

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМПОЗИУМ «УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»

12-21 апреля 2010 г.

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550. 834

О СПОСОБАХ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРА СЕЙСМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

КУРАШОВ И. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Целью данного исследования было освещение возможностей, которыми обладает сейсморазведка для прямого получения данных о коллекторских свойствах горных пород, в первую очередь, о трещиноватости.

Одним из перспективных направлений получения данных о коллекторе является выделение рассеянной компоненты волнового поля и подавление зеркальной, что позволит получать изображения среды, напрямую связанные с параметрами пласта, в первую очередь, с трещиноватостью и открытой пористостью. Особенно актуально решение такой задачи для месторождений в карбонатных отложениях, поскольку здесь результаты испытаний поисково-разведочных скважин по увеличению притока нефти и дебитов добывающих скважин во многом определяются не структурным фактором, а трещиноватостью коллектора (Кузнецов и др., 2004).

Рассматривая данный вопрос, необходимо разделить методы, для которых необходимы специальные наблюдения, а, следовательно, дорогостоящий процесс полевых работ и методы, основанные на оригинальных способах обработки стандартных сейсмических записей, полученных при полевых наблюдениях методом ОСТ. К числу первых можно, пожалуй, отнести метод СЛБО (сейсмический локатор бокового обзора) как наиболее развитый в теоретическом и экспериментальном плане. В основе такого способа лежит принцип, сходный с гидролокатором бокового обзора, применяемым на флоте, в данном случае изучение площади производится путем многократных (кратность может достигать десяти тысяч) отражений на рассеивающих объектах с нахождением установок приема и возбуждения за пределами площади. На рис. 1 приведены схема наблюдений и их результаты.

В основе работы хотелось бы уделить наибольшее внимание разработкам по выделению рассеянных волн на стандартных данных, так как такая технология менее затратная и, соответственно, имеет гораздо больше возможностей для реализации и внедрения на производственных предприятиях.

Среди такого рода исследований можно выделить, например, метод ориентированного миграционного преобразования – МИРО (миграционное изображение рассеивающих объектов), в основе которого лежит процедура подавления сейсмических сигналов, связанных с областью первой зоны Френеля (Козлов, 2006), а также работы акад. С. В. Гольдина по фокусирующим преобразованиям сейсмических записей (Гольдин и др., 2004). Для реализации такого метода используется направленное суммирование данных многократного перекрытия путем сканирования по дифракционным гиперболоидам со скользящим окном по источникам и приемникам. Такой метод может служить не только средством определения зон трещиноватости, но и являться средством детализации сейсмического разреза.

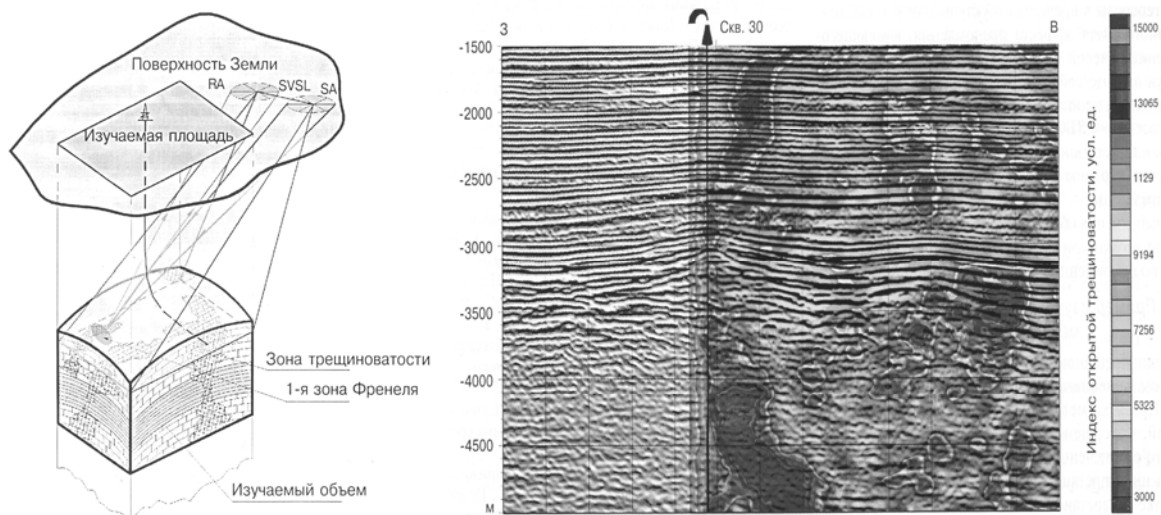


Рис. 1. Принципиальная схема наблюдений методом СЛБО – слева и сопоставление данных метода ОСТ с результатами наблюдений СЛБО – справа

В основе работы хотелось бы уделить наибольшее внимание разработкам по выделению рассеянных волн на стандартных данных, так как такая технология менее затратная и, соответственно, имеет гораздо больше возможностей для реализации и внедрения на производственных предприятиях.

Среди такого рода исследований можно выделить, например, метод ориентированного миграционного преобразования – МИРО (миграционное изображение рассеивающих объектов), в основе которого лежит процедура подавления сейсмических сигналов, связанных с областью первой зоны Френеля (Козлов, 2006), а также работы акад. С. В. Гольдина по фокусирующим преобразованиям сейсмических записей (Гольдин и др., 2004). Для реализации такого метода используется направленное суммирование данных многократного перекрытия путем сканирования по дифракционным гиперболоидам со скользящим окном по источникам и приемникам. Такой метод может служить не только средством определения зон трещиноватости, но и являться средством детализации сейсмического разреза.

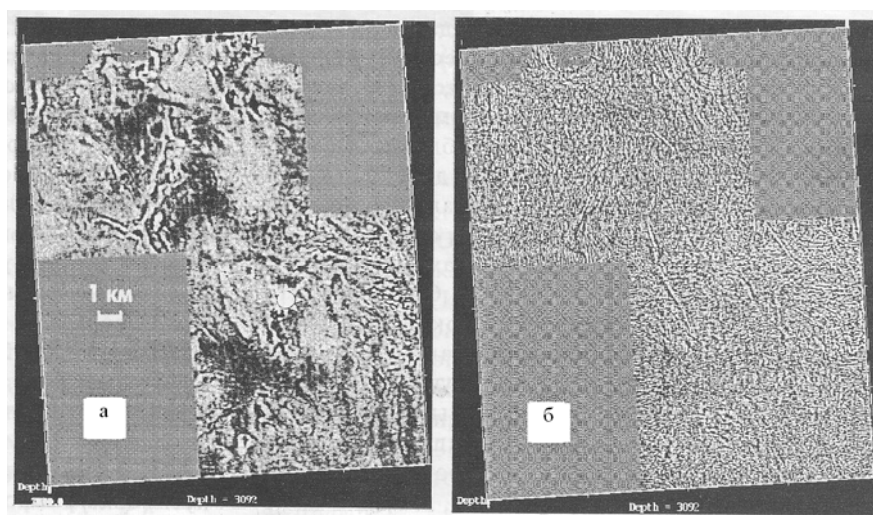


Рис. 2. Горизонтальные срезы кубов, полученные при МИРО с мягким – (а) и жестким (б) тайпером (тайпер – характеристика подавления зеркальных волн)

Одна из подобных технологий разрабатывается сейчас на кафедре геофизики нефти и газа Уральского государственного горного университета под руководством проф. В. И. Бондарева.

В основе подхода лежит взгляд на необходимость совершенствования методов миграционных преобразований в сторону создания процедур управляемой миграции, что обусловлено повышением требований нефтегазодобывающей отрасли к сейсморазведке. Так, становится необходимым, в зависимости от решаемого круга задач, выделить на записях зеркальные волны или, напротив, ослабить их, усилив рассеянные для определения, например, зон дробления.

В основе предложенной технологии лежит дифракционная модель геологической среды и идея распространения положения дифрагирующих объектов на все гипотетические места их локализации путем пересчета трасс временных разрезов равного удаления (РУ) в группу трасс на ряд пикетов в окружении исходной. Для этого разработан оригинальный временно-амплитудный оператор преобразования сейсмических трасс (Бондарев и др., 2010). В его основе лежит идея использовать уравнение «двойного квадратного корня» (*DSR*) непосредственно для нахождения трассы временного разреза, соответствующей имеющемуся в разрезе дифрагирующему объекту. Если возвести уравнение *DSR* дважды в квадрат и выполнить достаточно громоздкие математические преобразования, то можно получить следующее уравнение (1) для определения времени t_0 , соответствующего положению дифрактора на нуль-офсетном временном разрезе

$$t_0 = t \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{l^2}{(Vt)^2}\right) \left(1 - \left[\frac{l(a-1) - 2u(1+a)}{(1+a)Vt}\right]^2\right)}, \quad (1)$$

где t – текущее время на трассе равного удаления; $l=l_1+l_2$ – удаление «источник-приемник»; $u=x-x_D$ – относительное удаление расчетной трассы от эпицентра дифрактора; $a=l_2/l_1$ – параметр, характеризующий расположение точки отнесения на удалении l .

Если к этой формуле добавить очевидное соотношение для амплитуд $A[t_0(x_D)] = A[t(x)]$, то приведенная формула становится искомым *амплитудно-временным оператором преобразования* любой трассы разреза РУ в трассу нового временного разреза t_0 . Задача решена для общего случая несимметричного положения расчетной точки (Бондарев, Крылатков, 2006), но может быть применена непосредственно для случаев ОСТ, ОПВ и ОПП.

Предложенный метод был опробован на модельных (Курашов, 2009) и экспериментальных данных. Результат работы можно наблюдать на рис. 3.

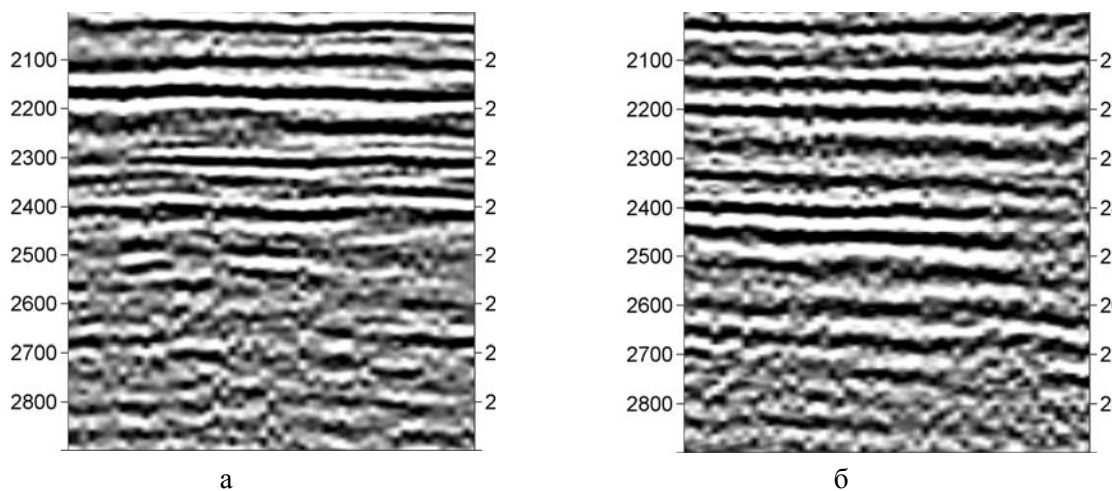


Рис. 3. Сравнение стандартного временного разреза ОСТ (*а*) и временного разреза, полученного по предлагаемой технологии (*б*)

Таким образом, перед нами открываются весьма широкие перспективы использования сейсморазведки на стадии добычи нефти и газа для получения дополнительной информации о коллекторских свойствах пород путем переобработки данных сейсмических наблюдений, например, *3D*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В. И., Крылатков С. М. Новые технологии анализа данных сейсморазведки. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 126 с.
2. Бондарев В. И., Крылатков С. М., Курашов И. А. Получение изображений геологической среды на основе дифракционного преобразования разрезов равного удаления // Тезисы докладов IV Международной конференции «Санкт-Петербург-2010. Геонауки – От новых идей к новым открытиям». – Санкт-Петербург, 2010.
3. Гольдин С. В., Смирнов В. Ю. и др. Построение сейсмических изображений в рассеянных волнах как средство детализации сейсмического разреза: Геофизика. Специальный выпуск к 40-летию ОАО «Тюменнефтегеофизика». – 2004 – С. 23-29.
4. Козлов Е. А. Модели среды в разведочной сейсмологии. – Тверь: Изд-во ГЕРС, 2006. – 480 с.
5. Кузнецов О. Л., Курьянов Ю. А., Чиркин И. А., Шленкин С. И. Сейсмический локатор бокового обзора: Геофизика. Специальный выпуск к 40-летию ОАО «Тюменнефтегеофизика». – 2004. – С. 17-22.
6. Курашов И. А. Моделирование теоретических волновых полей вторичными источниками // Сборник материалов X Уральской молодежной научной школы по геофизике. – Пермь: 2009. – С. 129-133.

УДК 622.24

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОСВОЕНИИ БУРОВЫХ СКВАЖИН

АПАКАШЕВ Р. А., ЯРОШОК Ю. И., БЕЛИКЕЕВА А. Н., ЛЕМЕХОВА А. П.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В последние годы повышается значимость вопросов энергосбережения и расхода энергоресурсов в различных отраслях промышленного производства. Энергоэффективность и энергосбережение в настоящее время являются одними из основных направлений инновационного развития российской экономики.

В настоящей работе рассматривается технология бескомпрессорного освоения буровых скважин, обеспечивающая технологический процесс при минимальном расходе энергии и минимальных затратах на основные и вспомогательные материалы при требуемой производительности труда.

Распространенным способом понижения уровня бурового раствора в скважине является его вытеснение сжатым воздухом. Обычно повышенное давление создается поршневым компрессором, приводимым в движение двигателем внутреннего сгорания. Необходимость транспортировки компрессора с запасом топлива, продолжительный период времени для достижения требуемого давления – факторы, часто отрицательно влияющие на эффективность способа, особенно в случае испытания удаленных поисковых и разведочных скважин. Менее затратной в этом отношении является технология бескомпрессорного освоения скважин, позволяющая вытеснять буровой раствор за счет давления газов, образующихся в результате химического разложения относительно небольшого количества вещества с высокими удельными показателями газообразования.

Рассмотрим принцип подбора реагентов, способных подвергаться химическим превращениям с обильным газовыделением. При этом отметим различные способы генерации газов, известные в патентной и научной литературе, а также применяемые в технике.

Так, в большой группе патентов США, Франции, Великобритании, ФРГ описаны устройства для удаления забортной воды из балластных камер глубоководных аппаратов. Для создания давления, способного вытеснить воду, приводятся в действие газогенераторы с реагентами, интенсивно выделяющими такие вещества, как азот, водород, аммиак и др. Важно, что подобные системы компактны и имеют небольшую массу.

Проблема получения большого количества газообразных веществ решается, например, при создании двигателей летательных аппаратов с реактивной тягой [1]. Из данного направления могут быть использованы принципиальные решения, реализованные в ракетных двигателях, потребляющих углеводородное топливо.

При классификации химических реагентов, на применении которых основано действие газогенерирующих устройств, условно можно выделить три группы. Первая включает жидкие

вещества, способные в присутствии катализатора или под воздействием других реагентов разлагаться на газообразные продукты. Вторая группа объединяет реагенты, способные к газообразованию из твердого состояния, третья – реагенты, интенсивно взаимодействующие с водой с выделением большого количества газов.

Жидкие газообразующие системы. Наиболее часто из жидких веществ, способных каталитически разлагаться на газообразные вещества, применяются гидразин N_2H_4 и его производные, проявляющие сильные восстановительные свойства [2]. В тех случаях, когда предполагается эксплуатация гидразинового газогенератора при пониженных температурах, основным реагент переводят в желеобразное состояние или модифицируют антикристаллизационными добавками.

Подбором катализатора и условий для проведения процесса можно добиться разложения 1 кг гидразина с образованием $2,1 \text{ м}^3$ газов (при нормальных условиях), что считается очень высоким удельным показателем.

Несмотря на то, что гидразин широко применяется в компактных высокопроизводительных газогенераторах, работа с ним требует специальных мер безопасности. Гидразин является химически неустойчивым соединением, способным к самопроизвольному разложению при контакте с некоторыми металлами или их оксидами. В настоящее время известны специальные добавки, устраняющие данный недостаток, но это не снимает самой важной проблемы – высокой токсичности гидразина и его органических производных [2].

Задача эффективной газогенерации имеет отношение к области создания ракетных двигателей. Топливом для этих двигателей служат реагенты, способные под воздействием окислителя образовывать с регулируемой скоростью значительное количество газообразных продуктов сгорания. Большое внимание уделяется горючим на основе низкомолекулярных углеводородов – этана C_2H_6 , пропана C_3H_8 [1]. Важно, что эти компоненты входят в состав газового конденсата, имеют невысокую стоимость и малотоксичны. Отметим принципиальную возможность использования углеводородного сырья (газового конденсата) для бескомпрессорного освоения буровых скважин. Данный вариант перспективен, т. к. предполагает использование доступных дешевых газообразующих реагентов и отдельных серийных блоков (турбонасосный агрегат, камера сгорания, форсунки), например, авиационно-космической техники, выработавшей свой ресурс по прямому назначению.

Твердофазные газообразующие реагенты. В настоящее время известны различные твердые газообразующие реагенты, применяемые в устройствах для создания повышенного давления. Так, для получения азота предлагается разлагать азид натрия NaN_3 в присутствии окислителя и модификаторов. Из 2,5 кг исходной смеси реагентов можно получить до 1 м^3 газообразного азота. Явным недостатком данного способа газогенерации является твердый остаток, требующий утилизации.

В качестве твердых газообразующих реагентов также могут применяться способные к термическому разложению богатые азотом соединения. Типичный состав содержит триаминогуанидиниевую соль 5-нитроаминотетразола, тщательно смешанную с катализатором. Один килограмм этого состава способен образовать $1,5 \text{ м}^3$ газов (при нормальных условиях).

Высокие удельные показатели газообразования имеют газогенераторы, принцип действия которых основан на термическом разложении проперголя. При сгорании 1 кг проперголя образуется до $2,2 \text{ м}^3$ газообразных продуктов, что превышает соответствующий показатель гидразина.

Гетерогенные газообразующие системы с участием воды. Для получения больших объемов газов могут быть использованы реакции гидролиза или гидролитического разложения различных твердых реагентов [3]. Данный способ газогенерации наиболее удобен в том случае, когда один из реагентов – вода, является вмещающей средой. Так, для создания подъемной силы предлагается подвергать разложению в воде азотистый гуанидин. Выделяющиеся в процессе реакции газы наполняют специальную оболочку или вытесняют воду из балластных емкостей. Из 1 кг азотистого гуанидина можно получить около $1,5 \text{ м}^3$ газа.

Разложение азотистого гуанидина является эндотермическим процессом. Поэтому для повышения скорости газообразования необходимо повышать температуру воды. Напротив, взаимодействие, например, гидрида кальция с водой сопровождается значительным тепловыделением, что может приводить к самовоспламенению выделяющегося водорода. Транспортировка, хранение и применение гидрида кальция требуют соблюдения мер

предосторожности. Устраняет отмеченный недостаток гранулирование и покрытие гидрида кальция специальной пленкой из полимерных материалов [3].

Наиболее эффективным газообразующим реагентом рассматриваемой группы является борогидрид натрия NaBH_4 [4, 5]. При контакте с водой из 1 кг этого вещества можно получить до 2,3 м³ водорода, причем с высокой скоростью. В сравнении с другими газообразующими реагентами борогидрид натрия отличается не только большим удельным газообразованием. Он является и наиболее удобным источником для получения газообразного вещества. Борогидрид натрия в сухой атмосфере термически стабилен до 400-500°C, при соблюдении известных мер предосторожности безопасен в работе, его соприкосновение с влагой не сопровождается самовоспламенением [5].

