления, испарения, для очистки и накопления при повторном использовании в системе водооборота или перед сбросом в водоемы, сточные воды аккумулируют в специально подготовленных земляных емкостях.

Хвостохранилище представляет собой, прежде всего, источник загрязнения поверхностных вод. В основу организации любого хвостохранилища, предназначенного для складирования хвостов обогащения цветных руд, положена идея смешения сточных вод разного (по величине рН) состава – от сильнокислых (рН=2,8-4,5) до сильнощелочных (рН=10-11). Перемешивание таких вод в единой емкости должно было бы привести к образованию околонеutralных вод, но по факту такая система не является результативной, так как подотвальные воды сильнокислые, а дренажные воды сильнощелочные, и в целом оборотная вода хвостохранилищ также отличается кислой реакцией среды, то есть нейтрализации воды в них не происходит.

Загрязнение окружающей среды в районе размещения хвостохранилищ предприятий цветной металлургии происходит двумя путями: загрязнение поверхностных вод за счет сброса забалансовых вод и вторичное загрязнение за счет загрязненных донных отложений, приводящих к непрекращающейся даже после консервации хвостохранилищ миграции тяжелых металлов в поверхностные и подземные воды.

Территория Учалинского ГОКа принадлежит бассейну р. Урал, а сбросы дебалансовых вод осуществляются в р. Буйда (правый приток р. Урал).

Таким образом, хвостохранилище Учалинского ГОКа представляет собой гидротехническую систему открытого типа, при эксплуатации которой происходит загрязнение поверхностных вод и донных отложений тяжелыми металлами в различных физико-химических формах их существования.

Изучение опыта эксплуатации хвостохранилища Учалинского ГОКа и данных мониторинга поверхностных вод позволяют определить основные пути формирования загрязнения поверхностных вод, оценить масштабы этого процесса, чтобы обосновать систему защитных мероприятий для контроля и управления этим процессом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Недрига В. П. Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1983.
2. Емлин Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. – Свердловск: Изд-во УГГГА, 1991.

КОНОВАЛОВСКАЯ ПЕЩЕРА СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА

МУСИХИН А. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Карст понимается как процесс разрушения и растворения горной породы под действием воды, при стечении определенных факторов. Первое условие карста – это наличие растворимых пород. По составу вмещающих пород определяют три вида карста:

- 1) карбонатный – преимущественно известняки и доломиты;
- 2) сульфатный – гипсы и ангидриты;
- 3) галоидный – галит, сильвин, карнолит.

Второе обязательное условие карста – это водопроницаемость пород, что подразумевает собой трещиноватость для движения подземных вод и выноса материала. Третье условие – это поступление агрессивной воды, например с осадками. Агрессивность воды необходима для растворения карстующихся пород, она может быть выражена температурой, наличием микроорганизмов, присутствием газов (CO_2 , H_2S). В инженерной геологии, в соответствии с определениями Ф. П. Саваренского, И. В. Попова и Д. С. Соколова, под карстом следует понимать геологические процессы в основном химического взаимодействия растворимых пород и движущихся подземных или поверхностных вод, создающих характерные геологические явления, в виде: 1) особых субтерральных накоплений; 2) своеобразных форм рельефа – воронки, кары, замкнутые котловины, овраги и т. д.; 3) подземных форм – пещеры, каналы, колодцы, шахты.

Пещеры известны человеку со времен его появления, использовались в качестве жилья и укрытия. Все это в основном за счет своего микроклимата: почти во всех пещерах температура положительная, около 4-8 °С. В настоящее время пещеры являются памятниками природы и предметом изучения ученых.

Пещера Коноваловская находится в Североуральском спелеологическом районе, была открыта в 60-х годах прошлого столетия. Расположена в долине р. Вагран, в пригороде г. Североуральска.

Геологическая характеристика района. Неподалеку находится известное месторождение СУБР. Пласты бокситов заключены между толщами известняков разной мощности, залегающих под крутым углом. Карстующиеся породы представлены нижнедевонскими известняками разной структуры. В верхней части – тонкослоистыми известняками, ниже – крупнослоистыми, с включениями морских раковин, что прослеживается внутри пещеры на ее стенах и потолке.

Гидрогеологическая характеристика. С целью защиты шахт от затопления построена гидротехническая система. Руслу ручьев и рек заключены в бетонные берега, сооружены два водохранилища, система каналов-дублеров для отвода воды в случае паводка или аварии. Построены мощнейшие дренажные узлы, надежно прикрывающие месторождения с флангов.

Описание пещеры. Пещера Коноваловская находится в массиве известняков нижнедевонского возраста. Вход представляет собой воронку на крутом склоне долины р. Вагран. Пещера имеет многоуровневое строение, преобладают узкие горизонтальные ходы, небольшие гроты, меньше – колодцы, уступы. Протяженность ходов более 1000 м. Пещера Коноваловская приобрела свою уникальность благодаря обширной пещерной фауне (летучие мыши) и необычным формам натечных образований из кальцита (сталактиты, сталагмиты, кароллиты, сталагматы).

В качестве вывода можно сказать, что пещеры Урала, несмотря на сравнительно небольшие размеры и перепады высот, имеют большую ценность как для науки, так и в качестве природных памятников, требующих охраны.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ТЭС УРАЛА И СИБИРИ

КРАСНЕНКО Т. И.^{1,2}, СИРИНА Т. П.^{1,2}, ЧВАНОВА А. Н.²

¹ Институт химии твердого тела УрО РАН

² ГОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет»

Отходы теплостанций, сжигающих сернистый ванадийсодержащий мазут, являются техногенным ресурсом ценных металлов – никеля и ванадия. Отходы ТЭС отличаются от титано-магнетитовых руд более высоким содержанием ценных компонентов: 1,5-50 % V_2O_5 , 0,5-8 % NiO. В России наиболее богаты ванадием нефть Тюменской области (14 г ванадия на 1 т) и нефть Волго-Уральского региона (20-22 г на 1 т). Если учесть, что при получении ванадия из железо-рудного сырья 87 % всей энергии расходуется на добычу, обогащение и переработку низкосортных руд, причем производство сопровождается значительными потерями ванадия, а обогащение ванадием при сжигании топлива на ТЭС происходит попутно, то очевидна экономическая целесообразность использования отходов как нового источника ванадия и никеля. Вовлечение в переработку этого вида сырья имеет для России большое экологическое и хозяйственное значение, позволяет существенно расширить сырьевую базу ванадия и никеля, сэкономить минеральные ресурсы Урала и Сибири, улучшить экологическую обстановку в промзонах ТЭС, снизить загрязнение воздушной атмосферы пылевидными ванадийсодержащими золами, а также устранить сброс токсичных растворов.

Усредненный химический состав отложений в пересчете на оксиды содержит [1], %: V_2O_5 – 10-42; Na_2O – 5-9; MgO – 3-10; CaO – 2-10; NiO – 2-6; Al_2O_3 – 6-10; Fe_2O_3 – 10-20; SiO_2 – 10-20 %. Ванадий в этих отложениях в основном входит в состав ванадатов натрия, магния, кальция и никеля, оксидных натрий-ванадиевых бронз (ОВБ), шпинелей, силикатных фаз, пятиокиси ванадия. Сера присутствует в водорастворимых кристаллогидратах сульфатов никеля, железа, натрия, магния, сульфата ванадила и малорастворимого в воде кристаллогидрата сульфата кальция.

Сложный состав энергетических отходов ТЭС, наличие ванадия в различных степенях окисления, усложнение состава композиций за счет целевых добавок, вводимых для более полного извлечения ценных компонентов, обусловили создание физико-химической модели способов экологически безопасной утилизации канцерогенных соединений серы, углерода и бенз(а)пирена, извлечения из отходов ТЭС, сжигающих ванадийсодержащий мазут, ванадия и никеля.

Поскольку большая часть соединений серы, входящих в состав образующейся на стенках воздухоподогревателя золы, водорастворима, десульфурация отходов ТЭС может быть проведена предварительной обработкой раствором карбоната натрия. За счет обменных реакций карбоната натрия с растворимыми сульфатами железа, никеля, магния и гипса образуются осаждающиеся карбонаты: $Fe(Ni, Mg, Ca)SO_4 + NaCO_3 = Fe(Ni, Mg, Ca)CO_3 \downarrow + Na_2SO_4$.

Утилизация углерода из отходов ТЭС может быть осуществлена его выжиганием. Эксперименты, проведенные в лабораторных условиях, показали, что этот процесс необходимо проводить в интервале температур 600-850 °С [2]. Наряду с выжиганием углерода при обжиге отходов ТЭС, согласно [1], полностью уничтожается бенз(а)пирен.

На ТЭС также складываются отходы, образующиеся при подготовки питательной воды котлоагрегатов за счет обработки «сырой» воды гидроксидом кальция и сульфатом двухвалентного железа с целью снижения ее жесткости. Исследование фазового состава сухих шламов химической водоочистки (ХВО) показали, что основу этих материалов составляет кристаллическая фаза $CaCO_3$, а после прокалки при 1000 °С они содержали 95 % CaO и 5 % $Ca_2Fe_2O_5$, что обуславливает его применение в качестве известьсодержащего материала.

Цель технологических приемов переработки ванадиевого сырья состоит в получении богатых по ванадию товарных продуктов, к которым, в первую очередь, относится техническая пятиокись ванадия (90-95 % V_2O_5) или концентраты, пригодные для использования в

металлургии и других производствах. Присутствие оксидов кальция и натрия в отходах ТЭС предполагает возможность переработки их по схеме: обжиг, последующее извлечение ванадия в растворы и гидролитическое осаждение пятиоксида ванадия. Рассмотрим варианты обжига отходов ТЭС с различными добавками. В процессе обжига с натрийсодержащими добавками (Na_2CO_3 , Na_2SO_4 и др.) образование ванадатов натрия обязательно проходит через стадии формирования ОББ, имеющих низкие температуры плавления (592° , 736°C) и эвтектической смеси, содержащей ОББ и метаванадат натрия (542°C). Это приводит, как правило, к спеканию шихты и снижению степени извлечения ванадия в растворы из-за неполного окисления ванадия и образования водорастворимого NaVO_3 , так как ОББ – это малорастворимые соединения не только в воде, но и в кислотах.