Гидролиз – важная реакция борогидрида натрия, приводящая в конечном итоге к переходу борогидрид-иона в борат с одновременным выделением водорода. Гидролиз борогидрида натрия при комнатной температуре протекает медленно, т. к. накопление бората натрия сопровождается повышением *pH* раствора и падением скорости гидролиза. Буровые растворы, как правило, имеют щелочную реакцию, поэтому для интенсификации разложения в них борогидрида натрия следует использовать катализатор. Обычно для ускорения выделения водорода из NaBH_4 добавляют твердые реагенты кислотного характера [5]. В этом случае при взаимодействии с водой выделение водорода заканчивается через несколько минут. Недостатком катализаторов такого рода является относительно большое количество добавок, увеличивающих массу исходной водородообразующей смеси.

Заключение. При использовании химических реагентов для бескомпрессорного освоения буровых скважин возможны два варианта создания повышенного давления. Первый из них связан с подачей газа в скважину через ее устье, предусматривающий разработку и изготовление специальных газогенераторов, учитывающих физико-химические параметры конкретного процесса газообразования. При этом газогенерирующее оборудование должно изготавливаться из конструкционного материала, способного выдерживать высокие давления и противостоять коррозионному разрушению. Второй вариант заключается в загрузке требуемого количества газообразующего реагента, например, с применением торпеды, непосредственно в ствол скважины, где после контакта с буровым раствором и произойдет выделение газа. Этот вариант наиболее приемлем, т. к. не требует дополнительного оборудования и специальных мер безопасности для обслуживающего персонала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев А. И. Химия топлив двигателей летательных аппаратов. – М.: Изд-во МАИ, 1990. – 236 с.
2. Коровин Н. В. Гидразин. – М.: Химия, 1980. – 203 с.
3. Жигач А. Ф., Стасиневич Д. С. Химия гидридов. - Л.: Химия, 1969. – 180 с.
4. Хаин В. С. О стабильности водных растворов тетрагидроборатов натрия и калия // Журнал прикладной химии. – 1980. – Т. 53. – С. 2404-2410.
5. *Schlesinger H. I. Sodium borohydride, its hydrolysis and its use as a reducing agent and in the generation of hydrogen // J. Amer. Chem. Soc. – 1953. Vol. 75. P. 215-226.*

УДК: 550.832

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НОРМАЛИЗОВАННЫХ КРИВЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ В ТРЕЩИННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕДВЕЖЬЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ИЛЬИН А. В.

ОАО «Красноярское управление геофизических работ»

В настоящее время ОАО «Газпром» проводит разведочные работы в пределах Медвежьего месторождения и на примыкающих к нему лицензионных участках с целью наращивания своей сырьевой базы. Одним из возможных промышленных объектов могут быть нетрадиционные для региона работ коллекторы – трещинные кремнистые аргиллиты нижеберёзовской подсвиты [1]. Методика же интерпретации комплекса ГИС непосредственно для этих отложений отсутствует. Данное обстоятельство снижает информативную ценность ГИС, поэтому разработка

интерпретационных приёмов выделения и оценки сложнопостроенных коллекторов является актуальной задачей.

За последнее время накоплен определенный объем геолого-геофизической информации, что делает возможным разработку методических приемов интерпретации комплекса ГИС. Для получения дополнительных сведений и улучшения качества интерпретационного материала была сделана попытка использовать метод нормализованных кривых. Этот приём был впервые предложен Н. З. Залевым [4] для выделения трещинных коллекторов в карбонатных отложениях и предусматривает сравнение диаграмм нейтронных методов с данными электрического каротажа. Несмотря на удачную идею и положительный опыт использования этого подхода на карбонатных отложениях [3, 6], попытки применить его на практике для терригенных отложений Западной Сибири не принесли желаемого результата, так как не удалось сопоставить данные нормализованных кривых в исследуемом диапазоне глубин. Считаем, что причины кроются в том, что метод, разработанный для карбонатного разреза, не учитывает особенностей геологического строения песчано-глинистых пород. Следовательно, имеет смысл модифицировать предложенный подход, что сделает возможным выделять в разрезе трещинные глинистые коллекторы и оценивать их фильтрационно-емкостные свойства.

Проведенные работы [5] позволили определить признаки продуктивных горизонтов в отложениях нижеберезовской подсвиты. Это выражено в повышенных показаниях электрического и нейтрон-нейтронного каротажа, относительно перекрывающих и подстилающих пород. По мнению автора, наилучшие результаты по выделению в сложнопостроенных разрезах продуктивных горизонтов можно получить при использовании данных плотностного (ГГКп) и нейтрон-нейтронного каротажа (ННКт). Для этого предлагается применять описанный выше метод нормализованных кривых, но вместо удельного сопротивления пород использовать данные рассеянного гамма-излучения. Выбор ГГКп и ННКт обусловлен тем, что имеются функциональные зависимости между коэффициентом пористости и регистрируемыми параметрами этих геофизических методов [6], которые описываются выражениями:

$$I_{НК} = f(\lg k_{п})_{и} \delta_{п} = f(k_{п}) \quad (1, 2)$$

где $I_{НК}$ – показания нейтронного каротажа; $\delta_{п}$ – плотность горной породы; $k_{п}$ – коэффициент пористости горной породы.

Влияние литологии на показания нейтронных методов в отсутствии аномальных поглотителей существенно ниже, чем влияние пористости [2]. По этой причине можно утверждать, что показания нейтронного каротажа зависят в большей степени от общего водородосодержания среды, т. е. от ее пористости, количества углеводородов, ее заполняющих, и водородного индекса пластового флюида, а получаемый при измерении $k_{п}$ следует расценивать как коэффициент кажущейся (нейтронной) пористости $k_{п}^{НК}$.

Если использовать метод нормализации и таким способом учесть влияние пористости породы (при помощи ГГКп), то разница в значениях $k_{п}$ и $k_{п}^{НК}$ будет линейно-пропорциональна коэффициенту газонасыщенности пород $k_{г}$. С учетом всего сказанного, коэффициент газонасыщенности можно представить в следующем виде

$$k = a \left(k_{п}^{ГГКп} - k_{п}^{НК} \right), \quad (3)$$

где $k_{п}^{НК}$ и $k_{п}^{ГГКп}$ – соответственно, пористость нейтронная и определенная с помощью ГГКп; a – коэффициент, учитывающий водородный индекс коллектора.

Практическое применение метода сводится к следующему. После выполнения предварительных расчётов, связанных с определением $k_{п}^{НК}$ и $k_{п}^{ГГКп}$, производилось определение приращения коэффициентов пористости $\Delta k_{п}$. Полученные результаты наносятся на каротажную диаграмму, которая подвергается анализу. По закономерному расхождению кривых $k_{п}^{НК}$ и $k_{п}^{ГГКп}$ делаются выводы о наличии газонасыщенного коллектора и уточняются границы его залегания.

На рис. 1 представлен упрощенный геологический разрез и схематизированный вид каротажных диаграмм и результатов интерпретации комплекса ГИС, проведенного в песчано-глинистом разрезе, поясняющий принцип применения метода нормализованных кривых.

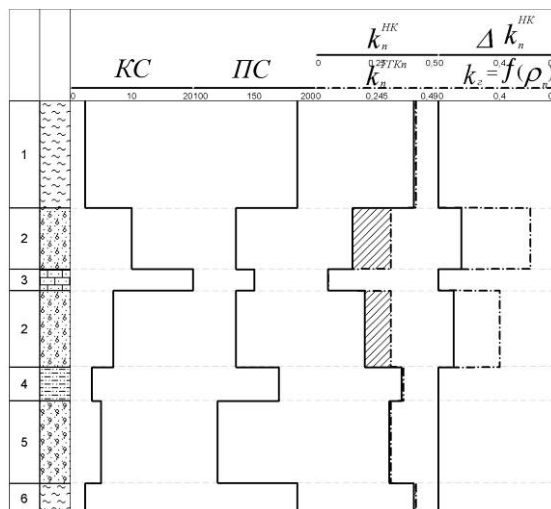


Рис. 1. Выделение газонасыщенных коллекторов по комплексу ГИС:

1 – глина; 2 – песчаник газонасыщенный; 3 – известняк; 4 – песчаник сильноглинистый; 5 – песчаник водонасыщенный

Следующим этапом обработки являлось определение линейного коэффициента a . Для этого строилась зависимость (рис. 2) изменения Δk_n от коэффициента газонасыщенности, определенного как функция $k_r = f(Pn)$ в интервале с известными петрофизическими параметрами (интервал сеноманских отложений). Множитель a находится как угловой коэффициент, показывающий, сколько долей газа в объеме порового флюида соответствуют единичному отсчету приращения коэффициентов пористости Δk_n . Определив множитель, можно рассчитать содержание газа в интервалах нижеберезовской свиты (для которой отсутствуют петрофизические зависимости типа «ГИС-Керн»).

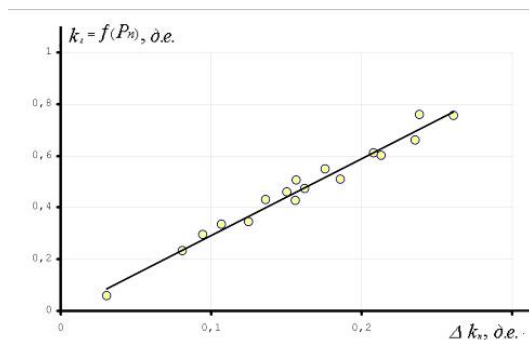


Рис. 2. Зависимость изменения показаний Δk_n от коэффициента газонасыщенности

На рис. 3 приведен пример, иллюстрирующий применение разработанной методики количественной оценки газонасыщенности надсеноманских отложений в одной из скважин Медвежьего газоконденсатного месторождения. Сделанные расчеты и выводы подтверждены результатами испытания, в результате которых получен безводный приток газа. Все это позволяет утверждать, что разработанная методика может быть использована для выделения газонасыщенных, трещинных коллекторов в глинистых отложениях и оценки их промышленной значимости.

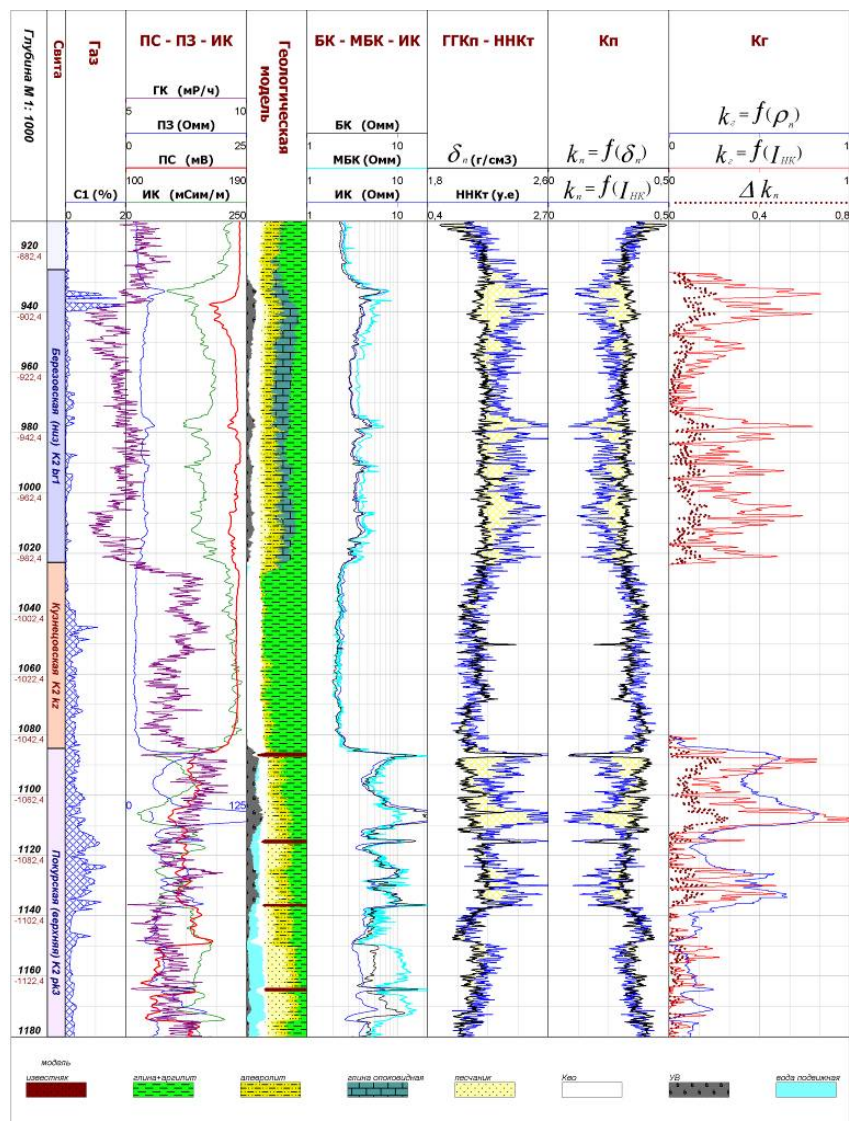


Рис. 3. Определение коэффициента газонасыщенности в трещинных коллекторах глинистых отложений нижеберёзовской подсыты на Медвеьем ГКМ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агалаков С. Е. Новые объекты поисков углеводородов в надсенноманских отложениях Западной Сибири / С. Е. Агалаков, О. В. Бакуев // Геология нефти и газа. – № 11. – 1992.
2. Горбачев Ю. И. Геофизические исследования скважин: учеб. для вузов / Под ред. Е. В. Каруса. – М.: Недра, 1990. – 398 с.
3. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин: учебник для вузов. 2-е изд. – М.: Недра, 1982. – 448 с.
4. Заляев Н. З. Методика автоматизированной интерпретации геофизических исследований скважин. – Минск: Изд-во «Университетское», 1990. – 142 с.
5. Ильин А. В. Методика определения коэффициента нефтегазонасыщенности в надсенноманских отложениях в Надым-Пур-Тазовском районе Западной Сибири. Каротажник 3(168), Тверь: Изд-во АИС, 2008, Вып. 168. – С. 13-20.
6. Итенберг С. С., Шнурман Г. А. Интерпретация результатов каротажа сложных коллекторов. – М.: Недра, 1984. – 256 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ФАЗ В КАЧЕСТВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

БИЗЯЕВ Н. А., АБАКУМОВА О. Е.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Для технологических операций при обработке природного камня является востребованным применение поверхностно-активных веществ (ПАВ). В настоящее время наиболее часто применяемыми ПАВ являются синтетические вещества. Однако применение более простых и доступных, а, следовательно, более дешевых ПАВ снизит себестоимость готовой продукции.

Принцип действия ПАВ сводится к охлаждению обрабатываемого материала путем уменьшения поверхностного натяжения жидкости и снижения трения, что сказывается как на качестве обрабатываемой поверхности, так и на износе оборудования.

Аналогичными выпускаемым промышленностью ПАВ свойствами (снижение поверхностного натяжения) обладают некоторые природные органические вещества. Наиболее доступными оказываются органические фазы, содержащиеся в осадочных отложениях (каустобиолитах).

Озерно-болотные отложения в карстовых коллекторах Липовского месторождения на Среднем Урале, содержащие значительное количество органического материала (лигнит), и были исследованы с целью выявления в них веществ, обладающих свойствами ПАВ.

Формирование карста на Липовском месторождении происходило в течение геологического времени, начиная с мезозоя, когда в условиях тропического климата сформировались коры выветривания серпентинитов и гнейсов. Процесс сопровождался развитием карста на коренных карбонатных породах. В последующем произошло частичное размывание коры выветривания и заполнение карстовых пустот продуктами гипергенеза. Начиная с мела, в карстовых депрессиях накапливались озерные и болотные отложения [4].

Представлены отложения углисто-глинисто-песчаным материалом и лигнитом. Также происходила инфильтрация с образованием жильного органофлюидолита и его обогащения ионами металлов [1].

По литературным данным, содержания в торфе и лигнитах фульвокислот составляют 8,2-11,4 %, а гуминовых кислот – 3,0-23,8 % [5]. Как в осадочном лигните, так и в жильном органофлюидолите – высокое содержание общего углерода. Фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами. Инфильтрационный органофлюидолит сложен более миграционно способным органическим веществом, что следует из преобладания в его составе водорастворимых фульвокислот и меньшей степени зрелости гуминовых.

В результате инфильтрации природных вод по трещинам в осадочном лигните в карстовых коллекторах накоплены водорастворимые фульваты железа и никеля. Инфильтрационный органофлюидолит обогащен металлами и формирует металлоорганические хелатные комплексы.

Материал был отобран в карстовой воронке, вскрытой северным бортом карьера Л-4-5. Характер материала-наполнителя следующий: псаммитовая фракция представлена кварцем и лигнитом, в которой обнаруживаются бокситоподобные образования переменного состава, и глинистые микроконкреции. Секущие трещины выполнены жильным инфильтрационным органофлюидолитом. Возраст материала наполнителя – от раннего мезозоя до кайнозоя [2].

Экстрагирование водной вытяжки из лигнитов Липовского месторождения показало высокое содержание миграционно способных органических веществ, ведущее место среди которых занимают гуминовые и фульвокислоты. Наиболее устойчивые формы гуминовых комплексов растворимы только в щелочной среде при $pH > 7,7$. В кислой среде эти соединения разрушаются с осаждением гуминовых кислот [3]. Из этого следует, что их извлечение для получения водного экстракта возможно усилить незначительным подкислением экстрагирующего раствора, в результате чего водная вытяжка получает свойства поверхностно-активного вещества.

Экстрагирование фульватов и гуматов из лигнитов и органофлюидолитов Липовского месторождения обеспечивает довольно дешевый продукт ПАВ. Технологическая схема производства

достаточно простая и не требует дорогостоящего оборудования для производства такого ПАВ, который может применяться даже для крупных объемов производства камнерезных изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бизяев Н. А. Гипергенная минерализация никеля на Липовском месторождении подземных вод // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / Перм. ун-т. – Пермь: 2008. – Вып. 11. – С. 243-250.
2. Бизяев Н. А. Минерализация в биокосной системе карстовых коллекторов на Липовском месторождении // Структура и разнообразие минерального мира: Материалы международного минералогического семинара. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2008. – С. 333-334.
3. Бугельский Ю. Ю. О возможности миграции никеля в комплексных соединениях с низкомолекулярными органическими кислотами // Кора выветривания, вып. 10. Геология и минералогия коры выветривания. – М.: Наука, 1968. – С. 216-224.
4. Емлин Э. Ф., Вахрушева Н. В., Кайнов В. И. Самоцветная полоса Урала. – Екатеринбург-Реж: Изд-во *AT-group*, 2002. – 156 с.
5. Швец В. М. Органические вещества подземных вод. – М.: Недра, 1973. – 192 с.

УДК 550.83

КАРТИРОВАНИЕ ЗОН ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СДВИГОВ В АНОМАЛИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

ШАНЬШУРОВА Е. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Среди разнообразных разрывов земной коры большая роль в ее развитии и в расчленении на отдельные блоки принадлежит сдвигам. Сдвиги имеют огромное значение в формировании многих типов месторождений полезных ископаемых, являясь каналами высокой проницаемости, по которым происходит миграция флюидов внутрикорового и мантийного происхождения.

Сдвиги, как и другие разрывы, являются трехмерными геологическими телами со сложным внутренним строением. При закладке и развитии сдвига в зоне его динамического влияния в результате перераспределения напряжений создаются условия для образования различных вторичных разрывов и складчатых структур. Вопросами анализа напряжений, процессами деформирования и вторичного структурообразования в сдвиговых зонах посвящено огромное количество публикаций. Наиболее ценными из них являются обобщающие работы Гзовского М. В. (1975), Стоянова С. С. (1977), Гинтова О. И. и Исая В. М. (1988) и ряда других исследователей.

Сводя воедино результаты многих экспериментальных исследований, Стоянов С. С. (1977) [4] привел схему минимального набора структурных элементов (структурный парагенезис), которые могут возникать в зоне сдвига (рис. 1). К таким элементам относятся: пара сопряженных сколов R и R' ; трещины отрыва T , ориентированные при упруго-мгновенной деформации под углом 45° к оси зоны; эшелонированные складки Fd , возникающие в слоистых средах; на поздних стадиях сдвига формируются обратные косые сколы P и продольные сколы L .

Из элементов структурного парагенезиса, образующихся в зоне сдвига, наиболее отчетливо проявляются сопряженные сколы, трещины отрыва и эшелонированные складки. Особенность их пространственного положения заключается в том, что они образуют кулисообразные последовательности близких по форме и размерам однотипных структур.

Трещины отрыва и скола состоят из совокупности более мелких (первичных) трещин, которые улучшают проницаемость среды и способствуют увеличению дилатации (относительному изменению объема среды) на всю мощность слоя, вовлеченного в сдвиговый процесс.

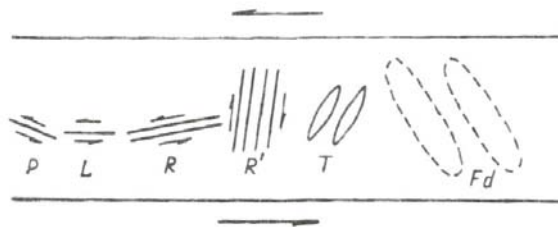


Рис. 1. Структурный парагенезис в зоне сдвига (по С. С. Стоянову) (условные обозначения в тексте)

Трещинообразование приводит к изменению плотности геологических тел. На это одним из первых обратил внимание Белоусов В. В. [1]. Детальные геолого-петрофизические исследования показали, что основным механизмом пластических деформаций пород в них является катаклаз, выраженный в дроблении зерен минералов и развитии микротрещиноватости. Благодаря этому процессу плотность пород уменьшается на 0,01-0,04 г/см³. Связь между плотностью ρ пород и объемом открытых трещин V хорошо описывается линейным уравнением регрессии

$$\rho = -0,614V + 2,685.$$

Куддусов Х. К. приводит данные о физических свойствах тектонитов, развитых в сдвиговых нарушениях, к которым приурочены многие рудные месторождения Таджикистана, из которых следует, что в результате деформации практически не происходит изменение минеральной плотности тектонитов [3]. Это указывает на идентичность их состава составу исходных пород. Значительно уменьшается (на 0,22-0,40 г/см³) объемная плотность за счет трещинообразования. При этом наибольшей трещиноватостью характеризуются продукты преобразования гранитоидов, которые из-за высокого содержания кварца склонны к хрупкому разрушению. Изучая свойства тектонитов, Куддусов обращает внимание на то, что участки локализации оруденения и развития тектонитов генетически связаны. Промышленное скопление рудной минерализации приурочено в пределах сдвиговой зоны к местам распространения обломочных тектонитов значительной мощности, т. е. к проницаемым частям среды. Этот пример наглядно показывает практическую значимость выявления и изучения дилатационных зон.

Структуры скола и отрыва являются аномальными по плотности слагающих их пород объектами и тогда, когда они выполнены каким-нибудь субстратом, и тогда, когда они представляют собой просто разрыхленные участки среды. Исследования показали, что в поле силы тяжести они проявляются в обоих случаях системами кулисообразных положительных и отрицательных аномалий, близких по интенсивности и размерам. Форма аномалий в плане (в зависимости от точности и детальности гравиметрической съемки) эллиптическая или $S(Z)$ -образная. Оси аномалий параллельны и образуют острый угол с направлением сдвига. Системы таких аномалий являются устойчивым морфологическим признаком, позволяющим уверенно картировать зоны сдвига, изучать их внутреннее строение и определять знаки сдвига – левый, правый.

Проиллюстрируем все выше сказанное конкретными примерами.

В пределах Верхнекамского месторождения калийных солей установлен Дуринский прогиб по кровле соленосных отложений. Особенность пространственного положения этой структуры заключается в том, что она в плане совпадает с широтным глубинным разломом [2].

В поле силы тяжести прогиб картируется цепочкой кулисообразных локальных положительных аномалий (рис. 2), имеющих в плане S -образную форму (с ними пространственно совпадает аналогичная система положительных магнитных аномалий). Результаты интерпретации и данные бурения показали, что источниками аномалий являются локальные погружения в кровле солей, заполненные более плотным, чем соль, терригенным материалом. Погружения, как и аномалии, имеют S -образную в плане форму. Их длинные оси северо-восточной ориентировки образуют с направлением простираения прогиба и разлома углы 10-20°.

Такая система локальных погружений могла сформироваться только в результате левостороннего сдвига. Данные повторных нивелировок указывают на значительные деформации сдвига, имеющие место в настоящее время на линиях пресечения с Дуринским глубинным разломом, по которому и происходит сдвиговый процесс.

Сдвигообразование сопровождается интенсивным трещинообразованием. Оно происходит не только в кристаллических, но и в осадочных, в частности, в соляных породах (Дзенс-Литовский, 1967; Бельтюков, 1970; Короткевич, 1970; Привалов, 1971).

Геологи (Валеев, 1974 и др.) объясняли образование локальных погружений в Дуринском прогибе выщелачиванием солей, в основном, подсолевыми водами. Выщелачивание наиболее интенсивно шло там, где в зоне сдвига формировалась система трещин скола и отрыва, проникавших в виде каналов на значительную глубину и открывавших доступ для движения вод из подсолевых горизонтов.

Таким образом, из анализа гравитационного поля и геолого-тектонифизических данных следует, что Дуринский прогиб и глубинный разлом образуют единую геодинамическую систему, развитие которой во времени и определяет закономерности внутреннего строения прогиба. Оценка напряженно-деформированного состояния среды необходима не только при изучении процессов

формирования структуры в целом, но и при прогнозировании в ее пределах участков, перспективных на оруденение.

Так, на Октябрьском оловорудном месторождении [5] главными структурными элементами являются два субмеридиональных левосторонних сдвиговых разлома, которые выполняют роль рудоносных структур, вдоль которых размещены месторождения. Рудоносные сдвиги являются глубинными структурами, вскрывающими рудомагматические очаги, и некоторые из них, скорее всего, проникают в мантию. Сдвиговая активизация этих глубинных разломов создавала исключительно благоприятные геодинамические условия для миграции рудного вещества из нижних уровней коры к верхним с последующей его концентрацией в рудолокализирующих структурах. Рудолокализирующие структуры состоят из пространственно сближенных рудовмещающих структур растяжения (трещин отрыва), контролирующих размещение отдельных рудных тел. Характерной морфологической чертой такого типа рудовмещающих структур является их S-образная при левом и Z-образная – при правом сдвиге форма. Между рудовмещающими структурами растяжения иногда намечается закономерный шаг. Так, рудолокализирующие структуры Октябрьского рудного узла удалены друг от друга на равные расстояния в 2-3 км.

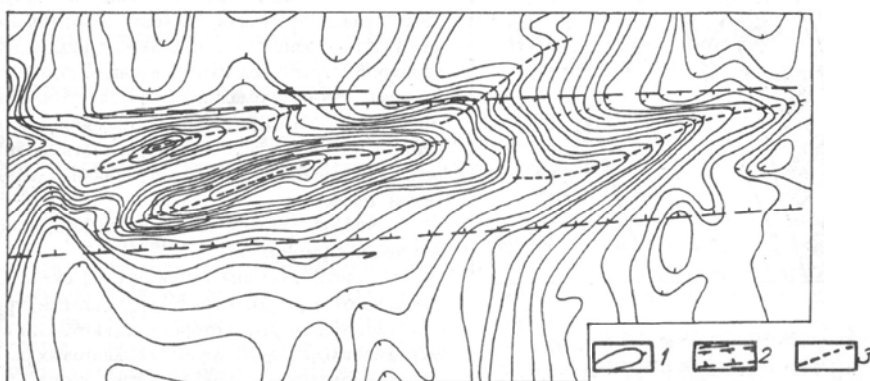


Рис. 2. Гравитационные аномалии в зоне глубинного Дуринского разлома [2]:

1 – изоаномалы силы тяжести; 2 – внешние границы зоны разлома-сдвига и направления пары сил по разлому; 3 – оси линейных магнитных аномалий положительного знака

Месторождения полезных ископаемых пространственно и генетически связаны с различными структурно-тектоническими элементами, поэтому в общем комплексе геолого-геофизических исследований важное место принадлежит структурному картированию с использованием тектонофизического анализа аномалий поля силы тяжести.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов В. В. Складчатость и основные типы тектонических деформаций // Бюлл. МОИП, отд. геол. – 1969. – № 4. – С. 5-23.
2. Кассин Г. Г., Суворов В. В., Филатов В. В. Геофизические исследования в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Изв. Уральск. государств. горно-геолог. академии. Сер.: Геология и геофизика. – 1996. – Вып. 5. – С. 128-135.
3. Куддусов Х. К. Тектониты сдвиговых нарушений рудных месторождений и их роль в рудолокализации // Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании месторождений полезных ископаемых: Тез. докл. Первого всес. совещ. по сдвиговой тектонике. 15-17 ноября 1988. – Ленинград, 1988. – Вып. 3. – С. 85-88.
4. Стоянов С. С. Механизм формирования разрывных зон. – М.: Недра, 1977. – 144с.
5. Уткин В. П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. – М.: Наука, 1989. – 166 с.

ПРОЯВЛЕНИЕ МАГНИТОУПРУГОГО ЭФФЕКТА В АНОМАЛИЯХ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

СВЯЖИН И. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Впервые исследования по изучению влияния механических напряжений на магнитные свойства ферромагнетиков были выполнены в середине XIX века итальянским физиком Э. Виллари. Было установлено, что при воздействии определенной статической нагрузки или механических деформаций (растяжения, кручения, изгиба и т. д.) на ферромагнетик происходит изменение его намагниченности. Данное явление получило название магнитоупругого эффекта (эффекта Виллари).

Позднее, в 1922 г., Уилсон показал, что под действием статической нагрузки до 120 МПа магнитная восприимчивость образца уменьшается в направлении сжатия и увеличивается в перпендикулярном направлении. В магниторазведке данный эффект представляет особый интерес применительно к ферромагнитным минералам и горным породам. В настоящее время наиболее полно исследовано влияние различных видов механических напряжений на магнитную восприимчивость двух основных ферромагнитных минералов: магнетита и титаномагнетита.

Экспериментальное изучение влияния упругих напряжений на магнитную восприимчивость ферромагнитных минералов позволило построить целый ряд зависимостей $\chi(\sigma)$. Так, при сильном одностороннем сжатии в условиях всестороннего давления

$$\chi = \frac{J_s^2}{3\lambda_s \sigma},$$

где J_s – намагниченность насыщения; λ_s – магнитострикция насыщения; σ – величина внутренних напряжений в ферромагнетике. Постоянная магнитострикции магнетита определяется по значениям компонент λ_{100} и λ_{111} вдоль главных кристаллографических осей (100) и (111)

$$\lambda_s = \frac{3\lambda_{111} + 2\lambda_{100}}{5} [4].$$

Также определяется λ_s и для титаномагнетита. Сопоставление данных об изменении магнитной восприимчивости магнетита и титаномагнетита под действием давления, полученные различными авторами, показывает, что эти изменения носят гиперболический характер и описываются следующей эмпирической формулой

$$\chi = \frac{\chi_0}{1 + \beta_\sigma},$$

где χ_0 – начальная магнитная восприимчивость при $\sigma = 0$. Значение коэффициента β для магнетита составляет $(0,6-1,2) \cdot 10^{-3} \text{ МПа}^{-1}$ [6].

Магнитные свойства ферромагнитных минералов зависят от величины и характера распределения внутренних напряжений. Всякое перераспределение внутренних напряжений под действием внешних приводит к возникновению новой магнитной структуры и к изменению магнитных свойств. Внешнее напряжение, изменяя характер внутренних напряжений, стремится привести систему доменов к равновесному состоянию с минимальной энергией.

Изменения магнитных свойств могут быть разделены на обратимые и необратимые [7]. Исследования доменной структуры магнетита методом порошковых фигур показали, что упругие напряжения приводят к изменению доменной структуры. Во всех случаях после снятия напряжений вид доменной структуры полностью не восстанавливается, т. е. действительно происходят не только обратимые, но и необратимые изменения доменной структуры, а следовательно, и магнитных свойств [3].

На интенсивность обратимых и необратимых изменений магнитных свойств оказывает влияние величина внешнего напряжения и магнитная структура ферромагнитных минералов. Для металлических ферромагнетиков справедливо, что с увеличением сжатия растет магнитоупругая анизотропия. Вследствие этого в ферромагнетиках с положительной магнитострикцией происходит постепенное уменьшение необратимых процессов.

Внешние напряжения изменяют свободную энергию доменов, которая определяет характер внутренних напряжений. Внутренние напряжения, в свою очередь, оказывают влияние на положение доменных границ. Доменная структура ферромагнетика меняется необратимо, если внутренние напряжения превышают некоторый критический уровень ($\sigma_{кр}$).

Основная часть изменений обратима. Она характеризуется магнитоупругим коэффициентом, равным $(0,2-3,3) \cdot 10^{-3} \text{ МПа}^{-1}$, который растет с уменьшением угла между направлением магнитного поля и направлением сжатия. При $\sigma < 30 \text{ МПа}$ изменения α необратимые, а при $\sigma > 30 \text{ МПа}$ изменения α обратимые. С глубиной залегания породы обратимая часть изменения α уменьшается.

Важным источником внутренних напряжений и энергетических барьеров в ферромагнитных минералах являются различные типы дефектов, в том числе дислокации и скопления дислокаций. Дислокационная структура ферромагнитных минералов оказывает существенное влияние на изменение магнитных свойств под действием механических напряжений.

Таким образом, магнитные свойства минералов и горных пород зависят от целого ряда условий, но, тем не менее, процесс их изменения под действием механических напряжений является однонаправленным – они уменьшаются, и тем больше, чем больше напряжения. Наибольшие изменения α (до 20-30 % и даже до 50 %) происходят при одноосном сжатии и наименьшие (первые проценты) – при всестороннем давлении, которое увеличивает пластичность пород [9].

Распределение напряжений в земной коре зависит от целого ряда факторов, наибольший интерес из которых представляет геолого-структурный.

Существенные изменения величины и знака напряжений наблюдаются в породах, примыкающих к тектоническим нарушениям. В системе антиклинальная-синклиальная складка в замковых частях наблюдаются растягивающие напряжения, а максимальные сжимающие напряжения приурочены к зонам перехода антиклинали в синклиаль. В зонах разломов наблюдается понижение напряжений [2].

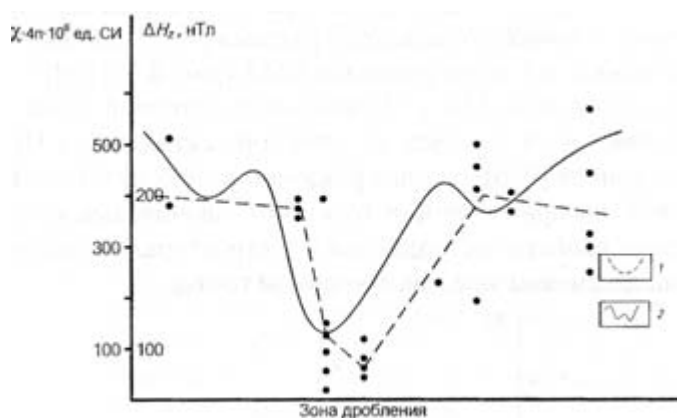
Наибольшие напряжения породы испытывают при образовании разломных структур, в осевой части которых они превосходят предел прочности пород, способствуя их разрушению.

Остаточные напряжения постепенно нарастают к осевой части разлома, в которой характеризуются минимальным уровнем. В зонах разломов наблюдается понижение магнитной восприимчивости. Значительные изменения магнитных свойств наблюдаются и в структурах, испытавших напряжения, меньше предела прочности пород.

Таким образом, тектонические напряжения, существующие в земной коре, достаточны для значительного изменения магнитных свойств горных пород, особенно остаточной намагниченности, поскольку она более чувствительна к изменению механических напряжений, чем магнитная восприимчивость.

Изменение магнитных свойств горных пород, происходящее при накоплении и разрядке напряжений в земной коре, должно сопровождаться изменением магнитного поля [9].

По результатам измерений, в районе Заилийского Алатау установлено понижение H_z -составляющей напряженности магнитного поля в зонах разломов на 100-150 нТл (см. рисунок).



Изменение магнитной восприимчивости (1) и магнитного поля (2) в зоне разлома

Исследования показали, что породы зоны разломов характеризуются пониженными магнитными свойствами. По данным петрографического анализа, уменьшение магнитных свойств было обусловлено не уменьшением содержания ферромагнитных минералов, а пластическими деформациями, которые они испытали [8].

Характерные изменения магнитного поля зон нарушений и контактов отмечаются в районе эпицентра Зангезурского землетрясения и по региональным профилям [1]. Также резкое уменьшение магнитного поля на 3 нТл было зафиксировано в Никольской магнитной аномалии позднее произошедшего в районе п. Быково землетрясения (1982 г.) [5].

Таким образом, магнитоупругий эффект имеет значительное проявление не только на образцах горных пород в лабораторных условиях, но и в реальной геологической среде.

Связь между магнитными свойствами и напряжениями позволяет не только оценивать изменения магнитных свойств по известным напряжениям, но и решать «обратную» задачу – определять напряжения по изменению магнитных свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акопян Ц. Г. Некоторые результаты магнитометрических работ в очаговой зоне Зангезурского землетрясения 1968 г. / Ц. Г. Акопян, Г. А. Сирузян // Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. – Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1973. – С. 225-231.
2. Батугин С. А. Исследование пораженного состояния массива горных пород методом разгрузки в условиях Таштагольского железорудного месторождения / С. А. Батугин, А. Г. Шиманская // Физико-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. – 1965. – № 2. – С. 28-33.
3. Богданов А. А. О влиянии упругих напряжений на доменную структуру магнетита / А. А. Богданов, А. Я. Власов // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1966. – № 1. – С. 42-46.
4. Грабовский М. А. Об изменении магнитных свойств магнетитов под действием больших сжимающих напряжений / М. А. Грабовский, Э. И. Пархоменко // Изв. АН СССР. Сер геофиз. – 1953. – № 5. – С. 405-407.
5. Дядьков П. Г. Тектономагнитный метод мониторинга напряженного состояния земной коры и его использование в Байкальском регионе и на Алтае. / Доклад. 2009.
6. Калашников А. Г. Магнитная восприимчивость горных пород при упругих напряжениях. / А. Г. Калашников, С. П. Капица // Докл. АН СССР. – 1952. – 86. – № 3. – С. 521-523.
7. Капица С. П. Магнитные свойства изверженных горных пород при механических напряжениях / С. П. Капица // Изв. АН СССР. Сер. геоф. – 1955. – № 6. – С. 489-504.
8. Петрова Г. Н. Изменение магнитных свойств горных пород в зоне разлома. / Г. Н. Петрова, Н. И. Юхновец // Изв. АН СССР. Сер геоф. – 1953. – № 2. – С. 115-123.
9. Филатов В. В. Магниторазведка: магнитная восприимчивость, индуцированная и естественная остаточная намагниченности: научное издание / В. В. Филатов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 236 с.

УДК 38.01.77

ОБЪЯСНЕНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА

ВОЛКОВА М. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

РОМАНОВ А. М.

ТОО «НПЦ «Разведка, добыча, переработка полезных ископаемых»

Современные модели формирования эпигенетических месторождений урана базируются на термодинамических представлениях. В лабораторных условиях прохождение химических реакций не зависит от формы объема. Соответственно, без дополнительных условий объяснение известного геологического факта – накопления рудных веществ в «структурных ловушках» – на основе использования только термодинамических представлений невозможно. В реальных геологических средах использование термодинамических характеристик взаимодействия горных пород и вод должно производиться с обязательным учетом влияния дополнительных факторов. Наиболее общим

и обязательным фактором является структурный фактор. Изменение сечения потока вод приводит к изменению скорости течения вод, от которой напрямую зависит напряженность электрического поля (ЭП). Естественное ЭП, возникающее при движении вод относительно твердой фазы горных пород, оказывает непосредственное и направленное силовое воздействие на электрически заряженные частицы твердой и жидкой фаз (ионы). Соответственно, происходит воздействие и на обмен веществ между фазами. ЭП обуславливает прохождение электрического тока в проводящих средах. При этом на распределение тока в пространстве неизбежно влияние геометрических параметров окружающей и реагирующей сред, а также их удельных электрических сопротивлений.