Присутствие NiO в отходах ТЭС влияет на фазообразование при обжиге, обуславливающее эффективность последующего извлечения ванадия в растворы. Ванадаты никеля, так же, как и ОББ, малорастворимы в воде и кислотах. Изучение сечения $2\text{NaVO}_3\text{-Ca}(\text{VO}_3)_2\text{-Ni}(\text{VO}_3)_2$ четверной диаграммы состояния системы $\text{V}_2\text{O}_5\text{-NaVO}_3\text{-Ca}(\text{VO}_3)_2\text{-Ni}_3(\text{VO}_4)_2$ показало термодинамическое равновесие NaVO_3 не только с мета-, пиро- и ортованадатами, но и с ОББ и $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$. Таким образом, извлечение ванадия в растворы будет низким не только при обработке водой, но и кислотами.

Во всех отходах ТЭС присутствуют соединения магния. Исследование сечения $\text{NaVO}_3\text{-Ca}_2\text{V}_2\text{O}_7\text{-Mg}_2\text{V}_2\text{O}_7$ показало, что за счет введения в систему оксида магния в присутствии CaO возможно получение целого ряда кислоторастворимых соединений: $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{VO}_3)_4$, $\text{Mg}_2\text{V}_2\text{O}_7$, $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ и твердых растворов на основе двух последних ванадатов. При этом бронза присутствует в сочетании с водорастворимым соединением NaVO_3 и кислоторастворимым $\text{Mg}_2\text{V}_2\text{O}_7$, что при высоком содержании кальцийсодержащих добавок и незначительном содержании Na_2O в исходном материале приведет к малым потерям ванадия при извлечении его в растворы.

Введение в состав шихты перед обжигом кальций-магниевых-содержащих шламов ХВО может нивелировать влияние Na_2O , присутствующего в исходных отходах ТЭС, так как ванадаты кальция и магния и натрий-кальциевый ванадат относятся к кислоторастворимым соединениям. Эффективность использования шлама ХВО в качестве кальцийсодержащего компонента для извлечения ванадия из отходов ТЭС исследована нами в лабораторных условиях. В частности, изучен переход ванадия из термообработанной смеси «среднестатистическая зола ТЭС + шлам ХВО» (обжиг при 850°C в течение 1 ч) в сернокислый раствор ($\text{pH} = 2,5\text{-}4,5$; температура 20°C ; продолжительность выщелачивания 30 мин). Используемая зола содержала (в пересчете на оксиды), % масс.: $\text{V}_2\text{O}_5 - 6,5$; $\text{CaO} - 2,5$ и $\text{Na}_2\text{O} - 1$. В указанном режиме степень извлечения ванадия при $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5 = 2,5$ составила 82 %. Добавка к исходному шламу ХВО Na_2CO_3 из расчета $\text{CaO}:\text{Na}_2\text{CO}_3 = 9:1$ (по массе) и увеличение продолжительности обжига до 2 ч повысило извлечение до 90 %, повторная обработка образца кислотой при $\text{pH} 0,5\text{-}9,8$ %. Таким образом, подтверждена принципиальная возможность использования отходов ТЭС – ванадийсодержащих продуктов сгорания мазута и кальцийсодержащих шламов водоочистки, промышленного извлечения ванадия.

Совместное использование двух отходов ТЭС, ванадийсодержащих шлаков и кальцийсодержащих шламов ХВО позволяет получить товарную ванадиевую продукцию [3]: техническую пятиокись ванадия, фазу, содержащую никель, железо и гипс, являющуюся комплексной шихтой для выплавки ферроникеля, и обожженную известь, широко используемую в металлургии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слободин Б. В., Красненко Т. И., Добрынин Б. Е., Сирина Т. П. Отходы теплоэлектростанций-промышленное сырье для извлечения ванадия // Металлург. – № 8. – 2001.
2. Сирина Т. П., Мизин В. Г., Рабинович Е. М., Слободин Б. В., Красненко Т. И. Извлечение ванадия и никеля из отходов теплоэлектростанций. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001.
3. Мизин В. Г., Рабинович Е. М., Сирина Т. П., Добош В. Г., Рабинович М. Е., Красненко Т. И. Комплексная переработка ванадиевого сырья: химия и технология. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ

ТЕЛЕГИН И. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», ОАО «ПНИИИС»

Землетрясения — подземные толчки и колебания поверхности Земли, вызванные естественными причинами (главным образом, тектоническими процессами) или искусственными процессами (взрывами, заполнением водохранилищ, обрушением подземных полостей горных выработок). Небольшие толчки могут вызываться также подъёмом лавы при вулканических извержениях.

В течение многих лет существования человечества землетрясения унесли множество жизней и стали причиной тяжелых экономических последствий (многомиллиардных убытков, прерывания деловой активности, разрушения инфраструктуры). Всё это служит толчком к исследованиям, направленным на выявление уровней сейсмической опасности и сейсмического риска, особенно принимая во внимание тот факт, что значительная часть территории РФ относится к сейсмическим районам (согласно нормативным картам Общего Сейсмического Районирования, которые разрабатываются под руководством В. И. Уломова в ИФЗ РАН).

В первую очередь, землетрясения предполагают физические повреждения зданий и сооружений, а также инфраструктуры, важных военных и гражданских объектов. Кроме того, обычно выделяют и другие повреждающие факторы сейсмического воздействия, называемые вторичными. К их числу обычно относят социальные, непрямые экономические и экологические последствия землетрясений (а также эффекты от вторичных сейсмогенных природных процессов).

Термин «сейсмический риск» объединяет все вышеперечисленные факторы, включая вторичные. В общем случае под риском понимается совокупность последствий одного или нескольких предполагаемых событий. В данном случае под событиями понимаются землетрясения как опасные природные процессы. Сейсмический риск, в частности, включает в себя результаты оценки сейсмической опасности и отражает численные и вероятностные характеристики ущерба, вызванного природным явлением. Для большинства целей управления (в контексте принятия решений) сейсмический риск можно определить как потенциальные экономические, социальные и экологические последствия опасного явления, которое может произойти в определенном временном интервале. Само понятие сейсмического риска не существует без набора объектов, ему подверженных. Таким образом, с увеличением числа потенциально уязвимых объектов растет и значение параметра сейсмического риска.

Сейсмический риск нельзя полностью устранить, но при условии получения достаточно точных численных оценок (т. е. при использовании широкого набора данных и гибкой методологии), его можно минимизировать. Исследования по оценке сейсмического риска могут проводиться с целью содействия специалистами в областях планирования развития урбанизированных территорий (результатом такой работы будет являться план развития), предотвращения чрезвычайных ситуаций (конечным результатом может быть, к примеру, программа действий при ЧС). При оценке сейсмического риска часто прибегают к формированию сценарных землетрясений (как правило, на основе исторических событий такого рода) и оценке потенциальных повреждений и убытков. Компонентами такого сценария являются: оценка сейсмической опасности; выявление объектов, подверженных эффектам опасных явлений; а также сбор, анализ и интерпретация информации об их уязвимости.

Исторически сложилось, что исследования сейсмической опасности предшествуют оценкам сейсмического риска. В зависимости от масштаба карт сейсмической опасности (ОСР, ДСР, СМР) оценку сейсмического риска можно производить с различной точностью.

Анализ сейсмической опасности предполагает получение численных оценок предполагаемой силы сотрясений на участке исследований (расчет силы сотрясений производится с учетом ближайших источников: исторических событий, зон ВОЗ и т. д.). Такой

анализ находится «на стыке» двух отраслей: геологии и сейсмологии, хотя привлекаются и другие данные инженерного характера.

В техническом смысле термин сейсмической опасности ограничивается только численной оценкой сотрясений на участке исследований и не включает соответствующее влияние на здания и сооружения. Общая методология оценки сейсмической опасности включает моделирование источника сейсмических колебаний (его формы, параметров), выявление закона затухания этих колебаний, а также учет локальных эффектов усиления сотрясений (грунтовых условий в пределах исследуемой территории).

Существует несколько общих подходов к оценке сейсмической опасности: детерминистский (разработка сценариев землетрясений), вероятностный (включающий параметры силы землетрясения, его местоположения и даты) и стохастический. При вероятностном подходе численной оценкой является либо вероятность превышения определенной силы сотрясений, либо выявляется сила сотрясений, которая со строго определенной вероятностью может быть превышена в течение некоторого временного интервала. Локальные условия (к примеру, грунтовые) могут существенно влиять на такие характеристики сейсмического воздействия, как магнитуда, частотный состав и продолжительность, а также могут обуславливать такие явления, как тиксотропное разжижение грунтов.

После анализа сейсмической опасности обычно оценивают, какие объекты оказались подвержены её поражающим факторам. В зависимости от масштаба исследований по оценке сейсмического риска, к объектам могут относить как одно здание со всем его содержимым, так, к примеру, и все объекты строительства в регионе, включая здания и их содержимое, инфраструктуру и коммунальные структуры.

Для выявления полного перечня объектов, подверженных влиянию поражающих факторов природной опасности необходима стандартизованная и систематизированная инвентарная база, классификация сооружений внутри которой должна производиться с учетом их типов, предназначения и функций (только таким образом можно получить реалистичные численные оценки сейсмического риска). В настоящее время процесс формирования инвентарных баз идет во многих странах мира. К примеру, набор данных инвентаризации, а также система классификации были разработаны в Калифорнии в контексте проекта АТС-13. Эта система позже была использована в качестве методологической основы для комплекса оценки рисков HAZUS. Аналогичные мероприятия проводятся и в Новой Зеландии в контексте формирования системы RiskScape NZ.

Для проведения детального анализа необходимы данные соответствующей детализации. Однако каждая страна в процессе формирования таких данных сталкивается с определенным набором трудностей. Основным фактором являются необходимость весьма тесного сотрудничества между правительственными и частными организациями (для того, чтобы получить кадастровые, демографические, инженерные и другие данные по государственным и негосударственным объектам).