Фильтрация потока вод через пористую среду в едином направлении обеспечивает формирование ЭП по течению потока. Согласно имеющимся экспериментальным данным, начало потока отмечается отрицательными значениями потенциала; фронт потока – положительными. Объяснение причин этого явления до настоящего времени основывалось на модели Краева и аналогичных представлениях Итенберга С. С., Жарикова В. А. и др. Эти модели априорно основываются на допущении наличия объемных электрических зарядов в ионопроводящих средах, что противоречит закону электронейтральности. Устранение противоречия основывается на представлении, что ЭП при фильтрации вод формируется за счет ориентировки электрических диполей – молекул веществ геологической среды, преимущественно воды; катионы металлов при этом только подвергаются воздействию данного поля. Ориентировка молекул воды на границе раздела фаз под действием потока воды сопровождается также ориентировкой диполей гидроксил-ионов в едином направлении по потоку (рис. 1). К первому слою параллельно примыкает второй, затем третий и т. д. Под действием осмотического давления второй слой проникает в первый, третий – во второй и так далее, т. е. формируется объемное образование электрических диполей. Единая ориентировка диполей приводит к формированию тангенциальной составляющей ЭП.

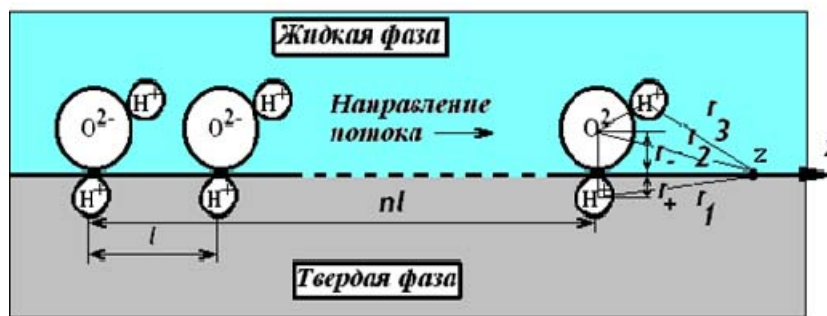


Рис. 1. Ориентировка молекул воды на границе раздела фаз под воздействием потока жидкости

Рассчитанное значение потенциала, обусловленного ориентировкой молекул воды, может достигать 0,630 В. Подобные значения потенциала проявляются на краях границ раздела фаз, в местах выхода потока из трещин горных пород в открытое пространство. В таких местах формируется разность потенциалов, достаточная для прохождения ряда электрохимических реакций, в том числе обмена катионами между твердой и жидкой фазами.

При удалении от мест выхода из трещин по направлению потока вод потенциал ЭП резко падает. Соответственно направление вектора напряженности ЭП совпадает с направлением потока жидкой фазы. Указанное направление вектора напряженности способствует переходу катионов из жидкой фазы в твердую. Таким образом, в местах выхода потока из трещин горных пород в открытое пространство (поверхность горных пород, каверна, пересекающая трещина и т. п.) создается обстановка, благоприятная для осаждения веществ, находящихся в растворе. Схема распределения значений потенциала и напряженности ЭП для данного случая приведена на рис. 2. Очевидно, что на входе в трещину (пору) распределение потенциала и пик напряженности – обратны представленным. Таким образом, каждая трещина и пора, через которую протекают воды, является электрическим диполем. Вход потока в трещину (пору) отмечается низкими значениями потенциала (интенсивными отрицательными), а выход – высокими (интенсивными положительными).

Чем выше потенциал – тем больше стремление катионов к выходу из раствора во вмещающие горные породы. При этом катионы водорода более активно стремятся к выходу из раствора по сравнению с другими катионами. В результате создаются условия для межфазного обмена: катионы

водорода переходят из жидкой фазы в твердую и вытесняют катионы металлов в жидкую фазу (соблюдение электронейтральности ионопроводящих сред). Катионы металлов вступают в реакцию с гидроксил-ионами на поверхности твердой фазы, образуя гидроокислы, которые уносятся потоком вод с места реакции. Катионы водорода, соединяясь с сульфидной серой, а также серой, входящей в состав органических веществ, образуют сероводород. При этом сульфиды железа переходят в гидроокислы и окислы, остающиеся в твердой фазе. На участках низких значений потенциала обеспечивается обратный переход: катионы водорода стремятся к переходу из твердой фазы в жидкую, меняясь местами с катионами металлов. При прочих равных условиях вероятность выщелачивания или осаждения рудных веществ повышается с ростом отношения удельных электрических сопротивлений твердой фазы (горных пород) к жидкой фазе (текущим водам).

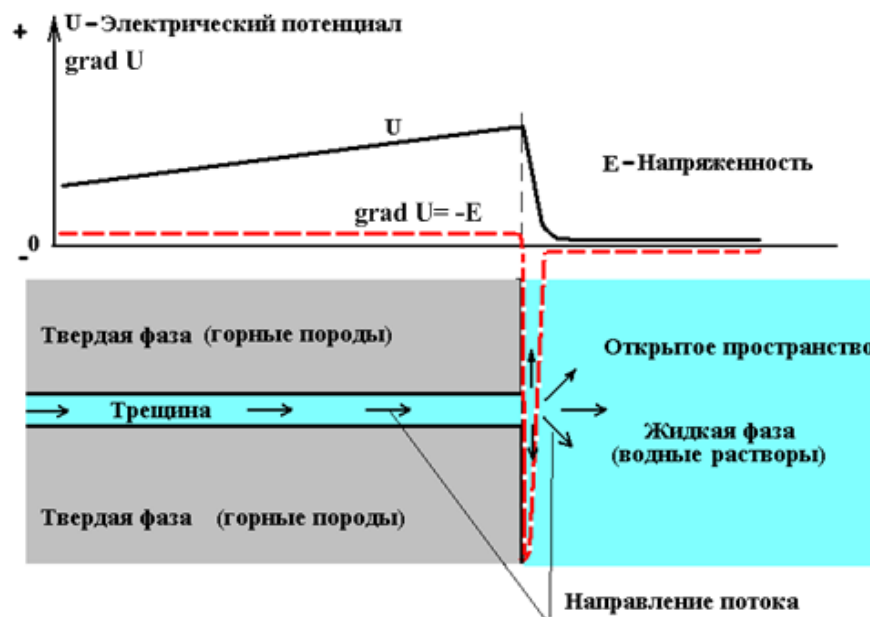


Рис. 2. Схема распределения характеристик электрического поля в месте выхода потока вод из трещины (поры) в открытое пространство

Количественные характеристики воздействия ЭП на основные рудные элементы в потоках вод (энергия и скорость перемещения) приведены в таблице. Из перечня элементов, приведенных в таблице, при прочих равных условиях, наибольшая скорость перемещения под действием ЭП (помимо водорода) свойственна семивалентному иону марганца и четырехвалентному иону кремния. Наименьшая скорость свойственна двухвалентному иону радия. Таким образом, под действием ЭП четырехвалентные ионы кремния быстрее выходят (выщелачиваются) из твердой фазы горных пород в поток вод. Тем самым объясняется сравнительно высокая степень выщелачиваемости силикатов (кварца) и преимущественность отложения кварца в верховьях потоков вод. Аналогично объясняется более высокая способность к выщелачиванию и более раннее отложение по потоку вод урана в сравнении с радием.

Резкое различие воздействия ЭП на ионы марганца различной валентности объясняет наличие двух пиков концентраций марганца вокруг рудной зоны (район Паудер-Ривер-Бейсин). Этим же объясняется опережающее (на внутренних сторонах роллов) по сравнению с ураном отложение селена.

Значения энергии и скорости, сообщаемые ионам жидкой фазы электрическим полем
(относительно иона водорода)

Ион	Валентность	Ионный радиус $r \cdot 10^{-10} \text{ м}$	Масса m (а.е.м)	Энергия (A_i/A_H)	Относительная скорость $V_i/V_H = (A_i/A_H)^{0.5} / (m_i/m_H)^{0.5}$
Ra ⁺⁺	2	1,44	226,03	0,3	0,045
Th ⁺⁺⁺⁺	4	1,1 – 0,95	232,04	1,4 – 1,7	0,079 – 0,085
U ⁺⁺⁺⁺	4	1,05 – 0,89	238,03	1,5 – 1,8	0,080 – 0,087
Mn ⁺⁺	2	0,91 – 0,8	54,94	0,4 – 0,5	0,089 – 0,095
Fe ⁺⁺	2	0,83 – 0,75	55,85	0,5	0,093 – 0,098
Ca ⁺⁺	2	1,06 – 0,99	40,08	0,4	0,097 – 0,100
V ⁺⁺	2	0,72	50,94	0,6	0,104
U ⁺⁺⁺⁺⁺	6	0,83	238,03	4,3	0,135
Fe ⁺⁺⁺	3	0,73 – 0,67	55,85	1,2 – 1,3	0,148 – 0,155
Mo ⁺⁺⁺⁺	4	0,68	95,94	2,4	0,157
V ⁺⁺⁺	3	0,67 – 0,65	50,94	1,3 – 1,4	0,162 – 0,165
V ⁺⁺⁺⁺	4	0,64 – 0,59	50,94	2,5 – 2,7	0,222 – 0,231
Mn ⁺⁺⁺⁺	4	0,52 – 0,5	54,94	3,1 – 3,2	0,237 – 0,241
Mo ⁺⁺⁺⁺⁺	6	0,65 – 0,62	95,94	5,5 – 5,8	0,240 – 0,246
Se ⁺⁺⁺⁺	4	0,35	78,96	4,6	0,241
Se ⁺⁺⁺⁺⁺	6	0,69	78,96	5,2	0,257
V ⁺⁺⁺⁺⁺	5	0,59 – 0,4	50,94	4,2 – 6,2	0,288 – 0,350
Si ⁺⁺⁺⁺	4	0,41 – 0,39	28,09	3,9 – 4,1	0,373 – 0,382
Mn ⁺⁺⁺⁺⁺	7	0,46	54,94	10,6	0,440
H ⁺	1	0,10	1	1,0	1,0

Аналогично могут быть объяснены другие фактические данные по распределениям химических элементов, не укладывающиеся в рамки моделей, основанных на термодинамических представлениях.

УДК 504.054:669.3(470.54)

**ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ «ФОНА» ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА
(НА ПРИМЕРЕ ПРОМПЛОЩАДКИ ОАО «СУМЗ»)**

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. Металлургическая 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. Это касается не только атмосферы, но и всех других сопряженных с ней компонентов окружающей среды: поверхностных и подземных вод, например.

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.

Снеговой покров рассматривается как удобный по степени доступности индикатор загрязнения окружающей среды. Для определения степени загрязнения изучаемой территории была проведена снеговая съемка. 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 г.). Площадь исследования составила 37 км². Лабораторные исследования снеговой воды выполнены в аккредитованной на данные виды исследований химической лаборатории УГГУ.

Была подсчитана фоновая составляющая на 2006 и на 2009 годы. Фон рассчитывался по методичке «Графические и аналитические методы определения закона распределения и его параметров. Определение геохимического фона и аномальных содержаний. Сравнение рядов распределений» (В. И. Чесноков, Грязнов, 1982).

За 2006 г. фон составил 13 кг/км²·сут, а за 2009-й – 12 кг/км²·сут. По картам пылевой нагрузки относительно фона можно увидеть, что максимальное накопление пыли в снеге концентрируется непосредственно около источника выброса (СУМЗа) и его прилегающей территории (рис. 1, 2, таблица). На карте 2006 г. заметно воздействие второго (другого) источника загрязнения (в восточной части). На карте 2009 г. видно, что ореол территории с превышающими значениями пылевой нагрузки относительно фона сдвинулся на северо-восток. Это может быть связано с климатическими условиями данной территории.

Значения пылевой нагрузки и относительных частот

2006				2009			
№	Содержание (x_i)	Количество проб с данным содержанием (n_i)	Относительные частоты (W_i)	№	Содержание (x_i)	Количество проб с данным содержанием (n_i)	Относительные частоты (W_i)
1	1	3	7,32	1	1	3	7,14
2	2	3	7,32	2	4	1	2,38
3	3	2	4,88	3	5	2	4,76
4	4	4	9,76	4	7	3	7,14
5	6	2	4,88	5	9	4	9,52
6	7	1	2,44	6	10	2	4,76
7	8	2	4,88	7	11	3	7,14
8	10	1	2,44	8	12	1	2,38
9	11	1	2,44	9	13	2	4,76
10	13	2	4,88	10	16	2	4,76
11	15	1	2,44	11	17	2	4,76
12	19	3	7,32	12	18	1	2,38
13	21	1	2,44	13	21	1	2,38
14	22	1	2,44	14	22	1	2,38
15	25	1	2,44	15	23	1	2,38
16	32	2	4,88	16	25	1	2,38
17	35	1	2,44	17	26	2	4,76
18	36	1	2,44	18	28	2	4,76
19	38	1	2,44	19	30	1	2,38
20	39	1	2,44	20	36	2	4,76
21	48	1	2,44	21	47	1	2,38
22	59	2	4,88	22	52	1	2,38
23	63	1	2,44	23	61	1	2,38
24	65	1	2,44	24	73	1	2,38
25	76	1	2,44	25	77	1	2,38
26	80	1	2,44				

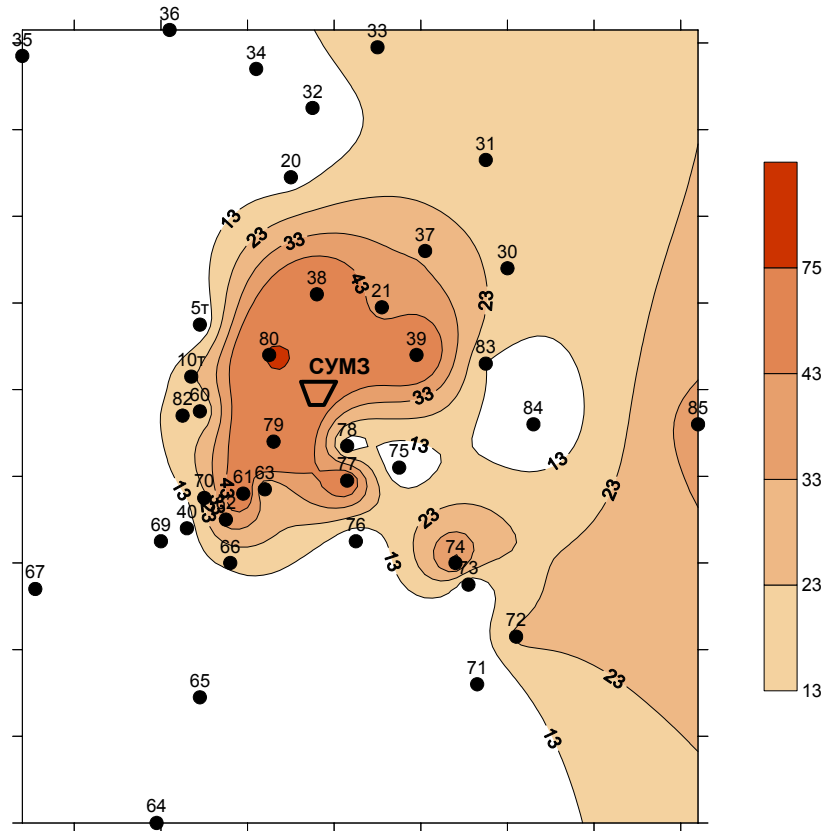


Рис. 1. Карта пылевой нагрузки за 2006 год (относительно фона)

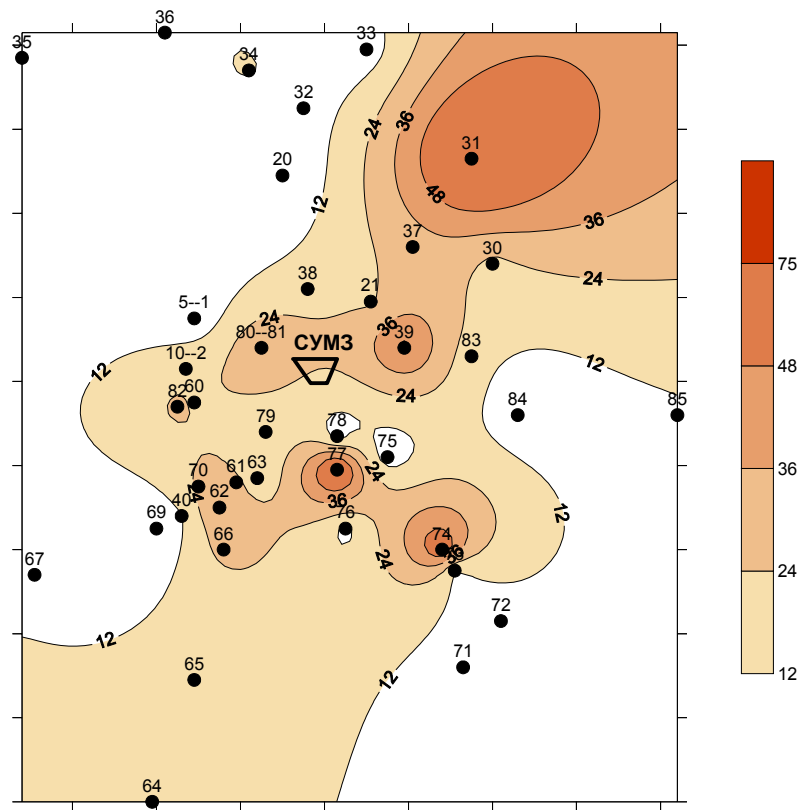


Рис. 2. Карта пылевой нагрузки за 2009 год (относительно фона)

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.

Для того чтобы построить графики зависимости содержания от относительной частоты, разбиваем на определенные интервалы содержаний пылевой нагрузки:

$$K = U_{\max} - U_{\min} / 1 + 3,2 \log N,$$

где K – интервал содержаний пылевой нагрузки; U_{\max} – максимальное значение пылевой нагрузки, U_{\min} – минимальное значение пылевой нагрузки, N – общее количество проб

$$2006 \text{ год: } K = 80 - 1 / 1 + 3,2 \log 41 = 13$$

$$2009 \text{ год: } K = 77 - 1 / 1 + 3,2 \log 42 = 12.$$

УДК 550.3:504

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА

БИЗЯЕВ Н. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Воздействие техники на современном этапе развития общества приводит к преобразованию окружающей среды – формированию геотехногенных систем – динамичных структур, включающих природный объект и техногенный источник воздействия [7]. В соответствии с законодательством России, в районах разработки месторождений полезных ископаемых, то есть в районах существования геотехнических систем, в обязательном порядке должен проводиться экологический мониторинг.

Целью мониторинговых исследований является выявление влияния техногенного объекта на состояние различных компонентов природной среды.

Инструментом по контролю за действующим и проектируемым производством является оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Основные положения, которые рассматриваются в ОВОС, являются конкретизированными положениями Федерального закона «Об охране окружающей среды». ОВОС базируется на системе социально-эколого-экономических показателей и имеет основание расчетов наносимых производством вреда здоровью граждан и окружающей среде в зависимости от выбранной технологии производства, получения продукции и способов её хранения. ОВОС является документом, представляющим информацию о возможной риске при эксплуатации объекта.

Прогнозируемый ущерб окружающей среде от любого техногенного воздействия должен планироваться на стадии рабочей документации. Технологические циклы должны учитывать особенности экологических условий территории [7].

Для обоснования вреда наносимого здоровью граждан и окружающей среде от эксплуатации техногенного объекта требуется проведение независимой общественной экологической экспертизы, заключающейся в проверке соответствия хозяйственных решений экологическим требованиям. Назначение её – оценить возможность последствий реализации проекта техногенного объекта для окружающей природной среды. Основанием для проведения экологической экспертизы является Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г. № 173-ФЗ, а основной принцип такой экологической экспертизы – презумпция потенциальной экологической опасности техногенного объекта. Поэтому проведение экспертизы оптимизирует структуру и служит предпосылкой управления геотехногенной системой, обеспечивая контроль и регуляцию вещественных, энергетических и информационных потоков [7].

Объект экспертизы – проект любой деятельности, способный оказать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду. При этом ведомственная принадлежность и форма собственности объекта экспертизы роли не играет. В Федеральном законе говорится, что предусмотрена обязательность проведения экспертизы не только проектов практической деятельности, но и самих правовых актов.

Проведением экологической экспертизы занимаются органы охраны окружающей природной среды. Правом осуществлять общественную экологическую экспертизу наделены организации, зарегистрированные в законодательном порядке.

Выводы общественной экологической экспертизы, в отличие от государственной, носят рекомендательный характер. Однако если эти выводы используются государственной экспертной комиссией, они обретают юридическую силу (ст. 25 Федерального закона «Об экологической экспертизе» [6]).

На основании решения экспертной комиссии по соблюдению экологического законодательства при эксплуатации объекта, и наносимого им воздействия для здоровья граждан и окружающей среды выносится решение. При нарушении норм законодательства при деятельности проекта дело о проекте передается в местные судебные органы о рассмотрении в судебном порядке прекращения его деятельности на данной территории. При наличии причинения вреда здоровью граждан от эксплуатации в судебном порядке производится назначение компенсации, при воздействии на окружающую среду – меры по рекультивации.

В материалах, представленных на экспертизу, должен быть документ, содержащий оценку воздействия на окружающую среду планируемой деятельности или объекта. В том случае, если значительную нагрузку будет испытывать гидросфера, возникает необходимость мониторинга подземных вод, что вытекает из потенциальной опасности для гидросферы твёрдых и жидких промышленных отходов, а также технологических сооружений и химических реагентов.

Создаваемое управление геотехногенными системами в первую очередь должно регулировать геохимические последствия [7]: особенности гидрогеологических и гидрологических условий, химический состав и структура вмещающих пород определяют динамику распределения вещества и энергии каждой конкретной территории.

Механизм управления геохимическими потоками [3] должен быть включен как можно раньше, что должно являться приоритетной задачей экологической экспертизы. Поэтому уже на стадии проектирования при проведении экологической экспертизы необходим учёт экологического риска. Проблема эмиссий, их миграций, депонирования и наложения на естественные циклы вещества, энергии и информации от существования геотехногенной системы имеет неблагоприятные последствия [5].

Количественным показателем, характеризующим экологическую опасность, является экологический риск [5].

Расчёт экологического риска может проводиться аналогично расчёту кларка концентрации [7]. Показатель экологического риска позволяет применять его в экстраполяционных экологических моделях для геотехногенных систем аналогичных данной [1].

Экологический мониторинг включает в себя исследования загрязнения природных вод и донных отложений поверхностных водотоков, естественных и сельскохозяйственных почв и растительности, а также снежного покрова.

Для выполнения поставленных задач ОВОС необходимо составление программы мониторинга, включающего обследование техногенных объектов в пределах площади выявления оценки воздействия и составление проекта экологического мониторинга. По результатам работ составляется сводный отчёт по мониторингу, где дается оценка и прогноз влияния производства на окружающую среду.

При проведении экологической экспертизы в плане мониторинга воздействия на гидросферу целевым назначением работ является предотвращение загрязнения подземных и поверхностных вод, оценка масштабов загрязнения подземных вод, предотвращение положительной динамики загрязнения, определение эффективности проводимых природоохранных мероприятий.

Основным способом достижения поставленных задач является систематическое получение и анализ пространственно распределённой информации о состоянии подземных и поверхностных вод, то есть ведение экологического мониторинга природных вод.

Основным видом мониторинговых исследований является сезонное гидрохимическое опробование подземных вод, родникового стока (как фоновая характеристика качества подземных вод), поверхностных вод и водозаборных скважин.

В состав работ входит либо ежемесячное, ежеквартальное или двухразовое (зимняя межень, весенний паводок) ежегодное опробование подземных и поверхностных вод. Такая методика

зарекомендовала себя на многих техногенных объектах Урала и в настоящее время является базовой моделью контроля воздействия на состояние как гидросферы, так и природной среды в частности.

Отбор проб воды должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 24481-80 «Вода питьевая. Отбор проб». Аналитические работы при этом необходимо выполнять в соответствие с утвержденной программой мониторинга и стандартами. Значения показателей химического состава вод необходимо сравнивать с предельно допустимыми значениями, установленными как для вод хозяйственно-питьевого назначения [4], так и для водоемов рыбохозяйственного назначения («Обобщенный перечень ПДК вредных веществ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей»).

Кроме того, мониторинг должен включать контроль источников воздействия на природную среду и проведение наблюдений за состоянием не только гидросферы, но и сельскохозяйственных почв, снега и растительной продукции в зоне предполагаемого влияния.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М. И. Применение экстраполяционных и интерполяционных моделей в управлении качеством окружающей среды / М. И. Бальзанников, Е. В. Лукенюк // Экология и промышленность России. – 2007. – №7. – С. 38-41.
2. ГОСТ 24481-80. Вода питьевая. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов. – 2003.
3. Емлин Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала / Э. Ф. Емлин. – Свердловск: Изд-во УрГУ, 1991. – 256 с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. – М.: Минздрав РФ, 2002.
5. Спиридонов Е. Г. К проблеме взаимодействия человека и техносферы / Е. Г. Спиридонов // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2003. – № 2. – С. 1-6.
6. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г. № 173-ФЗ.
7. Ялышева А. И. Оценка геохимического риска для геотехногенных систем / А. И. Ялышева, Н. А. Бизяев // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 249-251.

УДК 551.24

АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ В АСПЕКТЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ОСИПОВА А. Ю.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Проблеме выделения, картирования и определения степени активности разломов посвящена обширная научная литература. Разные авторы в термин «активный разлом» вкладывают различный смысл [5-8, 12].

Анализ литературы, а также проведение геолого-тектонических исследований на ограниченных территориях, постановка экспериментальных исследований современных движений земной коры на геодинамических полигонах с применением GPS-технологий, позволяют сделать вывод о том, что определение понятия «активный разлом» не ограничивается представлениями об однонаправленном или интенсивном движении по разлому. Активность может быть свойственна локальным тектоническим нарушениям, протяженность которых составляет несколько километров или первые сотни метров. Такие разломы встречаются повсеместно как в областях древней складчатости, так и на платформах [1-5, 10]. Активизация локальных тектонических структур обусловлена их подвижностью, т. е. процессами деформации в зоне разлома в условиях современного напряженного состояния породных массивов.

Современный активный разлом – это, как правило, новообразованная структура, линейная зона относительно мало измененных пород, ограниченная швами деформации. Под воздействием современных тектонических напряжений линейная зона в скальном массиве деформируется, дополнительно растрескивается, но при этом значительного смещения в самой зоне не происходит. Относительно существенное смещение обычно локализуется по швам, ограничивающим зону

разлома. Смещения по разлому могут быть небольшими, могут происходить возвратно-поступательные или разнонаправленные движения или небольшие пульсации. Зоны породных массивов, окружающие активные разломы, обычно отличаются повышенной трещиноватостью. Очень важным показателем современной активности тектонических нарушений следует считать формирование в зоне тектонического шва, или прилегающих участков, активного проницаемого пространства для различных флюидов.

До недавнего времени считалось, что подавляющее большинство аварийных ситуаций и ущерб на инженерных объектах, расположенных в асейсмичных или со слабой сейсмичностью районах, обусловлены технологическими причинами. Изредка подобные аварии связывали с проявлением техногенных геодинамических процессов. В целом же фактор современной геодинамической активности геологической среды (особенно природного происхождения) не учитывался при анализе аварийных ситуаций.

На сегодняшний день в научной литературе приведено много примеров возникновения деформаций инженерных сооружений вследствие расположения их в геодинамически неблагоприятных зонах. Степень проявления геодинамической активности в деформациях отдельных объектов разная и зависит от многих факторов. Одним из наиболее значимых факторов является взаимодействие сооружения с геологической средой. Подземные трубопроводы достаточно жестко взаимодействуют с геологической средой и являются наиболее уязвимыми для воздействия активных разломов по сравнению с другими видами инженерных сооружений.

Так, в результате экспериментальных исследований, проведенных научно-практическим центром «Геоэкология» под руководством Н. К. Кострюковой и О. М. Кострюкова на Сургутском и Таркосалинском полигонах [4], а также в результате исследований Р. Х. Султангареева, выполненных на территории Западно-Уральского региона [9], было установлено, что аварии на магистральных трубопроводах постоянно тяготеют к участкам, где трубопроводы пересекают локальные разломы. Как показали наблюдения на Сургутском полигоне, разрушению подвергаются также любые городские сооружения и коммуникации, расположенные в зоне локального разлома [4].

Для территории г. Екатеринбурга выполнен анализ данных по аварийности водопроводной сети. Выявлено, что значительная часть аварий происходит в пределах одних и тех же достаточно компактных участков [2, 11], что заставляет предполагать о приуроченности их к зонам активных тектонических структур.

Деформации инженерных сооружений, расположенных в зоне активного разлома, могут происходить по нескольким причинам. В одних случаях деформации объекта могут возникать вследствие силового воздействия при криповых подвижках по разлому. В других случаях короткопериодные разнонаправленные геодинамические движения приводят к тому, что после определенного числа циклов нагружения происходит разрушение в конструкции объекта, хотя номинальные напряжения в материале не превышали статического предела упругости, т. е. происходит усталостное разрушение [3, 4, 9]. К возникновению деформаций могут привести и техногенно-природные процессы, наиболее ярко проявленные в зоне разлома.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о необходимости учета геодинамического фактора при строительстве с целью безаварийной эксплуатации инженерных объектов.

В качестве главных теоретических положений, определяющих основные методические подходы к выявлению активных тектонических структур, следует рассматривать закономерности процесса деформации, строгую ориентировку осей главных напряжений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Величкин В. И., Кочкин Б. Т. Активность тектонических движений в районе ПО «Маяк» (Челябинская обл.) в связи с перспективой захоронения радиоактивных отходов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008. – № 1 – С. 3–13.
2. Гуляев А. Н. и др. Современные активные зоны нарушения сплошности верхней части земной коры на территории Екатеринбурга // Инженерная геология. – Март 2008. – С. 13-16.
3. Коновалова Ю. П. Потенциально опасный спектр частот современных циклических геодинамических движений для объектов недропользования // Материалы научной конференции «Геомеханика в горном деле». 14-15 октября 2009 г. – Екатеринбург, 2009. – С. 116.
4. Кострюкова Н. К., Кострюков О. М. Локальные разломы земной коры – фактор природного риска. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2002. – 239 с.

5. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика разломов: активность, опасность, механизм формирования // *Материалы Всеросс. совещ. «Разломообразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия»*. Том 1, 18-21 августа 2009 г. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – С. 66-68.
6. Несмеянов С. А., Ларина Т. А., Латынина Л. А. и др. Выявление и прогноз опасных разрывных тектонических смещений при инженерных изысканиях для строительства // *Инженерная геология*. – 1992. – № 2. – С. 17-32.
7. Никонов А. А. Активные разломы: определение и проблемы выделения // *Геоэкология*. 1995. – № 4. – С. 16-27.
8. Петухов И. М., Батугина И. М. Геодинамика недр. – М.: Недра, 1996. – 217 с.
9. Султангареев Р. Х. Обеспечение работоспособности газопроводов в зонах геодинамической активности // Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Уфа, 2009. – 24 с.
10. Тагильцев С. Н. Основы гидрогеомеханики скальных массивов. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003.
11. Тагильцев С. Н., Демина А. Ю., Лукьянов А. Е. Оценка тектонической опасности геологической среды Екатеринбурга // *Материалы науч.-практ. конф.*, 16-17 июля 2009 г. Екатеринбург: ЗАО «УралТИСИЗ», 2009. – С. 116-120.
12. Трифонов В. Г. Живые разломы земной коры // *Соросовский образовательный журнал*. – 2001. – С. 66-74.

УДК 551.24.035:550.831+553.3

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ДИЛАТАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД

КАДЫШЕВА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Поскольку продолжительность геологических процессов огромна, то и воздействие силовых полей (гравитационного и тектонического) на горные породы будет также длительным. В статье «Дилатация как предпосылка применения гравиметрии для изучения деформации геологической среды» [3] был рассмотрен вопрос об изменении дилатации образцов горных пород при мгновенных нагружениях. В настоящей статье исследуется изменение дилатации во времени. Так, например, по оценкам Шермана С. И. [6] время действия региональных полей напряжений оказывается соизмеримым со временем тектонического развития крупных регионов. Анализируя палео- и современные напряжения Байкальской рифтовой зоны, он приходит к выводу об их стабильности в течение второй половины кайнозоя, т. е. в течение 35 миллионов лет. Об этом же говорят и результаты палеорекопструкций.

Ввиду важности временного фактора, рассмотрим закономерности, которым подчиняется процесс деформирования горных пород в условиях длительно действующих постоянных нагрузок. Дилатационный эффект многократно усиливается при длительных нагружениях (рис. 1).

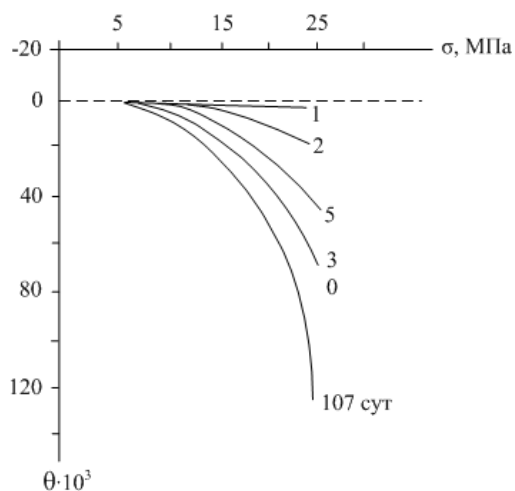


Рис. 1. Зависимость дилатации каменной соли θ от времени нагружения (Ставрогин А. Н., 1965) [5]

Как известно, деформация под действием постоянных сил растет с течением времени. Это явление получило название ползучести.

Процесс ползучести, независимо от вида горной породы, характера нагружения, температуры и других факторов, состоит из четырех стадий (рис. 2):

1. Мгновенная упругая деформация (отрезок OA).

2. Нестационарная или затухающая ползучесть (участок AB). На этом участке, по мере приближения к точке B , скорость деформации уменьшается. В породе в этом случае происходит интергранулярная и внутрикристаллическая пригонка границ.

3. Установившаяся ползучесть, или стационарная ползучесть, или квазивязкое течение (участок BC). На этом участке скорость деформации постоянная. В горной породе на этой стадии основную роль играют перекристаллизация, интергранулярное смещение и диффузия.

4. Ускоренная или прогрессирующая ползучесть (участок CD). На этом участке скорость деформации растет, в породе возникают каверны, пустоты, трещины, наблюдается катакластическое течение. Завершается процесс деформирования хрупким и пластическим разрушением материала.

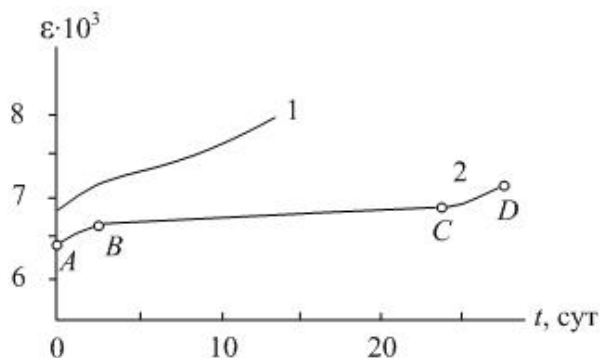


Рис. 2. Типичный график ползучести горных пород на примере образцов песчанистого сланца:

1 – напряжение $0,8 \sigma_{сж}$; 2 – напряжение $0,7 \sigma_{сж}$; $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие, равный 58 МПа (по Ржевскому В. В. и др. [4])

Из результатов экспериментального изучения ползучести, в основном осадочных пород, следует:

1. Скорость деформации ползучести растет с увеличением нагрузки. В общем случае эта зависимость носит нелинейный характер.

2. Увлажнение образцов способствует более интенсивному развитию деформации ползучести, которая в ряде случаев может протекать с положительным ускорением и заканчиваться изломом образца [13, 14].

Влияние жидкой (газообразной) адсорбционно-активной среды на твердые тела определяется, как известно, эффектом Ребиндера [2, 9], который проявляется либо в многократном падении прочности и повышении хрупкости, либо в пластифицирующем действии среды на твердые тела. К сожалению, учесть пока этот эффект при геологических исследованиях можно только качественно.

3. Увеличение литостатического давления, которое растет с глубиной, приводит к уменьшению скорости ползучести. Изучение деформируемости различных горных пород при высоком всестороннем давлении показывает, что предел прочности типично хрупких материалов возрастает, наблюдается переход в пластическое состояние (в мраморах, например, при этом может происходить двойникование), моменту разрушения предшествует значительная остаточная деформация с изменением объема вещества [1, 10-12]. При изучении деформационных характеристик мраморов, известняков, доломитов и других осадочных пород при всестороннем давлении до 220 МПа при различных скоростях приложения нагрузки было отмечено, что в результате пластических деформаций происходит увеличение объема образцов на 20 % [7, 8].

4. Ползучесть проявляется одинаково у трещиноватых и у ненарушенных пород. Это обусловлено тем, что образование трещин представляет собой один из главных механизмов ползучести, приводящее к резкому увеличению дилатации.

5. На характер деформации ползучести существенное влияние оказывает скорость деформации. При высоких скоростях происходит растрескивание зерен горных пород, т. е. наблюдается хрупкое разрушение. Если же скорости невелики, то получают развитие различные внутрикристаллические изменения, увеличивается пластичность материала при значительном уменьшении его прочности.

Таким образом, поскольку горные породы в естественном залегании длительно находятся в состоянии нагружения, величина дилатации может иметь существенное значение, создавая аномалии в гравитационном поле, которые необходимо учитывать при выполнении тектонофизического анализа гравитационных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бриджмен П. В. Исследование больших пластических деформаций и разрыва. – М.: Иностранная литература, 1955. – 444 с.
2. Горюнов Ю. В., Перцов Н. В., Сумм Б. Д. Эффект Ребиндера. – М.: Наука, 1966. – 128 с.
3. Кадышева Е. В., Филатов В. В. Дилатация как предпосылка применения гравиметрии для изучения деформации геологической среды // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург. – 2010. – № 4.
4. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1984. – 359 с.
5. Ставрогин А. Н. О предельных состояниях и деформации горных пород // Горное давление. – Л.: 1965. – № 59. – С. 33-62.
6. Шерман С. И., Днепровский Ю. И. Поля напряжений Байкальской рифтовой зоны // Экспериментальная тектоника в решении задач теоретической и прикладной геологии. Всес. симпозиум: Тез. докладов. – Киев. – 1987. – С. 174-175.
7. Шрейнер Л. А., Байдюк Б. В., Павлова Н. П. Деформационные свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. – М.: Недра, 1968. – 358 с.
8. Экспериментальные исследования в области разработки глубоких нефтяных и газовых месторождений. – М.: Наука, 1964. – 203 с.
9. Экспериментальная тектоника в решении задач теоретической и прикладной геологии // Всес. симпозиум: Тез. докл. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1982. – 184 с.
10. Griggs D. T. *Deformation of rocks under high confining pressure. I. Geology.* – 1936. – v. 44, 5.
11. Griggs D. T., Handin T. *Rock deformation (A symposium). Geol. Soc. Amer. Memoir.*, 1960, 79.
12. Griggs D. T., Christie T. M., Carter N. L. *Quartz deformation lamellas are dislocation arrays (abstract). Transaction Am. Geophys. Union*, 1963, 44.
13. Phillips D. M. *Tectonics of Mining Colliery. End.* 1948, p. 293-294.
14. Stocke K. *Ztschr. Berg-Hütte-und Salinenwesen*, 1937, 11.