Сейсмическая опасность и объекты в пределах одной и той же территории, с точки зрения описываемой методологии, связаны через понятие уязвимости. В общем случае, сейсмическую уязвимость можно охарактеризовать как степень чувствительности некоторого набора объектов к воздействию сейсмического фактора. Уязвимость обычно измеряется в процентах (либо как число от 0 до 1) для каждого из уровней силы природного воздействия. В случае если число анализируемых объектов велико, часто уязвимость назначается не для каждого отдельного сооружения, а для целого класса однотипных сооружений. Результатом анализа уязвимости являются различные степени повреждаемости сооружений в зависимости от магнитуды сотрясений. Как правило, в контексте такого анализа выделяется несколько степеней повреждений (от полного отсутствия повреждений до полного обрушения здания), которые может получить сооружение в результате сейсмического воздействия.

ОАО «ПНИИИС» в рамках ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009-2013 годы» ведет разработку собственных методик, а также Единой Информационной Системы «Сейсмобезопасность России», с учетом анализа различных аспектов похожих систем и методов, используемых в России и других странах (США, Новой Зеландии и др.).

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ И СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ВПЕРЕДИ ЗАБОЯ СТРОЯЩИХСЯ ТОННЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДИК ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

ВЛАСОВ С. В., ВЛАСОВ В. В.
ООО «Сочитранстоннельпроект ТО-44»

ПИСЕЦКИЙ В. Б., ЗУДИЛИН А. Э.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В докладе приведены материалы по опыту применения оригинальной методики, основанной на поляризационных системах наблюдений сейсмических волн с целью оценки структуры и состояния горного массива впереди забоя строящихся тоннелей в районе г. Сочи.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие коренные породы верхнего палеогена хостинской и сочинской свит, представленные неритмичным субгоризонтальным чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников. Породы относятся к полускальным и скальным. Мощность литологически однородных слоев – от первых сантиметров до 0,6-0,7 м, редко более 1-го метра. Район характеризуется наличием большого количества зон тектонических нарушений и широким развитием оползневых структур.

С точки зрения прогноза условий проходки для строителей требуется информация о наличии впереди забоя тоннеля зон повышенной трещиноватости, участков обводнения и элементов дизъюнктивной тектоники. Для проектировщиков, кроме элементов структуры, интерес представляют и результаты оценки изменения физико-механических свойств грунтов в ближней и дальней зонах техногенного воздействия на горный массив процессов строительства тоннеля. Эта информация необходима для своевременной коррекции технологии проходки и как основа для проектирования чистовой обделки тоннеля.

Особенности распределения горизонтальных компонент напряжений в блоковой организации современных геодинамических процессов слоистых сред обуславливает появление вертикальных сейсмических границ активного типа (разрыв непрерывности напряжений). Очевидно, что именно этот тип границ (бортовые зоны геодинамических блоков) и соответствует основным объектам риска развития инженерно-геологических процессов в процессах проходки тоннелей (вывалы породы в забой, обрушение кровли, обильный водоприток и т. п.).

Получить надежные сейсмические изображения горного массива с подобного типа границами возможно на основе схем поляризационного приема во внутренних точках среды (Гальперин Е. И.) [1], проводя возбуждение и регистрацию волнового поля непосредственно на стенке забое тоннеля, а параметры геодинамического состояния массива и характеристики границ – на основе анализа атрибутов отраженного сейсмического сигнала (Фред Дж. Хилтерман, Писецкий В. Б.) [4, 2]. Несмотря на то, что теоретические основы метода были описаны и разработаны достаточно давно Е. И. Гальпериным, использование принципов поляризационных наблюдений в инженерной сейсморазведке по ряду факторов почти не нашло применения. В данном варианте поляризационных наблюдений представляется возможным решать следующие задачи:

- получение сейсмического изображения среды в сигналах отраженных волн различной поляризации впереди забоя тоннеля;
- прогноз элементов и параметров геодинамических процессов, в том числе техногенной природы;
- качественная и количественная оценка природы отражающих элементов горного массива (литологическая, тектоническая или геодинамическая границы) и параметров, характеризующих состояние массива;
- прогноз зон водонасыщения.

Для получения корректного результата необходимы предварительные данные о геодинамических процессах, структуре и строении массива. В нашем случае эти данные были

получены во время изысканий стадий «проект» и «рабочая документация», выполненными организациями «ЛенМетроГипроТранс» и ООО «Сочитранстоннельпроект ТО-44».

Методически поляризацияльные наблюдения осуществлялись по системе регистрации волнового поля на нескольких линиях наблюдений трехкомпонентными геофонами и одной или несколькими линиями возбуждений (разнонаправленные удары кувалдой в грудь забоя). Принимая начало координат в центре забоя, представляется возможным осуществить миграцию волнового поля для организованной совокупности азимутотграмм в различных вариантах «источник – приемник» в один общий расширяющийся конус обзора по типу авиационного радара, а затем представлять некоторое его сечение или совокупность сечений для анализа и интерпретации (горизонтальных, вертикальных или ортогональных оси тоннеля на серии удалений от забоя). Приведенный выше подход, реализуемый последовательно в процессе продвижения забоя тоннеля вперед, позволяет применить надежный принцип прогноза объектов риска, закономерным образом «движущихся» к забою. При этом фиксируются изменение атрибутов сигнала отраженной волны, которые возможно трактовать как тип отражающего элемента (борт геодинамического блока, литологическая граница, дизъюнктивный элемент и т. п.). Эти параметры могут быть использованы для интерпретации получаемых данных с целью уточнения характера отражающих горизонтов (распознавания природы отражений) и степени необратимых изменений в массиве. На основе этого подхода (ЗС-локация, Писецкий В. Б. и др.) [3] выполнены свыше 50 наблюдений на забоях строящихся тоннелей в районе г. Сочи.

Для участка сложнополяризованных отражений интерференционного типа было принято решение о горизонтальном бурении скважины, в процессе которого на дистанции 14 метров от забоя были вскрыты сильно нарушенные, перемятые до суглинков, породы и зафиксированы водопритоки. При подготовке камеры для строительства защитного экрана произошел вывал пород свыше 100 м³ с сильным водопритоком в выработку (оценочно более 400 м³ воды). Следует отметить, что за сутки до этой аварийной ситуации на территории г. Сочи было зафиксировано землетрясение, которое, по всей видимости, и спровоцировало вывал, несмотря на своевременно принятые меры по подготовке защитного экрана.

Таким образом, идея и технология ЗС-локации по опыту активного применения ее при строительстве двух тоннелей в рассматриваемых условиях, по существу, является безальтернативным методом прогноза параметров и объектов риска развития инженерно-геологических процессов в процессе проходки тоннеля на дистанциях до 50-60 метров. Следует также отметить относительную простоту и технологичность процесса полевых наблюдений при соответствующим образом подготовленном оборудовании (30-40 минут – полный цикл наблюдений в забое) и оперативность получения конечного прогноза в специализированном программном обеспечении. Безусловно, требуется решить ряд наиболее важных методических задач:

- подбор критериев оценки уровня риска с позиции технологии проходки и строительства тоннеля;
- систематизация сейсмических и инженерно-геологических параметров с целью обеспечения прогноза природы отражающих границ и физико-механических свойств горного массива в ближней и дальней зонах;
- развитие методических приемов и алгоритмов определения скоростей распространения продольных и поперечных волн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гальперин Е. И. Методические рекомендации по применению поляризованного метода сейсмической разведки, 1984. – 181с;
2. Писецкий В. Б. О выборе парадигмы в методах прогноза флюидных параметров по сейсмическим данным // Технологии сейсморазведки, 2006. – № 3. – С. 19-28.
3. Писецкий В. Б., Зудилин А. Э., Власов С. В., Патрушев Ю. В. Оценка флюидодинамических параметров в активной системе «осадочный чехол – фундамент» по сейсмическим данным с применением поляризованных схем в скважинах и тоннелях, 2010.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ НДС В ОКРЕСТНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ

ШИНКАРЮК В. А., ПАТРУШЕВ Ю. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящей работе принята схема численного расчета параметров НДС в плоской линейно-упругой модели, реализованная в программном комплексе «PLAXIS 9.3», разработанного специально для анализа деформации и устойчивости геотехнических сооружений.

Для каждого проекта расчета создается геометрическая модель, состоящая из точек, линий и кластеров. Геометрическая модель включает типовое разделение горного массива по отдельным слоям (кластерам), структурным объектам, этапам строительства, структурам водонасыщения и нагрузкам. Модель должна быть достаточно крупномасштабной, с тем, чтобы ее внешние кромки не влияли на результаты расчета компонент НДС.

Начальные условия вводятся в режимах программы ввода. Опция «начальные условия» состоит из двух различных режимов: режима давления воды и режима геометрической конфигурации. В данном варианте моделирования принята опция для горизонтально-слоистой геометрии с горизонтальной поверхностью земли и горизонтальным уровнем подземных вод. При прямой генерации водяной режим может быть задан несколькими способами. Наиболее простой из них состоит в том, чтобы на основе удельного веса воды определить общий уровень подземных вод, при котором распределение давления воды носит гидростатический характер. Общий уровень подземных вод используется для генерирования внешнего давления воды. Он автоматически присваивается всем кластерам при генерации порового давления. В данном случае задается только общий уровень подземных вод на соответствующей в данной точке отметке. После генерации давления воды и до того, как будут сгенерированы начальные эффективные напряжения, деактивируются те части геометрической модели, которые не являются активными на начальной стадии.

Геометрия слоев соответствует генерализованному варианту структуры инженерно-геологических элементов с расчетными упругими модулями (легенда сформирована по принятым в данном проекте номерам ИГЭ). В центре модели задается два ствола тоннелей с истинными проектными параметрами.

Весь процесс моделирования осуществляется в три этапа:

- расчет компонент НДС без тоннеля с учетом гравитационной нагрузки;
- расчет компонент НДС с тоннелем и с водонасыщением;
- расчет компонент НДС с тоннелем и с водоотливом (полная депрессия).

В целом, распределение различных компонент напряжений дает полное представление о структуре НДС в окрестности.

Существенная коррекция уровня риска в зоне развития опасных процессов может быть получена при расчетах параметров НДС с учетом крупных зданий в полосе мульды сдвижения.

Весь процесс моделирования НДС по трассе тоннелей состоял из расчета компонент напряжений и деформаций по 75-ти поперечным сечениям, ширина каждого из которых равнялась 100 м, а глубина – 50 м.

Структура и геометрия слоев по инженерно-геологическим элементам каждого поперечного сечения приняты по генерализованной схеме инженерно-геологического разреза по оси всей трассы тоннелей. Соответственно, по результатам этих расчетов сформирован профиль вертикальных и горизонтальных деформаций по оси всей трассы тоннелей.

Графики вертикальных и горизонтальных деформаций дневной поверхности по оси тоннелей в интервале пикетов ПК 40 – ПК 115 показали положение зоны основных деформационных процессов, которые произойдут в интервале пикетов ПК 40 – ПК 65, что определяется особой тектоно-физической обстановкой и геологическим строением области Челябинского разлома. Максимальный уровень вертикальных осадок в этой зоне может

достигать 16 см. Отметим, что в данный расчет не входили дополнительные эффекты нарастания деформаций, порождаемые зданиями и сооружениями.

На заключительных этапах интегральной оценки риска развития инженерно-геологических процессов эта ситуация будет учтена качественным образом.

Результаты расчетов вертикальных и горизонтальных деформаций дневной поверхности по всей совокупности поперечных сечений взяты за основу формирования карт вертикальных и горизонтальных деформаций, откуда следует, что основные деформации дневной поверхности всех типов прогнозируются в интервале пикетов ПК 35 – ПК 56 и ПК 63.

В целом, зоны высоких концентраций напряжений фиксируются в интервалах пикетов: ПК 65 – ПК 68, ПК 89 – ПК 95, ПК 104 – ПК 109.

Следует далее полагать, что в этих интервалах в процессе проходки, строительства и эксплуатации тоннелей будет всегда сохраняться опасность проявления деструктивных процессов – вывалы горной породы, периодическое нарушение обделки тоннелей и их разгерметизация. Таким образом, в проекте проходческих работ и строительства необходимо предусмотреть в обозначенных интервалах трассы метрополитена усиление конструктивных элементов крепления выработки и параметры чистовой обделки тоннелей.

Далее, представляется важным прогноз развития деформационных процессов на глубине заложения тоннелей, здесь будут происходить релаксационные или иные процессы эволюции структуры и параметров НДС. Такой прогноз можно осуществить на основании следующего подхода:

- по результатам расчетов компонент НДС в поперечных сечениях трассы тоннелей необходимо определить границу консолидации (выравнивания) напряжений на некотором горизонтальном уровне, выше которого пространственное распределение компонент НДС носит нормальный гравитационный характер;

- если граница консолидации окажется ниже кровли скального массива, то следует далее считать деформационные процессы на дневной поверхности несущественными и конечными (статические деформации);

- в случае если граница консолидации напряжений окажется выше кровли скального массива и будет проходить в зоне дисперсных грунтов, то следует полагать, что и после завершения строительства тоннелей процесс эволюции компонент НДС будет активно развиваться и, следовательно, деформационные процессы в мульде сдвига на дневной поверхности будут продолжаться в течение длительного периода (динамические деформации).

Отдельного рассмотрения требует анализ результатов оценки параметров НДС в модели горного массива в восточной части трассы метрополитена (от 41-го до 35-го пикетов). Здесь предполагается проходка тоннелей подземным щитовым способом с положением кровли на уровне 6 м от дневной поверхности. Необходимо, прежде всего, отметить следующие особенности проходки тоннелей в этих условиях:

- трасса тоннелей расположена в массиве дисперсных грунтов;
- грунтовый массив водонасыщен.

В совокупности, два отмеченных обстоятельства переводят рассматриваемый грунтовый массив в модель вязко-пластичной среды. Соответственно, метод расчета компонент НДС для такой среды должен быть изменен с линейно-упругого состояния на вязко-пластичное (модель Мор-Кулона). В такой модели будут возникать деформации типа пластического течения и, следовательно, основной задачей моделирования будет оценка точек и зон пластических течений грунтов в окрестности тоннелей. Именно эти зоны и будут представлять основной риск развития различного рода опасных инженерно-геологических процессов.

Кроме того, структура и вязко-пластичное состояние дисперсных грунтов в ближайшей окрестности тоннеля при малой глубине его заложения с высокой степенью вероятности будут непрерывно меняться под действием техногенных динамических нагрузок, как со стороны тоннеля, так и со стороны городской инфраструктуры. Вполне очевидно, что на этих интервалах трассы необходимо предусматривать соответствующий выбор крепи тоннеля (например, подпорная крепь) и мероприятия по закреплению грунтового массива.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PLAXIS ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД

ШИНКАРЮК В. А., ПИСЕЦКИЙ В. Б.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Одной из наиболее сложных проблем подземной разработки месторождений полезных ископаемых в реальных горно-геологических условиях и на больших глубинах является прогноз и предотвращение опасных проявлений горного давления, нередко приводящих к катастрофическим последствиям.

Достаточно остро проблема удароопасности стоит на Дальнем Востоке России, где действует целый ряд крупных и средних рудников, на которых наблюдается весь спектр динамических форм проявления горного давления вплоть до сильных с тяжелыми последствиями горных и горно-тектонических ударов. Результаты геомеханических исследований на месторождениях Николаевском, Южном, Антей и ряде других свидетельствуют, что их склонность к горным ударам во многом определяется высоким уровнем действующих в массивах тектонических напряжений.

Существенная неоднородность естественных полей напряжений, предопределяемая сложностью и особенностями тектонической структуры месторождений, еще больше усиливается при техногенном воздействии на породный массив в результате ведения горных работ. Перераспределение исходных напряжений и их критическая концентрация на отдельных участках является главной причиной опасных динамических проявлений горного давления. В этой связи выявление и учет закономерностей формирования дополнительного (техногенного) поля напряжений имеют важное значение для обеспечения безопасного и эффективного освоения удароопасных месторождений. В последние годы наиболее сложная геомеханическая ситуация сложилась при отработке глубоких горизонтов месторождения урановых руд «Антей». Месторождение представлено в виде локализованных в зонах разломов крутопадающих рудных тел субмеридионального простирания мощностью от нескольких до первых десятков метров и протяженностью по глубине до 1500 м. Вмещающими породами являются мелко- и среднезернистые лейкократовые граниты, а также биотитовые граниты и гранитогнейсы. Форма гранитных тел жильная, реже линзообразная. Практически, все разновидности пород месторождения проявляют склонность к упругому деформированию и хрупкому разрушению в динамической форме. К наиболее удароопасным породам относятся лейкократовые граниты, предел прочности которых на одноосное сжатие в среднем изменяется от 180 до 250 МПа, модуль Юнга – от 59,3 до 68,3 ГПа. По результатам натурных измерений установлено, что в гранитах фундамента действует неравнокомпонентное поле напряжений, в котором преобладают горизонтальные сжимающие напряжения, наибольшие из которых в 1,5-2,5 раза превышают гравитационную составляющую от веса налегающей толщи пород, что указывает на определяющее влияние тектонических сил в формировании естественного напряженного состояния. С переходом горных работ на более глубокие горизонты и увеличением выработанного пространства горного массива начал происходить рост числа и интенсивности динамических проявлений горного давления. Так, если до 2000 г. на месторождении отмечалось не более 8 случаев динамических проявлений горного давления в год, то начиная с 2004 г., ежегодно регистрируется до 100 и более динамических явлений.

Перспектива промышленного освоения Эльконской группы резервных месторождений урана определена межведомственной программой «Уран России». Сочетание крайне неблагоприятных географических и геокриологических условий в этом регионе предъявляют целый ряд специфических требований к технологии отработки месторождений.

Определяющими факторами, которые необходимо учитывать при отработке Эльконской группы месторождений, являются:

– местоположение месторождений в зоне активного современного тектогенеза, высокий уровень сейсмичности (при расчетной балльности сейсмического воздействия более 7 баллов) указывают на значительную концентрацию тектонических напряжений, определяющих напряженно-деформированное состояние (НДС) горного массива при проходке шахтных стволов, подготовительных и очистных выработок;

– развитие многолетнемерзлых пород (глубина распространения отрицательных температур превышает 600 м от поверхности).

Анализ истории и генезиса 16-ти последних землетрясений в этом районе делает необходимым проведение опережающих исследований по оценке и прогнозу НДС горного массива в районах предполагаемого строительства горных предприятий. Опыт отработки подобных месторождений показал, что в зонах активного тектогенеза горизонтальные напряжения, которые могут в 3-4 раза превышать вертикальные, являются основной причиной, вызывающей горные удары, обрушения и вывалы в горных выработках и шахтных стволах.

Напряженное состояние Эльконского ураново-рудного района в значительной мере определяется существующими тангенциальными сжимающими усилиями с осью, ориентированной в направлении северо-запада – юго-востока.

В качестве обобщенного критерия уровня НДС локальных участков массива используется интенсивность напряжений, представленная в виде карты изолиний напряжений и ее объемной модели. При анализе результатов использовалось также распределение сдвиговой компоненты напряжений.

Основные предварительные выводы из анализа распределения полей напряжений и смещений сформулированы следующим образом:

1) с учетом свойств горных пород средняя интенсивность напряжений в массиве на ненарушенных участках составляет приблизительно 25 МПа. На отдельных локальных участках массива расчетные значения интенсивности напряжений превышают 80 МПа, а в зонах пониженных напряжений уменьшаются до 20 МПа и менее.

Высокий уровень дифференциации интенсивности напряжений дает основание для выделения потенциально опасных зон (как зон возможного разрушения пород в динамической форме при повышенных напряжениях, так и зон вывалов пород на участках разгрузки породного массива), которые представляют практический интерес в контексте поставленной задачи.

В целом, для данного региона установлен критический глубинный уровень в 400 м, ниже которого наступает риск удароопасности.

2) отличительной особенностью распределения интенсивности напряжений является наличие мощной зоны концентрации тектонических напряжений, простирающейся с севера на юг в западной части района. Остальные зоны концентрации напряжений оказались ориентированными под углами, близкими к 45° в направлении СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ. Это в целом подчиняется существующему полю напряжений и ориентации рудных урановых тел, генетически связанных с системами разломов подобной ориентации.