УДК 550.831(031)

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТАГИЛО-БАРАНЧИНСКОЙ АНОМАЛИИ ПОЛЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

ВАНДЫШЕВА К. В.

ГОУ ВПО «Уральский Государственный Горный Университет»

В 70-х годах прошлого века в Тагило-Кушвинском железорудном районе гравиметрической съемкой масштаба 1:50 000 была закартирована аномалия в поле силы тяжести, плановые размеры которой превышают площадь района. Ее максимальная интенсивность без учета регионального фона – более 60 мГал. Аномалия в плане имеет форму вытянутого в меридиональном направлении овала, полуоси которого по замкнутой изоаномале 15 мГал равны, соответственно 24 и 7 км. Средний горизонтальный градиент западной части аномалии – около 90 Е, восточной – 60 Е. Это говорит о том, что источник аномалии имеет, возможно, восточное падение. Пространственно территория, на которой расположены все месторождения и рудопроявления района, в поле силы тяжести являются восточной градиентной частью аномалии.

Геометрические и амплитудные характеристики аномалии, ее пространственные взаимоотношения с месторождениями и рудопроявлениями стали основанием для изучения ее геологической природы. В районе аномалий самыми плотными геологическими объектами являются небольшие тела габбро и пироксенитов, образующие так называемую группу Баранчинских гипербазитовых тел [1]. Поэтому было предположено, что эти тела представляют собой фрагментарные выходы на уровень эрозионного среза плутона гипербазитов, являющегося, как плотностная неоднородность, источником аномалии [2].

Выполнив интерпретацию графическим методом, Б. Г. Семенов (1981) объяснил аномалию двухмерным пластообразным телом плотностью $3,10 \text{ г/см}^3$, падающим на восток под углом 50° , нижняя кромка которого находится на глубине 12 км. Границей лежачего бока пласта, по мнению Б. Г. Семенова, служит глубинный разлом, являющийся одновременно западной границей Тагило-Магнитогорского прогиба. Плотность пласта соответствует плотности гипербазитов.

В [3] описаны результаты интерпретации аномалии, исходя из трехмерности ее источника в форме вытянутого в меридиональном направлении тела сложного строения, падающего на восток, нижняя кромка которого находится на глубине около 5 км. Верхняя часть тела уплощена вдоль поверхности земли в виде стратифицированной залежи. Ее фрагменты и картируются как Баранчинская группа гипербазитовых тел. Плотность модели источника определена постоянной и равной $3,12 \text{ г/см}^3$.

Недостатки обеих моделей источника аномалии очевидны, поэтому нами была выполнена ее интерпретация с использованием более совершенного метода решения обратной задачи [4, 5] с предварительным уточнением регионального фона для надежного выделения аномалии.

Методом межпрофильной корреляции было установлено, что фоном изучаемой аномалии можно рассматривать фрагмент более крупной аномалии, имеющий вид «гравитационной ступени», ее источником служат два различных по плотности контактирующих блока земной коры. В структурно-тектоническом отношении западным блоком является Центральное-Уральское поднятие, восточным – Тагило-Магнитогорский прогиб. По геолого-геофизическим данным [6], блоки разделены зоной главного глубинного шва, падающего на восток, под углом 45° по результатам нашей интерпретации, или 50° по результатам Б. Г. Семенова.

Главный глубинный шов представляет собой мощную зону нарушений, уходящую через «базальтовый» слой глубоко в мантию. Для этой зоны характерно резкое погружение поверхности Мохо и нижележащих слоев мантии, изменение ее вещественного состава, разрыв астеносферы, увеличение мощности коры, средней плотности ее вещества и других физических свойств; увеличение мощности «базальтового» слоя. «Базальтовому» слою присуща сильная горизонтальная расслоенность. Это, а также ряд других обстоятельств, могут свидетельствовать о том, что «базальтовый» слой образовался в результате дифференциации вещества мантии. Аналогами пород этого слоя, которые были отделены от него, перемещены в верхние горизонты коры и выведены на дневную поверхность, считаются метагабброиды. На более поздних этапах развития они были переработаны в комплексы дунит-пироксенит-габбровой формации, включающие среднепалеозойские интрузии габбро [6].

Сопоставления структурно-тектонической позиции плотностной неоднородности, своеобразия ее формы, плотности вещества и других данных позволяет сделать вывод, что в геологическом отношении она представляет собой протрузию, сформировавшуюся в зоне главного глубинного шва из мантийного вещества в результате его дифференциации под действием его глубинного давления к поверхности земли.

Работа выполнена при поддержке гранда РФФИ, проект № 100500013.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геология СССР, Т. 12. Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области. Ч. 1. Геологическое описание. Кн. 1. – М.: Недра, 1969. – 723 с.
2. Каплан В. Е., Поляков А. Б., Филатов В. В. Изучение закономерностей размещения рудных полей в Тагило-Кушвинском железорудном районе при помощи геолого-геофизического моделирования // Применение геофизических методов для изучения структуры рудных полей: Тез. докл. Республиканской научно-технич. конф. – Свердловск, 1980. – С. 25-26.
3. Филатов В. В. Теория и практика геодинамического анализа гравитационного поля: на примере рудных районов Урала: дис. ... докт. геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 1990. – 376 с.
4. Кочнев В. А., Хвостенко В. И. Адаптивный метод решения обратных задач гравиметрии. – Геология и геофизика. – № 7. – 1996. – С. 120-129.
5. Кочнев В. А. Путь осознания возможностей математических моделей и алгебраических уравнений в геофизике. – Геофизика. – № 5. – 2001. – С. 20-23.
6. Берлянд Н. Г. Карта глубинного строения земной коры Урала. Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. – Спб. – 1993. – 121 с.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛУННЫХ ПОРОД*МУСТАКИМОВ А. Ф., ПОПОВ М. П.*

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Геохимическая специфика магматических процессов на Луне, в частности, ограниченный химический состав, а также отсутствие на Луне воды и процессов выветривания, накладывает определенное ограничение на разнообразие минералов. Число известных пока минералов не превышает двух-трех десятков.

Основными породообразующими минералами являются: плагиоклаз, пироксены различного состава, оливин, ильменит.

Из аксессуарных минералов установлены когениит, шрейберзит, кварц, хромит, шпинель, перовскит, кристобалит, тридимит, апатит, витлокит, пироксферроит, рутил, бадделейт, цирконолит, армоколлит, троилит, металлическое железо и медь, никелистое железо.

На сегодня на Земле есть образцы лунной породы, попавшие на Землю из следующих источников:

1. Образцы, собранные с 1969 по 1972 годы в ходе 6 пилотируемых посадок на Луну Аполлон-11, 12, 14-17, осуществленных в ходе американской программы «Аполлон».

2. Образцы, собранные с 1970 по 1976 годы автоматическими станциями Луна-16, 20, 24, запущенных в ходе советской программы «Луна».

3. Образцы, попавшие на Землю естественным путем, выбитые из поверхности Луны падением астероида, а затем упавшие на Землю (Лунные метеориты, en:Lunar meteorite). С 80-х годов было найдено 135 подобных метеоритов общей массой около 55 кг.

Породообразующие минералы

Плагиоклазы. Лунные плагиоклазы незначительно отличаются от соответствующих им по составу земных минералов, однако в породах Луны преобладают сильно обогащенные кальцием представители этого ряда. Богатые анортитовой составляющей плагиоклазы играют на Луне важную роль не только благодаря своему широкому распространению, но и вследствие той значительной информации о генезисе лунных пород, которую они дают исследователям. По составу большая часть лунных плагиоклазов охватывает интервал от кальциевого битовнита до натриевого анортита, но с помощью микроанализатора были зафиксированы представители ряда плагиоклазов от почти чистого анортита до лабрадорита, в некоторых случаях до андезина и возможно до альбита. Многие из лунных плагиоклазов имеют аномальный состав. Так, например, они несколько отличаются от нормальных земных плагиоклазов избыточным содержанием кремнекислоты и дефицитом алюминия.

В плагиоклазах наблюдались следы деформационных и ударных эффектов, возникших в результате как крупных, так и мелких ударов.

Пироксены. В лунных кристаллических породах и почти во всех брекчиях пироксены являются наиболее широко распространенной группой минералов. Большей частью это клинопироксены, но иногда встречаются и ортопироксены, причем преимущественно магнезиальные разновидности. По составу лунные пироксены соответствуют ряду: диопсид – геденбергит – ферросилит – энстатит. Установлена зависимость химического состава лунных пироксенов от среднего валового состава вмещающих пород, места и времени их выделения в ходе развития процесса минералообразования и от колебаний окислительного потенциала. Состав большинства лунных пироксенов попадает в пределы полей авгита и ферроавгита. Иногда встречается пижонит, как правило, в виде ядер, окруженных авгитом. Гиперстен и клиногиперстен, выделившиеся при распаде твердых растворов, редко наблюдаются при микроскопических исследованиях, однако часто обнаруживаются по дифракции рентгеновских лучей или в электронном микроскопе. Колебания состава пироксенов могут наблюдаться в пределах одного кристалла, ядро которого обогащено магнием, а периферические части – железом. Иногда пироксен окружен каемкой пироксферроита; из этого можно сделать вывод, что если отношение Fe/Mg превышает некоторый предел, то происходит изменение в структуре и образовании этого минерала.

Оливины. Оливин в ассоциации с магнезиальным пироксеном чаще представляет собой одну из наиболее ранних фаз кристаллизации лунных базальтов. Для большей части оливинов характерно высокое содержание форстеритовой составляющей. Эти минералы начинали и прекращали кристаллизоваться на ранней стадии. Возможно, что умеренно магнезиальные оливины из ряда обломков анортозитовых пород образовались на средних стадиях, а фаялит – это поздний оливин, кристаллизующийся из остаточного расплава. Следовательно, существуют ранние, средние и поздние оливины, хотя, как правило, совместно в одной и той же породе они не встречаются.

Ильменит. Одной из наиболее характерных особенностей пород, доставленных «Аполлоном-11», является обилие ильменита. В земных базальтах содержание ильменита редко превышает 5 %, в то время как лунные породы содержат 10-20 % этого минерала. В крупнозернистых породах ильменит присутствует в виде темных блестящих зерен или пластинчатых кристаллов длиной до 2 мм и легко виден невооруженным глазом.

Анализ мессбауэровских спектров показал, что состав лунного ильменита близок к идеальной формуле $FeTiO_3$; в отличие от земного ильменита он не содержит окиси железа. Некоторое количество магния (до 6 % MgO) замещает закисное железо.

Акцессорные минералы

Кристобалит, тридимит, кварц. В лунном веществе были обнаружены эти три полиморфные модификации SiO_2 . Кристобалит и тридимит присутствуют в качестве второстепенных составляющих (до 5%) некоторых лунных базальтов, в то время как кварц встречается редко.

Состав природных кристобалита и тридимита почти никогда не бывает чистым SiO_2 , так как в структуре этих минералов могут содержаться небольшие количества других элементов, в частности щелочи и алюминий; кварц же, с другой стороны, обычно содержит только микропримеси других элементов.

Троилит. Троилит FeS является единственным сульфидом, достоверно выявленным до сих пор в образцах лунных пород. Он присутствует повсеместно в малых количествах (примерно до 0,7 %). Зерна часто содержат включения металлического железа. Состав троилита близок к чистому FeS . В троилите присутствуют небольшие количества титана, марганца, хрома, никеля.

Самородное железо. Металлическое железо Fe присутствует в лунном веществе по крайней мере в двух различных формах: во-первых, оно входит в состав первичных лунных пород и, во-вторых, привнесено в грунт в результате ударов метеоритов. В кристаллических породах оно встречается внутри зерен троилита. Совместное нахождение металла и троилита указывает на совместное выделение этих фаз в виде несмешивающихся капель из силикатной магмы. Металл представляет собой почти совершенно чистое железо с очень небольшой примесью никеля (0,1 % или менее) в виде твердого раствора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мэйсон Б., Мелсон У. Лунные породы. Перев. с англ. – М.: Мир, 1973. – 168 с.
2. Ранеорн С., Юрии Г. Луна. Перев. с англ. – М.: Мир, 1975. – 304 с.

УДК 549

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ГЕОХИМИЧЕСКИ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ РУДНИЧНЫХ ВОД

МАХНЕВА Е. А., МАРТЫНЕНКО М. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На современном этапе развития ценность и благополучие любой территории определяется ее ресурсным потенциалом и экологическим состоянием. В этом проявились 2 тенденции: стремление к экстенсивному освоению природных ресурсов и ограничение на хозяйственную деятельность с целью сохранения и улучшения экологической ситуации.

В рамках нашего участия в исследованиях так называемых попутных вод минеральных месторождений Урала количественными методами исследований был обнаружен широкий круг химических элементов в рудных, шахтных и промысловых водах месторождений.

В Уральском регионе ныне возникают новые и продолжают действовать многие десятки старых дренажно-осушительных систем на месторождениях полезных ископаемых различных генетических типов. При этом многие компоненты геологической среды разрабатываемых (в целом уже более 300 лет) месторождений давно и необратимо геохимически трансформировано.

Микроэлементный состав вод, извлекаемых из недр одновременно с добычей основного сырья и сбрасываемых в окружающую среду, загрязняющих ее – новый аспект в комплексном освоении месторождений и геоэкологических проблемах горнопромышленных регионов.

В техногенных гидрогеохимических полях наиболее трансформированных разрабатываемых меднорудных месторождений Среднего Урала выявлено до 50 элементов, часть из них показана в таблице.

Состав попутных рудничных вод медноколчеданных месторождений (макро- и микрокомпоненты, г/л)

	pH	Минерализация	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	As
1	2,3	2,9	2,214	0,023	0,017	0,077	0,106	0,028	0,15	0,009	
2	2,3	14,8	11,234	0,05		0,101	0,473	0,144	0,316	0,032	0,00035
3	2,2	5,9	4,259	0,017	0,02	0,202	0,129	0,204	0,373	0,01	4,7E-05
4	2,5	6,4	4,494	0,086		0,344	0,381	0,074	0,693	0,04	0,00004
5	2	83,1	58,433	0,619		0,507	1,877	1,9	3,4	0,244	0,0118
6	2,25	6,8	5,029	0,01		0,314	0,246	0,096	0,53	0,031	0,00003
7	2,2	7,4	5,506	0,01		0,339	0,316	0,112	0,413	0,0316	5,5E-05
8	2,2	8,2	6,033	0,026	0,009	0,294	0,332	0,124	0,515	0,031	4,5E-05
9	2,2	8,3	6,156	0,026	0,043	0,304	0,35	0,136	0,49	0,037	0,00004
10	2,1	17,2	10,971	0,013		0,253	0,092	0,874	3,843	0,021	9,8E-06
11	1,9	5,85	4,337			0,172	0,061	0,066	0,145	0,0045	6,4E-05
12	1,95	6,7	4,954	0,01	0,039	0,172	0,08	0,17	0,165	0,0053	9E-06
13	8,3	0,58	0,255	0,003	0,027	0,111	0,016				
14	2,3	1,6	1,177	0,02	0,043	0,132	0,037	0,036	0,107	0,003	2E-06
15	2,1	13,8	9,629			0,344	0,258	0,52	0,586	0,016	5,8E-05
16	2,5	11	8,411	0,033	0,02	0,071	0,418	0,14	0,385	0,028	0,00003
17	2,4	4,8	3,654	0,008		0,111	0,101	0,068	0,08	0,03	
18	2,1	104,4	75,65	0,033		0,568	2,679	1,36	4,181	0,4	0,003
19	2,4	8,5	6,214	0,03	0,134	0,273	0,295	0,144	0,641	0,036	3E-06
20	2,55	5,5	3,926	0,026	0,073	0,304	0,117	0,026	0,366	0,016	1,4E-06
21	2,4	14,6	10,691	0,023		0,365	0,522	0,216	0,994	0,062	1,3E-05
22	2,2	4,9	3,49	0,003	0,02	0,068	0,068	0,138	0,383	0,0007	4,7E-05
23	2,8	3,1	2,214	0,033	0,113	0,284	0,197	0,016	0,175	0,012	1E-06
24	2,3	52	38,13	0,017		0,405	3,17	0,728	3,923	0,2	0,002
25	2,2	5,8	4,181	0,033	0,186	0,223	0,19	0,072	0,361	0,014	
26	2,3	8,9	6,263	0,043	0,073	0,237	0,246	0,06	0,902	0,024	

Указанная в таблице лишь малая часть выявленных элементов характерна для трансформированных вод сульфидных и сульфидизированных залежей, имеющих среднекислотную среду и невозможных вне активного техногенеза.

Источники элементов – руды и вмещающие породы. Разработка месторождений многократно усиливает природные процессы и приводит к формированию агрессивных серно-кислотных вод, подобных искусственным растворам.

В представленных здесь водах значения pH находятся в пределах от 1,9 до 2,8 (рис. 3). Общий состав рудничных вод представлен катионами Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, анионами SO₄²⁻, Cl⁻. Микроэлементный состав характеризуется (см. таблицу) Cu, Zn, Mn, Fe²⁺, Fe³⁺, минерализация вод максимально зависит от концентрации иона SO₄²⁻, ион Cl⁻ содержится в малых количествах. Накопление Fe³⁺ зависит от

pH, что иллюстрируется (рис. 3). Концентрация Fe^{3+} резко возрастает при сохранении сильноокислой концентрации вод, при этом уменьшается концентрация Fe^{2+} . В кислых растворах присутствуют также Co, Ni, As и др. (см. таблицу) Поведение распространенных в рудничных водах Cu, Zn, Fe^{2+} , Fe^{3+} иллюстрируют графики (рис. 2, 3, 4) и выявляют основные особенности их миграции в данной среде.