3) в общем плане практически все урановые месторождения оказываются за пределами зон концентрации интенсивности и касательных напряжений. Система разломов в центральной части модели разгружает массив, создавая поле интенсивности напряжений со средним уровнем 10-20 МПа. Следовательно, можно предположить, что при отработке урановых руд определяющим будет вопрос предупреждения внезапных вывалов пород в местах контакта с разломными тектоническими зонами.

Проблема оценки параметров НДС существенно осложняется в условиях распространения вечномерзлых пород, но полагая, что в выработке поддерживается температура воздушной среды равной естественной температуре мерзлой породы, будем считать далее, что этим самым обеспечивается только механическое влияние выработки на напряженно-деформированное состояние массива в целом.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ НА ЮЖНО-МЫТАЯХИНСКОМ ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ СУРГУТСКОГО РАЙОНА, ХМАО

БАШАРОВ Р. М.

ОАО «Сургутнефтегаз» трест «Сургутнефтегспецстрой»

ГУМАН О. М.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Обеспечение строительным материалом площадок разведочных и поисковых скважин, подъездных дорог к ним является одним из самых важных моментов при добыче нефти и газа.

С этой целью на лицензионных участках проводятся геологоразведочные работы по поиску грунтов, пригодных для строительства, одним из таких объектов является проектный притрассовый карьер в районе скважины 7553р на Южно-Мытаяхинском лицензионном участке, Сургутского района, ХМАО.

Разведочные работы на перспективных площадях производились посредством поисковых маршрутов с проходкой бурения одиночных скважин глубиной до 2,5 м в связи с горнотехническими условиями перспективной разработки карьера.

Объект расположен в толще озерно-аллювиальных отложений четвертой надпойменной террасы. Отложения четвертой террасы представлены переслаиванием песков, алевроитов и суглинков. В основании отложений преобладают песчаные фракции, вверх по разрезу увеличивается содержание глинистых и алевроитовых частиц, что говорит об относительно спокойных гидродинамических условиях формирования осадков. Мощность толщи до 10 м.

Проводилось опробование полезного ископаемого, с целью изучения минерального состава и физико-механических свойств, для оценки качества общераспространенного полезного ископаемого (ОПИ). Пробы грунта отбирались в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2000. Для проведения лабораторных исследований по определению физико-механических свойств грунтов было отобрано и направлено 18 проб в лабораторию по испытанию грунтов треста «Сургутнефтегспецстрой» ОАО «Сургутнефтегаз» (рис. 1, 2). Глубина отбора проб колеблется от 0,2 до 2,4 м.

По программе лабораторных исследований определили:

- гранулометрический состав ГОСТ 12536-79; модуль крупности песка ГОСТ 8735-88;
- угол естественного откоса песка (на воздухе и под водой) РСН 51-84;
- коэффициент фильтрации в уплотненном и рыхлом состоянии песка ГОСТ 25584-90;
- плотности песка в уплотненном и рыхлом состоянии РСН 51-84;
- оптимальную влажность, максимальную плотность и коэффициент фильтрации после стандартного уплотнения песка ГОСТ 22733-2002.

Каждая отобранная проба песка была направлена на физико-механические испытания и подверглась измерению угла естественного откоса, для определения устойчивости бортов. Измерение проводилось, согласно РСН 51-84, на приборе УВТ-3М. Угол откоса в сухом состоянии составил в среднем 35 градусов, в водонасыщенном состоянии – 33 градуса.

Коэффициент фильтрации: в рыхлом состоянии грунта равен 14,20 м/сут (песок средней крупности) и 7,17 м/сут (песок мелкий); в уплотненном состоянии – 11,50 м/сут (песок средней крупности) и 3,00 м/сут (песок мелкий). Коэффициент фильтрации определялся с помощью прибора ПКФ конструкции Союз-ДорНИИ, согласно ГОСТ 25584-90.

Плотность песка в уплотненном и рыхлом состоянии определялась по ГОСТ 8735-88. В результате исследований определили, что плотность песка в рыхлом состоянии изменяется от 1,32 до 1,48 г/см³, в уплотненном состоянии – от 1,55 до 1,61 г/см³ (рис. 2).

Оптимальная влажность, максимальная плотность и коэффициент фильтрации определялись методом стандартного уплотнения на приборе стандартного уплотнения ПСУ (механическом) по ГОСТ 22733-2002. В результате оптимальная влажность в среднем

равна 11,0 %, максимальная плотность – 1,72 г/см³, коэффициент фильтрации – 2,26 м/сут. (Результаты лабораторных испытаний приведены на рис. 1).

По условиям СНиП 2.05.02-85 «Требования к дорожно-строительным материалам» п. 6.22 данное полезное ископаемое разрешается применять для насыпей во всех условиях с учетом его прочности и устойчивости под воздействием внешних факторов и нагрузок с течением времени.

Также, согласно СНиП 2.05.02-85 «Требования к дорожно-строительным материалам», полезное ископаемое данного карьера пригодно для отсыпки основания дорог и подразделяется в соответствии с ГОСТ 25100-95 «Грунты и классификация».

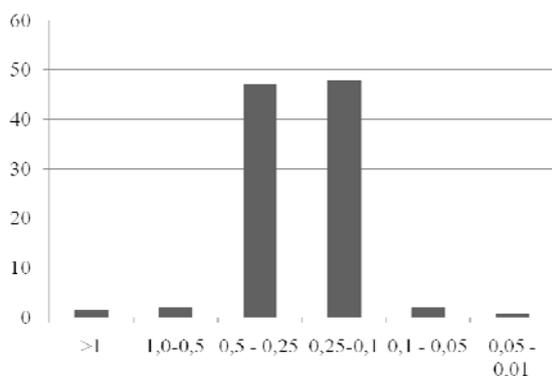


Рис. 1. Содержание фракций

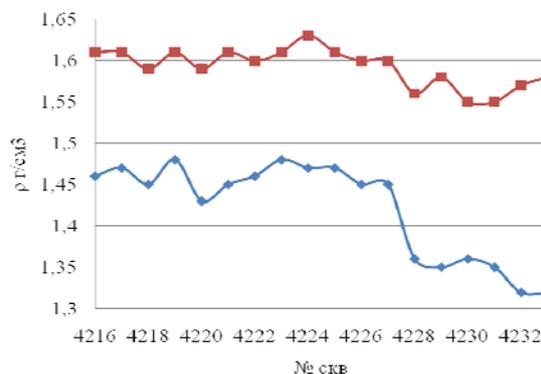


Рис. 2. Плотность песков

Полезная толща карьера представлена песком мелким, песком средней крупности. Пески в природном виде очень мелкие, тонкие (по ГОСТ 8736-93). Содержание гравия не обнаружено. Содержание пылеватых частиц варьирует в пределах от 40,2 до 69,65 %, средневзвешенное значение 49,85 %. Содержание глинистых частиц варьирует в пределах от 0,02 до 6,55 %, средневзвешенное значение 0,61 %. Модуль крупности варьирует в пределах от 0,99 до 1,19, средневзвешенное значение составляет 1,12 (рис. 1).

Качество ОПИ рассмотрено в соответствии с требованиями ГОСТ 5180-84 «Методы лабораторного определения физических характеристик», ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ».

Минералого-петрографический анализ песков определил, что пески карьера полевошпаткварцевые. Было исследовано количественное содержание кварца, полевых шпатов, обломков пород, присутствие рудных минералов и вредных примесей, вследствие чего, проведение химических анализов является нерациональным по причине их низкого качества для промышленных целей. Содержание кварца составило от 73,7 до 78,3 %, в среднем – 76,3 %. Полевого шпата содержится от 15,3 до 17,2%, в среднем – 16,0 %.

По удельной эффективной активности естественных радионуклидов полезное ископаемое относится к I классу стройматериалов согласно ГОСТ 30108-94 и пригодно для использования во всех видах строительства без ограничения.

На основании вышеизложенного, данное полезное ископаемое соответствует требованиям, согласно:

- ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация»;
- СНиП 2.05.02-85 «Требования к дорожно-строительным материалам»

и может быть предназначено для отсыпки грунта на Южно-Мытаяхинском лицензионном участке.

РАЗРАБОТКА АКТИВАТОРА «ДЦР-М» И ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ И ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

УСОВ Г. А., ВОЛЧКОВ И. С., ДРУЖИНИН Е. В., ТЕРЕНТЬЕВ Д. В.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Многообразие условий бурения в сочетании с экономической целесообразностью не позволяют создать в ближайшее время универсальную промывочную жидкость. Использование промывочных жидкостей, отвечающих по своим свойствам геолого-техническим условиям бурения скважин, обуславливает необходимость создания современного высокоэффективного оборудования для приготовления и обработки промывочных жидкостей, надежно работающего в условиях ведения разведки и добычи углеводородного сырья. Используемые в настоящее время механизмы для приготовления промывочных жидкостей: глиномешалки, фрезерно-струйные и роторные мельницы не полностью удовлетворяют требованиям производства буровых работ.

Основными недостатками вышеуказанных механизмов являются неполное измельчение твердой фазы приготовляемой суспензии или низкая производительность механизмов. Так, высокопроизводительные (до 30 м³/ч) фрезерно-струйные и роторные мельницы, получившие наибольшее распространение в практике нефтегазового бурения, при одноразовой циркуляции через мельницу исходного продукта не могут приготовить высокодисперсную, а значит, качественную промывочную жидкость.

Поставленные проблемы, направленные на повышение качества промывки скважин как одной из основных операций процесса бурения скважин, в достаточной мере решены научным коллективом кафедры технологии и техники разведки МПИ», в частности выполнены:

- теоретические, экспериментальные и лабораторные исследования процессов измельчения и диспергации материалов, используемых для приготовления буровых промывочных жидкостей;
- разработан комплекс измельчительных машин для измельчения и диспергации технологических материалов.

Разработанная мельница «ДЦР-М» предназначена для приготовления промывочных жидкостей из комовых и порошковых глиноматериалов, для приготовления меловых и полимерных растворов, промывочных жидкостей на основе выбуренных горных пород. Конструкция мельницы позволяет производить ее установку как на стационарных глинозаводах, так и непосредственно в желобной системе буровой скважины.

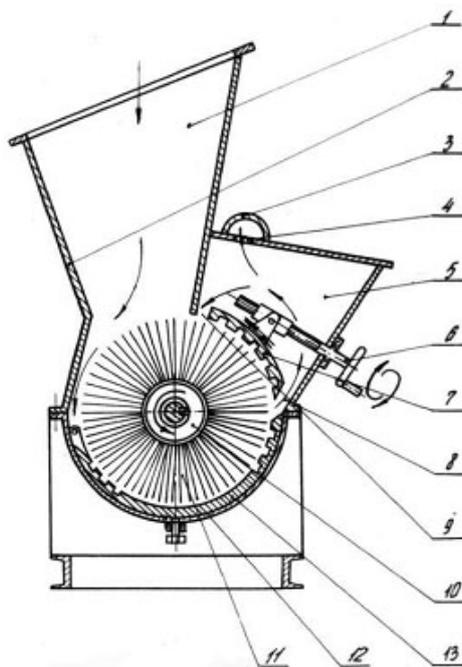
Диспергатор щеточный роторный (см. рисунок) состоит из загрузочного бункера 1, корпуса 2, внутри которого размещены горизонтальный ротор, нижняя ударная плита 13, и отводной патрубок 3.

Ротор мельницы 10 содержит трубчатый корпус, жестко закрепленный с приводным валом. Рабочие органы ротора 10 выполнены в виде щетки 11, охватывающей вал ротора по всей его длине. Щетка 11 состоит из радиально расположенных стержней, причем стержни выполнены упругими и закреплены одним концом на валу ротора 10 через трубчатый корпус. Стержни можно изготовить, например, из стального проволочного троса.

Для регулирования рабочего зазора между стержнями щетки 11 и нижней ударной плитой 13 корпус 2 мельницы снабжен регулировочными винтами 12, а сама ударная плита 13 одним концом шарнирно соединена с корпусом 2.

Между рабочей полостью мельницы и отводным патрубком 3 над ротором 10 размещена седиментационная камера 5, имеющая в продольном сечении клинообразную форму. В острие клина камеры 5, обращенного навстречу вращению ротора 10, выполнен входной канал 8. С противоположной части камеры 5 выполнены два выходных канала 4 и 9, из которых нижний 9 соединяет камеру 5 с рабочей полостью мельницы, а верхний 4 – с выходным патрубком 3. Входной канал 8 клинообразной камеры 5 выполнен с возможностью изменения площади

сечения за счет выполнения над ротором верхней ударной плиты 7, подвижной в окружном направлении, например, с помощью регулировочного винта 6 с рукояткой, соединяющего ударную верхнюю плиту 7 с корпусом мельницы.



Диспергатор щеточный роторный «ДЩР-М»

Техническая характеристика мельницы со щеточным ротором «ДЩР-М»

1. Вид измельчаемого материала	глина, мел, слежавшийся цемент и т. п.
2. Производительность, м ³ /ч	15-20
3. Частота вращения ротора в минуту	1500-3000
4. Диаметр щеточного ротора, мм	450
5. Длина щеточного ротора, ш	600
6. Потребляемая мощность, кВт	15
7. Габаритные размеры, мм	
длина	1300
ширина	1000
высота	1250
8. Масса без электродвигателя, кг	350

Выполнение рабочих органов ротора в виде щетки со стержнями обеспечивает следующую технико-экономическую эффективность:

- повышение степени измельчения в предлагаемой мельнице позволяет повысить производительность мельницы, так как нужная тонкость помола достигается в мельнице примерно в 2-2,5 раза быстрее, чем в мельницах с лопастными роторами;
- седиментационная камера с регулируемым входным каналом обеспечивает однородность и нужный размер твердых частиц приготавливаемой суспензии;
- ликвидация простоя оборудования за счет устранения поломок узлов и деталей мельницы и перегорания электродвигателя, поскольку в ней не происходит заклинивания рабочих органов при попадании посторонних предметов.

БИОКОМПОЗИЦИОННЫЙ РЕАГЕНТ ТРОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО ДРЕВЕСНОГО ВОЛОКНА

УСОВ Г. А., ТЕРЕНТЬЕВ Д. В., ЗАВОДСКОЙ А. И., ДРУЖИНИН Е. В., ВОЛЧКОВ И. С.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В практике сооружения нефтегазовых скважин наиболее трудоемким геологическим осложнением по затратам времени и средств является поглощение промывочной жидкости, борьба с которым является серьезной проблемой бурения. Наилучшим средством борьбы с поглощением промывочной жидкости считается принятие мер, предупреждающих поглощение – тщательное нормирование параметров промывочной жидкости с целью регулирования удельного веса и структурно-механических свойств, применение специальных профилактических добавок к глинистому раствору, а также соблюдение правильного технологического режима промывки скважин.

Использование наполнителей является как надежным профилактическим средством, так и методом борьбы с поглощением. Назначение наполнителей — закупоривание каналов ухода промывочной жидкости. Однако при применении некоторых наполнителей могут появляться дополнительные эффекты, например снижение удельного веса промывочной жидкости и повышение реологических свойств.

Впервые наполнители для ликвидации поглощений применили в 40-е годы в США, а в России – в начале 60-х годов. За рубежом 90 % всех поглощений ликвидируется путем добавки наполнителей, в качестве которых используются отходы производства. Наполнители подразделяются на волокнистые, зернистые (жесткие и упругие) и чешуйчатые. Кроме этого, используется твердая фаза, получаемая химическими методами (коагуляция, конденсация и др.), а также разбухающие наполнители.

Проведенные на кафедре ТТР МПИ лабораторные исследования показали, что в качестве универсального бурового реагента может быть использован продукт растительного происхождения – подверженное предварительной механоактивации древесное волокно. Это возможно благодаря уникальному вещественному составу компонентов древесины, которые после глубокой переработки методом механоактивации и щелочного гидролиза становятся высокоэффективными структурообразователями дисперсных систем, понизителями водоотдачи, кальматантами, а также могут выступать в качестве твердой фазы буровых промывочных жидкостей. Объясняется это тем, что с основными компонентами древесины (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин) в результате механоактивации и обработки едким натром происходят следующие химические превращения:

– целлюлоза и гемицеллюлоза, освобожденные от лигнина под воздействием каустика, частично переходят в щелочную целлюлозу, то есть становятся структурообразователем на уровне карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), а оставшая масса целлюлозы с увеличенной удельной поверхностью является высококачественным тонкодисперсным кальмотантом;

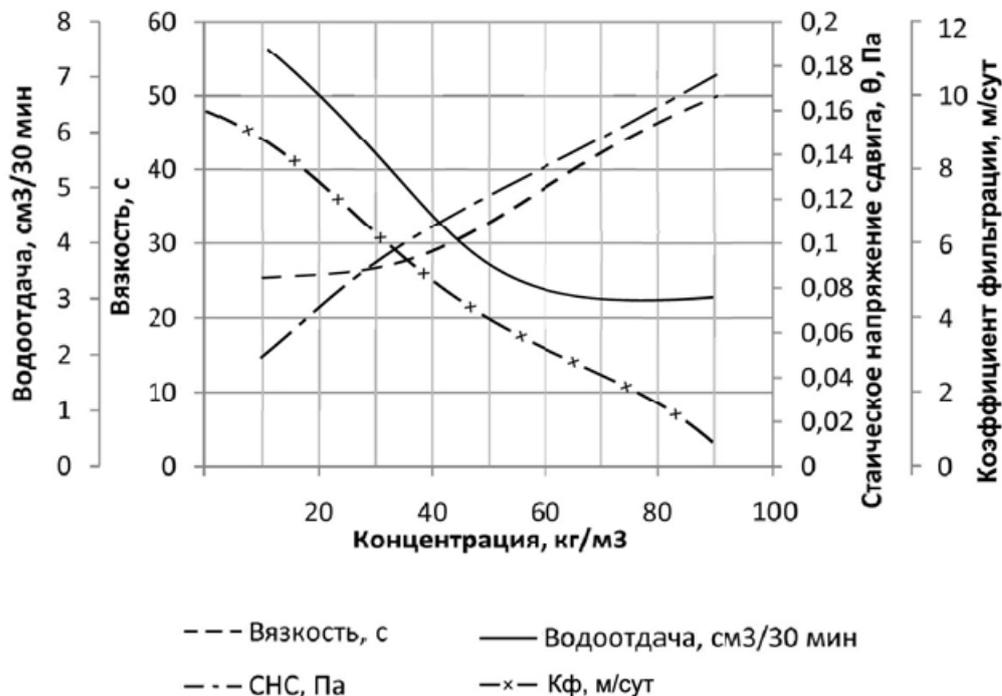
– лигнин после механоактивации и обработки едким натром гидролизуется, переходя в растворимое состояние в качестве лигносульфаната технического, являющегося эффективным понизителем водоотдачи буровых растворов.

Более того, использование древесины, являющейся натуральным естественным продуктом, в качестве компонента при приготовлении и химической обработке промывочных жидкостей существенно снижает экологическое загрязнение проницаемых горизонтов в геологических разрезах, вскрытых скважинами.

Лабораторным испытаниям подвергался биокomпозиционный реагент на основе механоактивированного древесного волокна РБУ-М четырех модификаций, отличающихся друг от друга степенью последовательной механохимической обработки исходного сырья (древесной муки).

Каждая модификация реагента обрабатывалась перед испытанием 10-процентным раствором едкого натра, и исследовалась зависимость уменьшения коэффициента фильтрации

от концентрации реагента (по сухому остатку) в буровом растворе, состоящем из кальмотанта, щелочной целлюлозы (типа КМЦ) и лигносульфаната технического в одинаковых пропорциях. Результаты замеров после обработки представлены на графике (см. рисунок).