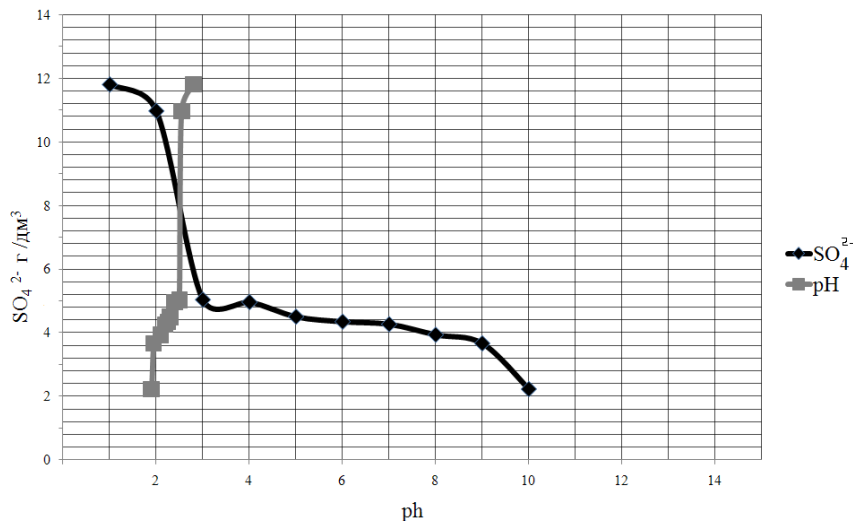


Рис. 1. Изменение концентрации иона SO_4^{2-}

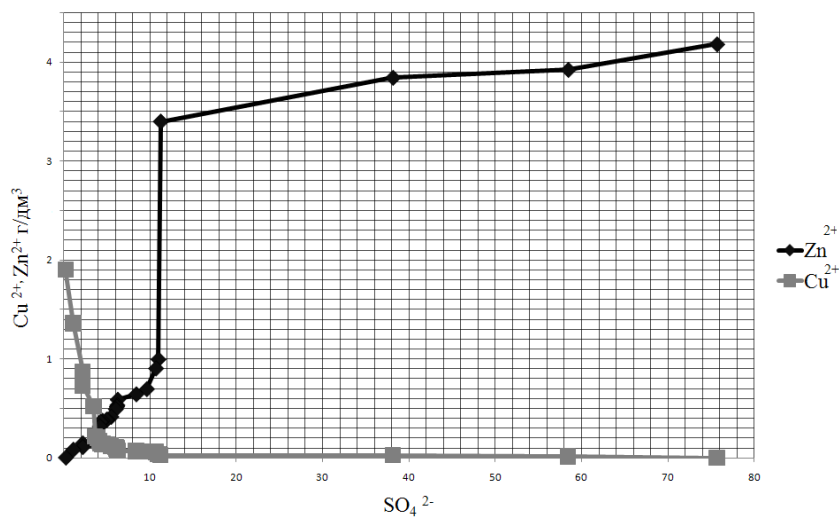


Рис. 2. Соотношение содержаний Cu^{2+} и Zn^{2+} от концентрации иона SO_4^{2-}

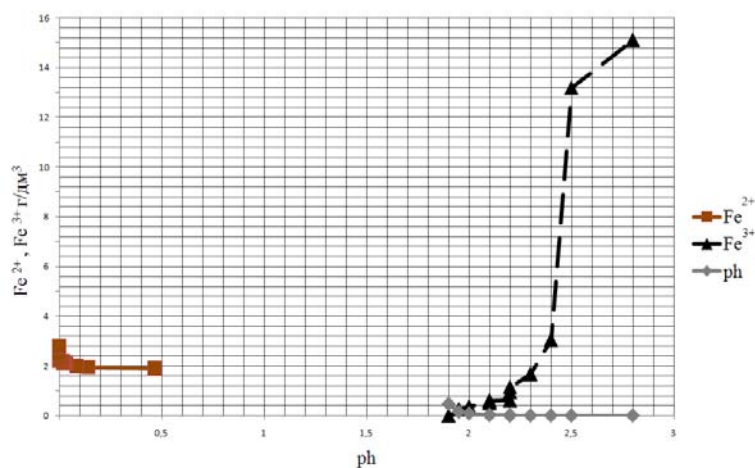


Рис. 3. Зависимость содержания Fe²⁺, Fe³⁺ от pH

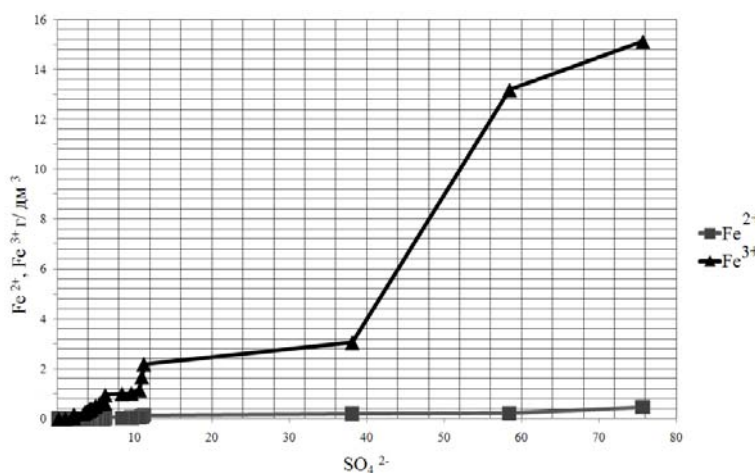


Рис. 4. Зависимость содержания Fe²⁺, Fe³⁺ от иона SO₄²⁻

Очевидная актуальность работы по изучению попутных вод заключается в необходимости оценки металлической составляющей водосборов месторождений как источника техногенного преобразования (загрязнения) ландшафтов в использовании микроэлементного состава вод окисляющихся залежей для уточнения индикаторов разнообразного оруденения и вероятного выявления одного из видов нетрадиционного гидроминерализованного сырья, связанного с специфическим техногенезом разрабатываемых месторождений.

УДК 549

О НАХОДКЕ КАССИТЕРИТА НА МАРИИНСКОМ ИЗУМРУДНО-БЕРИЛЛИЕВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

ЛОСКУТОВ А. Л., ПОПОВ М. П.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Мариинское (Мальшевское) месторождение входит в группу месторождений под общим названием «Изумрудные копи Урала». Рудное поле, к которому принадлежит месторождение, располагается в восточной экзоконтактовой полосе крупного Адуйского гранитного массива позднеорогенного типа. Граниты прорывают сложный комплекс метаморфических и интрузивных пород, который включает: амфиболиты и амфиболитовые сланцы, углисто-кремнистые сланцы, серпентинизированные ультрабазиты и возникшие по ним серпентиниты и тальковые сланцы,

диориты, кварцевые диориты и диоритовые порфириды. Контакт гранитного массива с комплексом метаморфических и интрузивных пород имеет восточное падение под углом 65°-80° и осложнен перегибами с пологими участками и прогибами. К одному из таких прогибов и приурочено Мариинское месторождение. Рудное поле локализуется в восточном крыле антиклинальной складки. Главными рудоконтролирующими и рудораспределяющими структурами на месторождении являются пространственно связанные между собой зоны разломов и дайки диоритовых порфиритов [1].

Рудный комплекс Мариинского месторождения представлен:

– изумрудоносными слюдами, которые представляют метасоматические зоны, развитые по ультраосновным породам (серпентинитам);

– бериллоносными кварц-плагиоклазовыми и кварц-мусковитовыми жилами, которые можно отнести к трещинным жилам грейзеновой формации.

Гидротермальные образования (кварцевые жилы в амфиболитах, плагиоклаз-кальцитовые прожилки в актинолитовых сланцах, диоритовых порфиридах и амфиболитах и доломитовые прожилки с фенакитом в серпентинитах) в пределах рудного поля месторождения имеют незначительное распространение, не содержат изумруды и не представляют практический интерес на бериллий.

Касситерит на месторождении найден в кварц-мусковитовой жиле. Он представлен в виде фрагментов короткопризматических кристаллов коричневатого-чёрного цвета, размером от 4×6 до 9×14 мм. Минерал находится в тесном сростании с водяно-прозрачным серым кварцем, представленным неправильными зёрнами от 3 до 15 мм, и средне-, крупнозернистым мусковитом желтовато-белого цвета. Большая часть минералов покрыта тонкой пленкой окислов железа.

Касситерит имеет смолянистый блеск, несовершенную спайность и раковистый излом, твёрдость 6-7. Минерал был изучен с помощью рентгеноструктурного анализа, результаты которого приведены в таблице.

Результаты рентгеноструктурного анализа касситерита

Касситерит ASTM 21 – 1250			Касситерит с Мариинского месторождения	
<i>d, Å</i>	<i>I/I</i>	<i>hkl</i>	<i>d, Å</i>	<i>I/I</i>
3,35	100	110	3,37	100
2,644	80	101	2,67	82
2,369	25	200	2,38	39
2,309	6	111	2,32	12
2,120	2	210	2,12	11
1,765	65	211	1,771	100
1,675	18	220	1,68	44
1,593	8	002	1,598	15
1,498	14	310	1,498	28
1,439	18	112	1,441	18
-	-	-	1,419	37
1,415	16	310	1,415	25
1,322	8	202	-	-

Примечание: Аналитик Н. Г. Сапожникова. Условия съемки: прибор – ДРОН-2.0, CuKα – излучение с графитовым монохроматором, ток – 35 мА, напряжение – 35 кВ.

Параметры элементарной ячейки:

$$a = 1,419\sqrt{4^2+2^2+2^2} = 6,952, \quad a = 1,415\sqrt{5^2+1^2+1^2} = 7,352, \quad \text{среднее, } a = 7,152.$$

Спектральным анализом в минерале обнаружены аномальные примеси следующих элементов (10⁻³ % вес.): Mn – 100, Zr – 70, Ta – более 100, Nb – более 100.

Ранее на территории Уральских Изумрудных копей касситерит был описан Мамаевым И. Н. в 1989 г. из редкометальных пегматитов Квартального месторождения [2]. Это первое описание минерала с Мариинского месторождения из кварц-мусковитовых жил.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотухин Ф. Ф. Мариинское (Мальшевское) месторождение изумруда, Средний Урал. – Асбест – Екатеринбург – Санкт-Петербург: 1996. – 70 с.
2. Попов М. П., Жернаков В. И., Самсонов А. В. Кадастр минеральных видов Уральских Изумрудных копей // Материалы Уральской летней минералогической школы. – Екатеринбург. – 1997. – С. 169-177.

УДК 550

РЕЗУЛЬТАТЫ ИМПУЛЬСНОЙ ИНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С ИЗМЕРЕНИЕМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

КРЫЛОВ С. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Среди методов исследования вызванной поляризации горных пород на данный момент лидирующими являются гальванические методы (например, ВП - СГ), Однако этим методам присуща серия недостатков:

– Необходимость организации заземлений, что в пустынных и каменистых местностях представляется затруднительным.

– Зависимость простирания получаемых аномалий от направления питающей линии.

Нами разработана технология измерения вызванной поляризации индуктивным способом. Особенностью предлагаемой технологии является измерение вертикальной составляющей магнитного поля (или ее производной по времени) внутри питающей петли больших размеров.

Основные достоинства приведенной модификации заключаются в следующем:

1. Высокая разрешающая способность метода с использованием аппаратуры АНП-3 для изучения разреза на глубину (практически до 500-1000 м).

2. Детальное расчленение разреза благодаря значительному числу регистрируемых на временной оси точек измерений (более 30000 в линейном масштабе времени и с квантованием по времени через 10 микросекунд).

3. Индуктивное возбуждение и измерение поля при отсутствии гальванических заземлений.

4. В отличие от метода срединного градиента – независимость результатов от ориентировки питающей линии и профилей измерений относительно простирания объектов.

5. Высокая производительность выполнения работ (измерения на точке составляют не более 2-3 минут) в любое время года.

6. В результате измерений и интерпретации на каждой точке мы получаем значение поляризуемости и геоэлектрический разрез.

В 2009 году автором по заказу ОАО «КазРосГеоКом» проведены полевые работы в Северном Казахстане на участке «Аулие». Технология измерения заключалась в следующем.

Внутри токовой петли (сила тока 10 А) размером 1000×1000 м проводились измерения производной магнитного поля датчиком по сети наблюдений 40×40 м [Голиков Ю. В., Крылов С. А., Отчет по договору № I-2 от 28 июня 2009]. Сеть наблюдений рассчитывалась таким образом, чтобы не проводить измерения ближе, чем 200 м к проводам, образующим петлю, для исключения влияния тока петли на результаты. При измерениях магнитной индукции на данном участке были зарегистрированы несколько зон со сменой знака процесса становления (рис. 1), что объясняется частотной дисперсией среды, для этого участка наиболее вероятной причиной возникновения этого эффекта является повышенная поляризуемость горных пород.

Поэтому участки со знакопеременным процессом интерпретировались как зоны повышенной сульфидной минерализации. По данным зондирования построена серия планов изолиний кажущейся поляризуемости и кажущегося сопротивления, а также серия продольных и поперечных разрезов кажущегося сопротивления (пример разреза приведен на рис. 2, 3).

Рис. 1. Пример графика ЭДС с приемного датчика

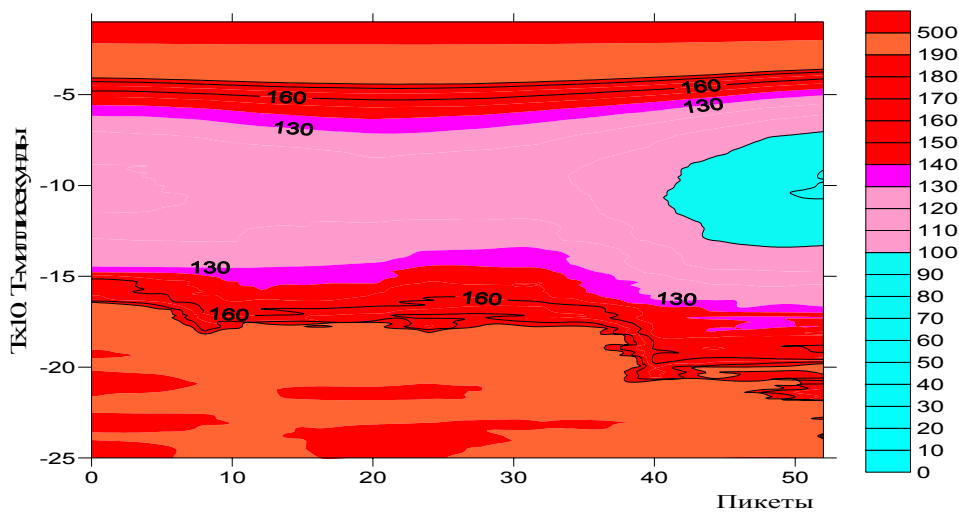


Рис. 2. Пример поперечного геоэлектрического разреза

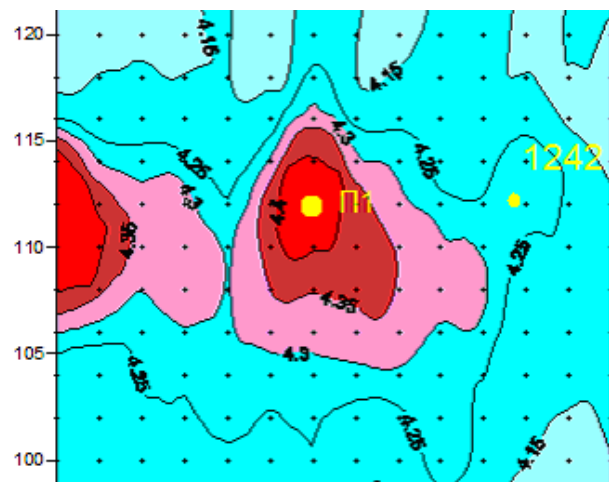


Рис. 3. Фрагмент карты изолиний поляризуемости с проектной скважиной П1

Верхний слой представлен высокоомными сухими породами с удельным сопротивлением до 2000 Ом·м. Средний слой является электропроводным (влажная глина, кора выветривания) с удельным сопротивлением от первых десятков Ом·м до 200 Ом·м. Нижний подстилающий слой представлен коренными высокоомными породами, с удельным сопротивлением 200 и более Ом·м.

Единственно значимая аномалия вызванной поляризации размером 150·100 м получена на профиле 112 пикет 24.

Бурение полученной аномалии позволило выделить зону углефицированных пород. Скважина № 1242, находящаяся вне зоны аномалии, прошла по зоне пустых интрузивных пород.

УДК 55

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

КРЫЛОВ С. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

С самого начала осознанной жизни человек отражал окружающий мир в своем сознании и при необходимости транслировал эти знания другим индивидам, в том числе и с помощью графики (например, наскальная живопись). Со временем человек развил технику графического представления знаний об окружающем мире – появились карты. По сути, карта является проекцией трехмерного мира на плоский носитель (пергамент, бумага), что порождает один из главных недостатков использования карт для передачи информации об окружающем мире – ограниченность представления всех данных на плоскости (например, если один элемент окружающего мира находится над другим, то на карте один из элементов будет не виден из-за второго). Накладываемые ограничения на объем материала в одной карте порождает большое число отдельных (тематических, погоризонтных) карт на одну местность, что вызывает много сложностей при обработке и представлении всего объема информации.

Бурное развитие технологий в XXI веке предоставляет все новые возможности для различных сфер человеческой деятельности. Набирающий популярность формат 3D кинотеатра является «первой ласточкой» грядущей революции в представлении трехмерных данных.

Современные средства работы с трехмерной информацией:

1) 3D-мониторы. Автостереоскопический 3D-монитор воспроизводит трехмерное изображение без каких-либо дополнительных аксессуаров для глаз или головы (таких как стереочки, шлемы виртуальной реальности). Система построена на оптических эффектах, которые позволяют направлять лучи 3D-монитора напрямую в глаза зрителя. Если голова зрителя находится в определенном положении перед трехмерным монитором, в так называемой стерео-зоне, то он получит 3D-картинку. 3D-монитор состоит из микролинз, способных контролировать излучаемые световые потоки, и программное обеспечение, которое занимается формированием трехмерного изображения.

Голографический 3D-монитор имитирует пространственное размещение световых волн в таком виде, как если бы они располагались при отражении света от реального трехмерного объекта. Объемный 3D-монитор использует различные физические механизмы показа светящихся точек в пределах некоторого объема. Такие 3D-мониторы вместо пикселей оперируют вокселями. Объемные 3D-мониторы строятся на разных принципах: одни состоят из множества плоскостей, формирующих картину, которые расположены одна над другой, другие – из плоских панелей, создающих эффект объемности за счет своего вращения в пространстве.

2) 3D-сканеры. Активные 3D-сканеры излучают на объект некоторые направленные волны (чаще всего свет, луч лазера) и обнаруживают его отражение. Возможные типы используемого излучения включают свет, ультразвук или рентгеновские лучи.

Пассивные 3D-сканеры не излучают ничего на объект, а вместо этого полагаются на обнаружение отраженного окружающего излучения. Большинство 3D-сканеров такого типа обнаруживает видимый свет – легкодоступное окружающее излучение.

3) 3D-принтеры.

Лазерные. Лазерная печать – ультрафиолетовый лазер постепенно, пиксель за пикселем, засвечивает жидкий фотополимер, либо фотополимер засвечивается ультрафиолетовой лампой через фотошаблон, меняющийся с новым слоем. При этом он затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик.

Лазерное спекание – при этом лазер выжигает в порошке из легкосплавного пластика, слой за слоем, контур будущей детали. После этого лишний порошок стряхивается с готовой детали.

Ламинирование – деталь создается из большого количества слоев рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеиваются, при этом лазер вырезает в каждом контуре сечения будущей детали.

Струйные. Застывание материала при охлаждении – раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта.

Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы – способ похож на предыдущий, но пластик твердеет под действием ультрафиолета.

Склеивание или спекание порошкообразного материала – то же самое, что и лазерное спекание, только порошок склеивается клеящим веществом, поступающим из специальной струйной головки. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя связующие вещества различных цветов.

4) 3D-манипуляторы. Каждое такое изделие представляет собой устройство трехмерного позиционирования с шариком или джойстиком (имеется шесть степеней свободы), предназначенное для работы в системах трехмерного проектирования или в приложениях, требующих контроля за перемещением объекта в виртуальном пространстве. 3D-манипулятор имеет программируемые кнопки, с которыми можно сопоставить различные команды приложения, и кнопки-«модификаторы» клавиатуры (*Ctrl, Alt, Shift, Esc*). 3D-манипулятор ускоряет работу, позволяя действовать сразу обеими руками. Не снимая руку с манипулятора, пользователь может панорамировать и вращать модели и объекты, а также менять их масштаб на экране, одновременно пользуясь мышью. При использовании мыши для позиционирования и редактирования модели неизбежно возникают паузы. 3D-манипулятор позволяет экономить время и ресурсы, распараллелив рабочий процесс за счет задействования сразу двух рук. Исследования показывают, что в этом случае скорость работы увеличивается на 30 %.