Результаты лабораторных испытаний биокомпозиционного реагента РБУ-М

Разработанный механоактивированный органопоорошок РБУ-М, обладающий высокими кальмоирующими и структурообразующими свойствами, при соответствующей химобработке обеспечивает получение высококачественных облегченных безглинистых промывочных жидкостей с плотностью до 1,02-1,03 г/см³ с весьма высокими структурно-механическими и реологическими показателями и возможностью их изменять в широких пределах, в зависимости от геолого-технических условий бурения скважин. В рецептурах буровых промывочных жидкостей органопоорошок марки РБУ-М, в отличие от глин, эффективно структурирует как пресные, так и соленащенные буровые промывочные жидкости различной степени минерализации. Буровая промывочная жидкость на основе органопоорошка после соответствующей химической обработки существенно снижает трение бурового снаряда о стенки скважины при его вращении и спускоподъемных операциях. Это достигается за счет достаточно высокой степени омыления смолосодержащей части органопоорошка марки РБУ-М при приготовлении и химической обработке промывочной жидкости.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ МЕТОДОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К НЕФТЕГАЗОВОМУ БУРЕНИЮ

УСОВ Г. А., ТЕРЕНТЬЕВ Д. В., ДРУЖИНИН Е. В., ВОЛЧКОВ И. С.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Проблема получения механоактивированных дисперсных систем, используемых при приготовлении высококачественных буровых растворов, в том числе промывочных и тампонажных растворов, становится особенно актуальной с увеличением глубин бурения и связанными с этим существенными усложнениями технологии проходки, оборудования, испытания и эксплуатации скважин как в геологоразведочной, так и в нефтегазовой отраслях. Опыт ведения буровых работ как в нашей стране, так и за рубежом показывает, что только за счет применения высококачественных буровых растворов, удовлетворяющих геологическим условиям бурения, возможно увеличение механической скорости бурения на 25-40 %, сокращение временных и материальных затрат на сооружение скважин до 20 % и более, повышение на десятки и сотни процентов добычи жидких и газообразных ископаемых. Это достигается за счет значительного улучшения структурно-механических, реологических и технологических параметров промывочных жидкостей и тампонажных растворов,готавливаемых на основе механоактивированных дисперсных систем, полученных методом механоактивации. При этом достигается следующее:

- значительное снижение водоотдачи бурового раствора;
- повышение вязкости, статического напряжения сдвига и устойчивости промывочных жидкостей при малом содержании твердой фазы;
- обеспечение высоких структурно-механических свойств утяжеленных промывочных жидкостей или экологически чистых промывочных жидкостей на основе глин, известняка, доломита и т. п., широко используемых в нефтяном и газовом бурении;
- повышение устойчивости, снижение вязкости тампонажных растворов, увеличение их проникающей способности в мелкие трещины тампонируемых горных пород, а также увеличение адгезионной способности, прочности и долговечности тампонажного камня, значительное уменьшение его проницаемости.

Научный коллектив кафедры ТТР МПИ для получения ультрадисперсных систем органических полимеров методом механоактивации разработал модуль-модификатор УМК-2М на базе роторно-каскадной измельчительной машины центробежного типа, конструкция которого позволяет использовать наиболее эффективный способ измельчения – истирающе-раздавливающий.

Самыми эффективными по динамике нагружения измельчаемого материала и степени измельчения на сегодняшний день являются вибромельницы, дезинтеграторы, планетарные мельницы и ряд конструкций коллоидных измельчителей, используемых при механоактивации различных материалов. Разработанная конструкция роторно-каскадной измельчительной машины центробежного типа, как показали многочисленные лабораторные и производственные испытания, позволяет осуществлять процесс механоактивации в режимах, на порядок превышающих возможности вышеперечисленных измельчительных устройств.

При проведении производственных испытаний энергонапряженного ультраскоростного измельчительного аппарата УМК-2М отработаны оптимальные режимы технологии получения бурового модифицированного крахмального реагента марок ТМК-3М и ТМК-6М и проведены исследования основных параметров биополимерных промывочных жидкостей на базе данного реагента в производственной лаборатории Уфимского управления буровых работ (г. Уфа).

По эффективности и качеству обработки буровых промывочных жидкостей разработанные химреагенты марок ТМК-3М и ТМК-6М находятся на уровне высококачественных дорогостоящих зарубежных аналогов модифицированных крахмальных буровых реагентов. Для сравнительного анализа в таблице приведены технологические

параметры широко применяемых в нефтегазовом бурении на территории РФ зарубежных модифицированных крахмальных хирреагентов марки FLOXAN НН-НФ фирмы SPOLYBNT и марки Dextria LTE фирмы «Баройд». Данные технологических параметров буровых промывочных жидкостей (результат очень большого объема всесторонних лабораторных исследований), приведенные в таблице, дают основание утверждать, что по эффективности обработки буровых промывочных жидкостей и технологическим показателям разработанные хирреагенты находятся на уровне зарубежных аналогов. Основное отличие хирреагента марки ТМК-6М от хирреагента марки ТМК-3М состоит в повышенных структурно-механических и реологических параметрах обрабатываемых ими буровых промывочных жидкостей (см. таблицу).

Сравнительный анализ параметров разработанных реагентов с зарубежными аналогами

№	Состав пробы	Параметры						Примечания
		плотность ρ , г/см ³	вязкость T , с	водоотдача B , см ³ /30 мин	толщина корки K , мм	стат. напр. сдвига θ_1 , Па	стат. напр. сдвига θ_{10} , Па	
1	100 г глина + 1 л вода	1,05	16÷17	32÷35	>4	0,045	0,06	Замеры после приготовления раствора
		1,05	18÷20	28÷30	2,5÷3	0,7	0,85	Замеры через 2 суток
2	100 г глина + 1 л вода + 20 г ТМК -3М + 5 г NaOH	1,055	50÷55	6÷7	0,5÷1	0,495	0,55	Замеры после приготовления раствора
		1,055	32÷35	5÷6	0,5÷1	0,27	0,315	Замеры через 2 суток
3	100 г глина + 1 л вода + 20 г ТМК -6М + 5 г NaOH	1,055	28÷30	6÷7	0,5÷1	0,185	0,21	Замеры после приготовления раствора
		1,055	22÷25	4÷5	0,5	0,36	0,385	Замеры через 2 суток
4	100 г глина + 1 л вода + 20 г зарубежный модифицированный крахмал марки FLOXAN НН-НФ	1,05	50÷55	6	1	1,255	1,485	Замеры после приготовления раствора
		1,05	30÷35	4÷5	0,5	1,06	1,095	Замеры через 2 суток
5	100 г глина + 1 л вода + 20 г зарубежный модифицированный крахмал марки Dextria LTF	1,05	21÷25	5÷7	0,5	0,21	0,245	Замеры после приготовления раствора
		1,05	17÷19	5÷6	0,5	0,165	0,19	Замеры через 2 суток

Модифицированный буровой крахмальный реагент марки ТМК является экологически безвредным продуктом, так как подвергается бактериологическому разложению, не образуя вредных веществ. Настоящий реагент эффективно снижает водоотдачу как пресных, так и соленасыщенных буровых растворов различной степени минерализации и поддерживает стабильные реологические параметры очистного агента в процессе бурения.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЁМА ОБРАЗЦА НА ЭФФЕКТ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

ИВАНЧЕНКО С. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В 1924 году Хипс обнаружил, что при перемагничивании ферромагнетика, помимо скачков Э.Д.С. в намотанной на образец катушке, происходит образование акустического шума. В результате чего каждый скачок является источником механических колебаний всего образца.

На основе многочисленных экспериментов выяснилось, что явление магнитоакустической эмиссии связано с процессами изменения доменной текстуры материалов.

Природные ферромагнетики, к которым относится магнетит, кристаллизуясь в различных термодинамических и физико-химических условиях, в своём химическом составе и магнитной структуре несут генетическую информацию об этих условиях. Типоморфные особенности магнетита широко используются при решении задач рудно-формационного анализа.

Активное развитие геомагнитных исследований для изучения сейсмотектонических процессов по изменению величины магнитного поля основано на том, что на структурно-чувствительные магнитные характеристики природных ферромагнетиков оказывает влияние целый ряд факторов: изменение температуры в земной коре; химические превращения, изменение упругих напряжений, отражающих различные тектонические проявления. Совокупное влияние этих факторов приводит к изменению энергетического состояния природного ферромагнетика и, соответственно, к изменению положения доменных границ, конфигурация которых обуславливает магнитную структуру, изменение которой связано с возникновением упругих, тепловых, электрических и других явлений в ферромагнетиках.

При перемагничивании образца явление магнитоакустической эмиссии связано с двумя процессами: смещением доменных границ (МАЭ 1-го рода), вращением векторов магнитных моментов (МАЭ 2-го рода).

Открытие явления пьезоэффекта, позволившего создать новое оборудование для измерения акустического сигнала в 1974 году, дало мощный инструмент изучения внутреннего состояния ферромагнетика и особенностей процесса его перемагничивания.

Источником магнитоакустической эмиссии при перемагничивании ферромагнетиков, по современным представлениям, являются локальные участки магнитострикционных деформаций, происходящих при перестройке доменных границ.

Впервые работы по применению магнитоакустической эмиссии для изучения природных ферромагнетиков начались в Институте геофизики УрО РАН и продолжаются по настоящее время.

Одним из принципиальных методических вопросов является выбор частоты перемагничивания, поскольку увеличение амплитуды магнитоакустической эмиссии с увеличением частоты перемагничивания в значительной степени объясняется наложением на поперечный сигнал эхо-импульсов, возникающих в результате многократного отражения.

Перед автором статьи была поставлена задача изучить влияние изменения объёма образца на эффект магнитоакустической эмиссии.

В ходе работы были исследованы образцы различных размеров магнетитовой руды Таштагольского месторождения. Для детального исследования были отобраны пять из числа имевшихся образцов.

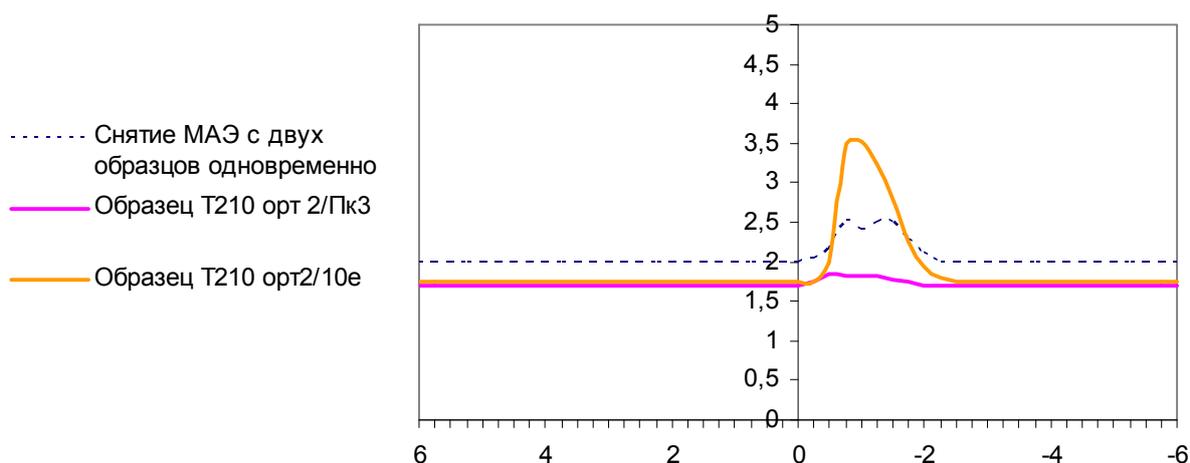
При измерении магнитоакустической эмиссии амплитудное значение силы тока, подаваемого на катушки электромагнита, была равна ± 5 А, частота перемагничивания 0,1 Гц, а частота принимающего сигнала 122 кГц или 130 кГц.

Образцы имеют параллелепипедальную форму. Величина трёх граней у каждого образца различная.

Показания магнитоакустической эмиссии снимались отдельно для каждого образца, после чего образцы попарно соединялись. Контактующие грани были смазаны маслом для улучшения акустического контакта. Магнитоакустическая эмиссия измерялась у соединенных образцов с разных сторон.

Одним из принципиальных методических вопросов являлось сохранение постоянного зазора катушек электромагнита, необходимого для создания переменного магнитного поля в образце, так как изменение расстояния между катушками электромагнита может повлиять на сигнал магнитоакустической эмиссии.

На рисунке приведены типичные результаты зависимости сигнала магнитоакустической эмиссии от поля для двух образцов Таштагольского месторождения. Из графиков видно, что образцы имеют различную, сильно отличающуюся друг от друга амплитуду сигнала магнитоакустической эмиссии. Кроме того, значение максимумов сигналов МАЭ образцов происходит при различных значениях намагничивающего поля.



Зависимость сигнала магнитоакустической эмиссии от поля для двух образцов Таштагольского месторождения

При снятии магнитоакустической эмиссии с двух образцов одновременно возникает довольно интересный сигнал. Амплитуда акустического сигнала принимает среднее значение. Такой же эффект наблюдается у других исследуемых образцов. Это можно объяснить тем, что эхо-импульсы, возникающие в результате многократного отражения в обоих образцах, при взаимодействии затухают, тем самым уменьшая амплитуду магнитоакустического сигнала.

Также появляется два различных максимума. Это можно объяснить тем, что образование первого максимума происходит за счёт смещения доменных границ (МАЭ 1-го рода), а второго – вращением векторов магнитных моментов (МАЭ 2-го рода). И оба максимума стало возможно зарегистрировать из-за уменьшения амплитудного значения магнитоакустического сигнала, так как при более высокой амплитуде их значения сливались.

Из полученных результатов можно сделать следующий вывод, что при увеличении объёма образца амплитуда магнитоакустической эмиссии принимает среднее значение амплитуд магнитоакустической эмиссии составляющих его образцов. Происходит незначительное сглаживание максимумов, но смещение максимумов не происходит.

Ясно, что потребуются много дополнительной работы, прежде чем будет достигнуто полное понимание данного явления. Тем не менее, это весьма существенная область, ждущая дальнейшего исследования. Более глубокие исследования будут приведены в последующих сообщениях.

ГЕОФИЗИКА ХХІ ВЕКА

ТАЛАЛАЙ А. Г.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

История Уральской геофизической школы началась в 1924 г. с организации проф. П. К. Соболевским небольшой геофизической лаборатории. В 1929 г. на ее основе были созданы кафедра геофизики и научно-исследовательский институт геофизических методов разведки и геометрии недр. В 1951 г., когда был открыт геофизический факультет, начался новый этап в развитии Уральской геофизической школы. Он завершился спустя почти полвека, в 2001 г. организацией на базе геофизического и геологического факультетов Института геологии и геофизики. В 2010 году институт был преобразован в факультет геологии и геофизики (ФГиГ).

За три четверти века воспитанниками Уральской геофизической школы стали более пяти тысяч инженеров, внесших огромный вклад в развитие минерально-сырьевой базы страны, геофизическое образование и геофизическую науку.

Цель геофизического образования – это подготовка специалиста, адаптированного к требованиям современного производства. Эти требования заключаются в следующем:

- общая техническая и технологическая эрудиция со знаниями и представлениями о целях, задачах и методах деятельности в сопряженных областях современного производства;
- фундаментальная теоретическая подготовка как база для дальнейшего и непрерывного обучения и самообучения;
- высокий уровень специализации – узкий специалист с глубокими знаниями и умениями;
- знание вопросов экономики, права, менеджмента;
- владение иностранными языками.

Для реализации этих требований при подготовке специалистов ФГиГ УГГУ осуществляет политику тесного сотрудничества с производственными компаниями. В первую очередь, это сотрудничество включает подбор абитуриентов самими компаниями.

Любой абитуриент, студент, специалист в зависимости от условий и уровня базового образования может наметить оптимальный путь для освоения образовательных программ соответствующего уровня, не противоречащий законодательству.

Подготовка узко специализированного выпускника осуществляется с учетом требований компании к набору дисциплин учебных планов и их содержанию.

Наиболее эффективный путь для удовлетворения нужд производства в высококачественных специалистах – это подготовка технически и технологически эрудированных специалистов с широким кругозором и глубокой специализацией в нужных компаниям направлениях.

Образовательная деятельность университета и производственных организаций регулируется генеральными договорами и дополнительными соглашениями к ним по реализации конкретных проектов. У нас есть примеры успешного осуществления проектов не только по подготовке кадров, но и по их переподготовке. Это курсы по переподготовке специалистов в области обработки сейсмических данных для «Хантымансийскгеофизики» и «Башнефтегеофизики», курсы по радиационной безопасности для «Сургутнефтегаза», «Нижневартовскнефтегаза», «Мегионнефтегаза» и других организаций.

Сотрудничество с производственными организациями позволило не только осуществить целевую подготовку специалистов, но и создать новую современную, отвечающую последнему слову техники и технологии, материально-техническую базу подготовки специалистов. Так, совместные проекты позволили организовать лабораторию каротажа профессора А. К. Козырина, созданную благодаря усилиям ПГО «Тюменьпромгеофизика», ООО «ИНГЕО», ПФ «Севергазгеофизика» и ОАО НПП «ВНИИГИС»; предметную аудиторию сейсморазведочной аппаратуры и интерпретации сейсмических данных – проект реализован

совместно с ОАО «Хантымансийскгеофизика», ООО «Си-Технолоджи Инструментс» и ЗАО «Тюменьнефтегеофизика», которые требуют постоянного переоснащения.

Использование лабораторной базы и новых российских технологий разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, созданных специалистами университета, позволили выйти на реализацию совместных проектов с многочисленными организациями, такими как «Урайнефтегаз», «Мегионнефтегаз», «Черногорнефть», «Тюменьпромгеофизика», «Казатомпром» и др.

Гибкая и многоплановая образовательная деятельность УГГУ совместно с производственными компаниями позволяет более успешно решать задачи реализации минерально-сырьевого потенциала России.

Факультет геологии и геофизики – это единое научно-учебное объединение, которое включает в себя 13 кафедр, являющихся основными учебно-научными подразделениями института, а также предприятия различной организационно-правовой формы, научно-образовательные центры (НОЦ), научно-аналитические центры (НАЦ) и общественные организации.

В институте активно работают молодежные школы: Малая геологическая академия (рук. к.г.-м.н. Д. А. Клейменов); в рамках Уральского летнего университета активно работает минералогическая школа (науч. рук. д.г.-м.н. Э. Ф. Емлин, зав. кафедрой МПГ академик РАН В. А. Коротеев.); ежегодная Уральская молодежная научная школа по геофизике (науч. рук. д.т.н., член-корр. РАН В. И. Уткин), которая проводится с 2000 года при поддержке Института геофизики УрО РАН, Института геологии и геофизики УГГУ, Пермского государственного университета, Уральского отделения ЕАГО, Департамента природных ресурсов по Уральскому федеральному округу, Горного института УрО РАН.

С целью дальнейшего развития и поддержки научно-образовательных программ УГГУ работает НОЦ «Российские технологии разведки и разработки недр» (науч. рук. член-корр. РАН И. И. Нестеров).

Научно-аналитический центр «Недра» обеспечивает техническую и методическую базу для проведения теоретических и практических занятий студентов, аспирантов, докторантов УГГУ, слушателей курсов переподготовки, повышения квалификации кадров; оказывает консультационные услуги практически по всем разделам недро- и природопользования.

Общая идея подобной системы реформирования заключается в оптимальном использовании, принципиальном укреплении и развитии научно-технологических, образовательных и информационных ресурсов вузов через систему контрактных соглашений.

Более детально о концепции реформирования и развития геологического, в т.ч. геофизического образования можно будет поговорить и дать новый импульс на II Международном симпозиуме «Геофизика XXI века», который пройдет 24-25 ноября 2011 года в УГГУ в период дней УГГУ и в год 60-летия геофизического факультета.

Концепция проведения симпозиума «Геофизика XXI века» основывается на развитии Уральской геофизической школы, объединяющей интересы образования, науки и производства на принципиально новых началах.

Предполагается, что в ходе заседаний и работы секций будут рассматриваться вопросы науки, производства, образования, подготовки, распределения и трудоустройства молодых специалистов.

В составе приглашенных – руководители геофизических организаций, НИИ, вузов, выпускники университета.

В программе – пленарное заседание, посвященное истории и этапам становления Уральской геофизической школы, презентации исследовательских лабораторий, новых технологий, предприятий-участников, заседания «круглых столов», семинары, пресс-конференции, лекции мэтров геофизической школы, встречи.

Подробнее со всеми материалами по симпозиуму можно ознакомиться на сайтах www.геофизика21.рф или www.гео21.ru.