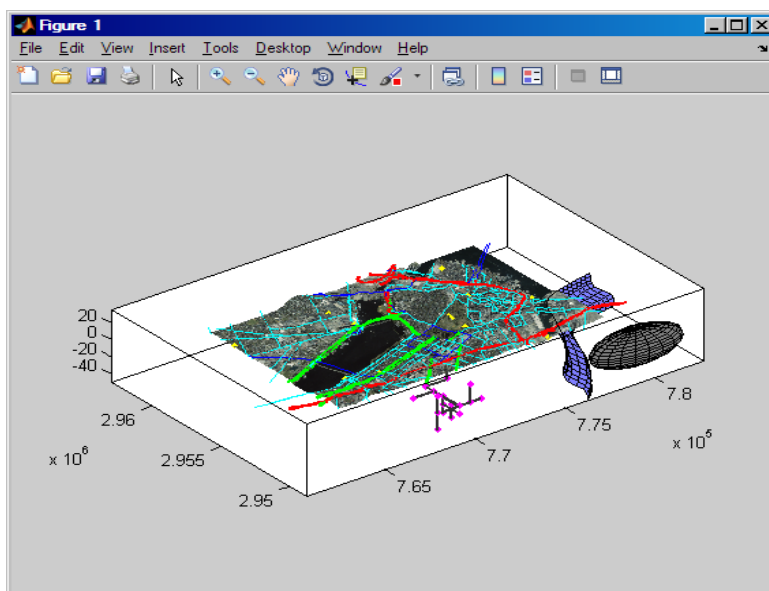
Современные тенденции развития технологии должны быть использованы и в геоинформационных системах. Это позволит значительно упростить работу с трехмерными данными, в разы увеличить наглядность представляемого материала, увеличить объем представляемого материала в одном проекте, по сравнению с картами.

К сожалению, большинство существующих программных продуктов из области

геоинформатики ориентированы в основном на работу с двумерными данными, обработка и представление трехмерных данных находится в зачаточном состоянии. К специализированным продуктам этого класса можно отнести *AutoDesk 3D Map* и линейку программных продуктов компании *Leica*.

Примером проекта представления материала в трехмерном пространстве может служить созданная автором модель 3D-геоинформационного пакета города Бостон (см. рисунок) на базе системы *Matlab*. Исходный материал для построения пакета: космоснимок города Бостон; рельеф (в формате *.sDts*) с шагом 30×30 м; дорожная сеть (в формате **.shp*).

Все эти данные, так или иначе, привязаны к дневной поверхности, и существующие пакеты картографирования с трудом могут представлять данные, относящиеся к подземным или надземным объектам (например, с помощью послойных срезов, что не очень наглядно). Чтобы сделать нагляднее преимущества представления 3D-материала, в модель добавлялись вымышленные элементы:



Один из ракурсов 3D-геоинформационного пакета

- Сеть линий (например, подземные коммуникации);
- Поверхность (например, поверхность разлома);
- Трехмерное тело (например, подземный объект – станция метро).

Основным преимуществом трехмерных пакетов будет являться возможность представления пространственных данных без искажений и проекций, что позволит значительно увеличить круг задач картографирования.

К недостаткам можно отнести большую потребность в вычислительных ресурсах, отсутствие аппарата манипулирования трехмерными данными (наряду с существующими примитивами «точка – линия – полигон» необходимо ввести «поверхность – объем»).

УДК 550

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНАСЫЩЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

ПАВЛОВ П. Е.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Настоящая работа посвящена проблеме прогноза залежей углеводородов верхнеюрских отложений (северо-западной части Новосибирской области). Решение поставленной задачи осуществлялось на основе использования вероятностно-статистического метода комплексирования, представляющего собой частный случай теории распознавания образов, апробированного на ряде месторождений Восточной и Западной Сибири. Получена карта прогноза вероятного распределения по площади продуктивных коллекторов.

Геологоразведочные работы на нефть и газ в Новосибирской области были начаты еще в конце 40-х годов. После открытия крупных месторождений углеводородов в начале шестидесятых годов в Тюменской и в Томской областях работы в Новосибирской области были свернуты. Однако по мере того, как крупные и гигантские месторождения были выявлены, объемы и плотность прогнозных ресурсов нефти на всех этих территориях стали примерно сопоставимы.

В связи с этим к настоящему времени выполнено комплексное научное обобщение всего накопленного геолого-геофизического материала по территории Новосибирской области. Данные исследования позволили выполнить лицензирование территории, после которого была проведена как переобработка сохранившихся архивных сейсмических материалов, так и обработка новых материалов и их интерпретация с использованием новых технологий в пределах северной части области, являющейся объектом наших исследований.

В результате обобщения и интерпретации всего имеющегося геолого-геофизического материала были получены результаты, которые подтвердили и существенно уточнили структурный план территории по всем основным стратиграфическим уровням геологического разреза. Однако новых крупных структурных элементов выявлено не было. Все основные антиклинальные поднятия исследуемой территории были опробованы бурением еще в 80 годах. Был выявлен ряд месторождений углеводородов в северной и северо-восточной частях области [1].

В пределах рассматриваемой территории к настоящему времени пробурено 48 скважин и лишь в 7 из них получен положительный результат при испытаниях. Решение поставленной задачи осуществлялось на основе использования вероятностно-статистического метода комплексирования [2], представляющего собой частный случай теории распознавания образов, апробированного в пределах Верхнечонского месторождения [3], а также Южно-Устькютского, расположенных на территории Непско-Ботубобинской нефтегазоносной области.

Формализованную постановку задачи выделения продуктивных коллекторов можно дать в следующем виде. Пусть в каждой точке плоскости $(x; y)$ задано N непрерывных функций $X_i(x; y)$, т. е. каждой точке $(x; y)$ соответствует объект $S(X_1, \dots, X_N)$. Этот объект относится к одному из двух непересекающихся классов A_1 и A_2 . Существует множество объектов E , для которых известна принадлежность к одному из перечисленных классов, и множество R , для которого это не известно. Множество E является обучающей (эталонной) выборкой, и для него существует непрерывная

функция $F(X_i)$, такая что $F(X_i) > F_{гр}$ для $S(X_i) \in A1$ и $F(X_i) < F_{гр}$ для $S(X_i) \in A2$. Необходимо определить граничное значение $F_{гр}$ и в соответствии с ним выделить из множества R подмножества событий, соответствующих классам $A1$ и $A2$.

При этом N равно количеству используемых геолого-геофизических методов, $A1$ — множество интервалов разреза, отвечающих событию «нефтегазонасыщенный коллектор», $A2$ — событию «водонасыщенный коллектор или сухой». В процессе выделения продуктивного коллектора поэтапно решаются задачи формирования обучающей выборки, определения граничного значения целевой функции и непосредственно выделение коллектора.

Результатом формирования обучающей выборки является матрица, каждая строка которой соответствует определенной скважине, а элементы строки представлены значениями геологических параметров и признаком класса. К первому отнесены скважины, при испытании которых получены признаки или притоки нефти газа или газоконденсата, все остальные случаи отнесены к классу событий «вода-сухо».

Дальнейшим этапом исследований является статистическая обработка массива данных эталонной выборки, складывающаяся из следующих операций: определение статистических характеристик для каждого принятого параметра; вычисление целевой функции для всего объекта обучения; определение граничного значения целевой функции.

Определение статистических характеристик геологических параметров осуществляется следующим образом. Для каждого i -го геолого-геофизического параметра определяется общий диапазон значений и диапазон значений «нефтегазонасыщенный коллектор», «сухо-водонасыщенный коллектор» и «зона неоднозначности», а также разделяющие их граничные значения.

Затем каждый из выделенных диапазонов значений параметра разбивается на M равновеликих интервалов, длина каждого из которых определяется по формуле

$$x = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{1 + 3,322 \cdot \lg N_i},$$

где X_{\max} и X_{\min} — минимальное и максимальное значения параметра, а N_i — общее количество событий. Далее для каждого j -го интервала устанавливается общее количество событий K_j и соответствующее ему количество событий «нефтегазонасыщенный коллектор», «не коллектор».

Далее решение задачи переходит в этап выделения участков прогнозной продуктивности продуктивного пласта в плане. Процесс выделения зон нефтегазонасыщения предполагает следующие операции: построение структурных карт, карт мощностей и других параметров продуктивного пласта в пределах всей исследуемой территории; трансформация значений рассматриваемых геологических признаков в значения вероятности события «нефтенасыщенный коллектор» $Iп$; сложение полученных трендов распределения параметров $Iп$ по методу определения среднеарифметического значения. Суммарное значение W получило название «комплексного параметра», количественно характеризующего переход от нефтеносных коллекторов к водонасыщенным отложениям и учитывающим показания используемых геологических методов, с учетом степени их информативности; вычисление для каждого рассматриваемого геологического признака пределов изменения значений параметра $Wп$; определение по обучающей выборке граничного значения $W_{гр}$; отнесение анализируемого участка территории к зонам развития нефтенасыщенных коллекторов при выполнении неравенства $Wп \geq W_{гр}$.

Процесс обучения начинается с поиска эталонных объектов, в качестве которых рассматриваются разрезы скважин, вскрывшие рассматриваемый продуктивный интервал разреза. Выбранные объекты должны быть охарактеризованы результатами промыслово-геофизических и гидродинамических исследований, т. е. той информацией, которая позволит в дальнейшем однозначно выделить два класса событий: «нефть-газ» и «вода-сухо». В пределах исследуемой территории продуктивность доказана в верхнеюрских отложениях и ачимовской толще. Причем для данной территории наиболее перспективными являются отложения верхней юры, которые и будут являться основным объектом исследования. Для достижения максимального статистического эффекта территория выбора эталонных объектов со сходной геолого-тектонической моделью развития не ограничивалась только площадью исследования, а была значительно расширена (см. рис. 1, а). На всей этой территории расположено достаточно много известных месторождений нефти и газа с доказанной промышленной нефтегазонасыщенностью. В результате была привлечена информация о 550 скважинах.

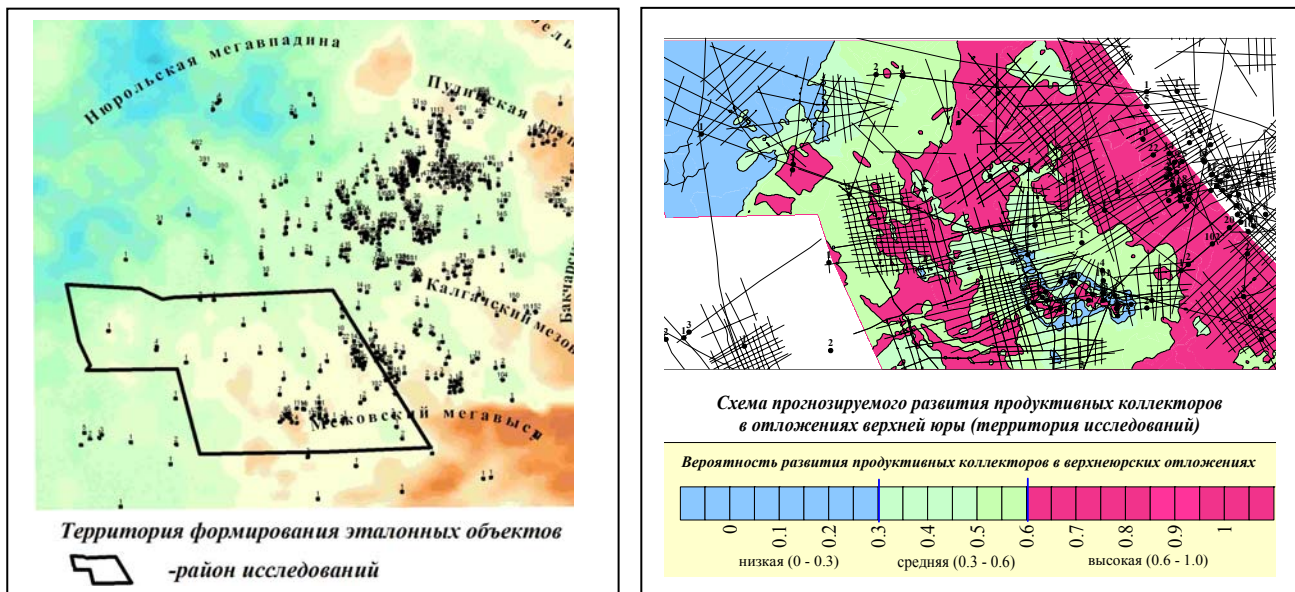


Рис. 1. *а* – территория формирования эталонных объектов; *б* – схема прогнозируемого развития продуктивных коллекторов в отложениях верхней юры (территория исследования)

Далее решается задача разделения интервалов разреза по целевому признаку по зафиксированным в скважинах геологическим параметрам: наличие-отсутствие нефтегазонасыщения. Результат был достигнут комплексированием независимых геологических параметров, то есть сложением полученных трендов распределения параметров *Ип*. Построенная в результате схема распределения значений комплексного параметра (*И*), изменяется в интервале от 0 до 1 и характеризует вероятность распространения по площади нефтенасыщенного интервала.

Рассчитанные значения комплексного параметра были условно разделены на три градации, характеризующие собой участки изучаемой территории с крайне низкими $0 \div 0,3$, средними – от $0,3 \div 0,6$ и высокими – от $0,6 \div 1$ перспективами продуктивности. Вероятности события «нефтенасыщенный коллектор» для выделенных зон составляют соответственно 0, 0,5 и 1. Максимальный интерес, с точки зрения возможной локализации нефтяных залежей в исследуемых интервалах, представляют участки исследуемой территории, характеризующиеся значениями комплексного параметра от 0,5 до 1 (см. рис. 1, *б*).

Таким образом, основные результаты вероятностно-статистического прогноза и вытекающие из них выводы сводятся к следующему. Сформировано признаковое пространство, характеризующее событие «нефтенасыщенный коллектор» для верхнеюрских отложений в пределах огромной территории со сходными тектоно-седиментационными условиями. Признаки рассчитаны по зафиксированным в скважинах геологическим параметрам. Решена задача разделения интервалов разреза по целевому признаку: наличие-отсутствие нефтегазонасыщения. Этот результат достигается комплексированием независимых геологических параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири (Новосибирская, Омская, Томская области). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1998. – 254 с.
2. Воробьев С. В., Воробьев В. Н., Кравчук Э. А. Количественная оценка нефтегазоносности вероятностным методом по данным «ГИС-керна» // Материалы II Всероссийского металлогенического совещания «Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и орогенных поясов его обрамления». – Иркутск, 1998.
3. Воробьев С. В., Воробьев В. Н., Вымятин А. А. Методика вероятностной оценки сложнопостроенных карбонатных коллекторов по комплексу промыслово-геофизических методов исследования скважин // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 1998, № 8.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ ПО ДАННЫМ АРХАНГЕЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ

ВАГАНОВА Н. В.

Институт экологических проблем Севера УрО РАН

Изучение глубинного строения земных недр – это актуальная задача во все времена и она имеет многоцелевой характер. Север Русской плиты Восточно-Европейской платформы имеет очень продолжительную историю своего развития и, как следствие, – сложное строение. До сих пор главным методом изучения глубоких недр является сейсмический в различных модификациях. В данной работе приводятся результаты исследований, полученные по экспериментальным данным о регистрации сильных землетрясений земного шара методом приемных функций P -волн.

В Архангельской области в настоящий момент функционирует сеть из 7 сейсмических станций, две из которых – широкополосные: Климовская (KLM 60.85° с. ш., 39.52° в. д.) и Лешуконское (LSH 64.52° с. ш., 45.44° в. д.). Методология приемных функций (*receiver functions*) может эффективно применяться на первом этапе для исследования скоростной структуры коры и мантии Земли в районе приема сейсмических волн под станцией даже в случае, если нет хорошо развитой густой сети или группы станций. Суть метода состоит в использовании обменных волн P_s , образующихся на границах в коре и мантии при прохождении через них рефрагированных продольных волн P . Работа была проведена совместно с ИФЗ РАН по методике, описанной в [Бурмаков, 1988; Vinnik, 1977]. Для обработки нами были отобраны несколько десятков сильнейших землетрясений мира на эпицентральных расстояниях от 35 до 90° (3500 - 10000 км) от принимающей станции, всех азимутальных направлений, с четким вступлением импульсного характера и большим превышением амплитуды первого вступления над шумом.

Обменная волна P_s входит в состав коды P -волны, но ее амплитуда существенно меньше, и выделение на записи искомой P_s -волны является основной задачей. Для этого исходная трехкомпонентная сейсмическая запись с осями ZNE проходит ряд процедур: фильтрацию для устранения влияния эффектов рассеяния и для улучшения разрешающей способности, преобразование системы координат ZNE в систему координат LQT , где ось L направлена вдоль смещений в падающей P волне, Q – направлена вдоль смещений в искомой нами обменной P_s (SV) волне, T -тангенциальная, направлена вдоль смещений в SH волнах. Важнейшим этапом является стандартизация компонент деконволюционным фильтром для устранения различий в очаговых процессах и магнитудах у разных землетрясений. Стандартизованная Q -компонента и называется, собственно, приемной функцией, поскольку она освобождена от влияния источника и является только функцией приемника. Такие процедуры выполняются для большого набора землетрясений, потом выполняется их суммирование для устранения шума, накопления полезного сигнала и наилучшего выделения обменных волн. На рис. 1 показаны суммированные Q -компоненты, полученные по записям станций Климовская и Лешуконское. Проходя путь от границы обмена к поверхности с меньшей скоростью по сравнению с рефрагированной продольной волной P , обменные волны P_s вступают на записи с некоторым запаздыванием по отношению к волне P . На рис. 1 по горизонтальной оси

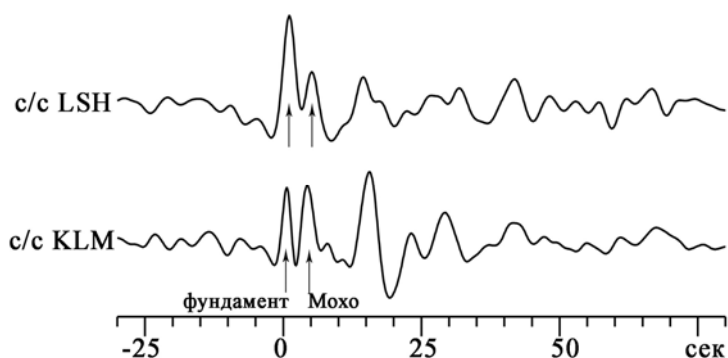


Рис. 1. Суммированные Q -компоненты с применением длиннопериодного фильтра с частотой среза $0,2$ Гц

отложено время задержки t_{ps} относительно падающей P -волны, а нуль совмещен с моментом падения продольной волны. Как указывалось выше, именно Q -компонента содержит обменную волну и именно она несет в себе информацию о границах обмена.

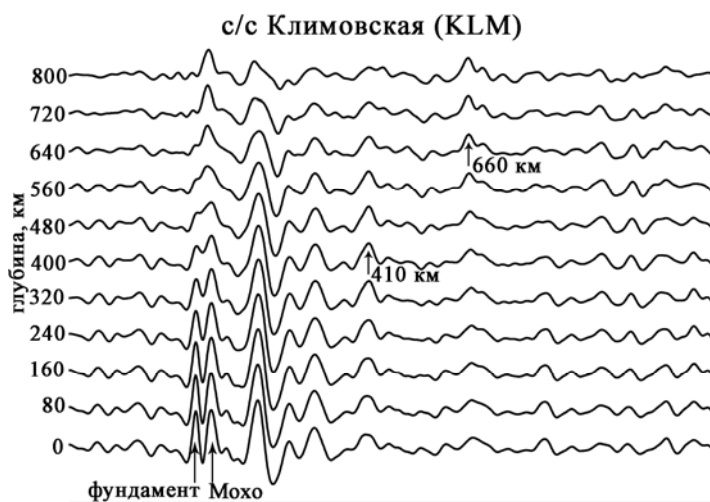


Рис. 2. Результат суммирования (СТЕК) для различных пробных глубин с шагом 80 км с выделением границ в коре и мантии

На суммированных Q -компонентах четко выраженные максимумы функций приемника означают наличие обменов на подошве осадочного чехла и на Мохо (обозначены стрелочками). Различия обусловлены особенностями строения среды в подстанционной области и различными скоростными характеристиками.

Метод приемных функций позволяет также выделять и более глубокие мантийные границы. Для выделения мантийных границ производится суммирование трасс для различных пробных глубин со сдвигом во времени относительно некоторого опорного эпицентрального расстояния, принятого равным 67 градусам, что соответствует значению дифференциальной медленности 6,4 град/с. На

рис. 2 представлен результат такого суммирования (СТЕК) сигналов обменных волн, где наряду с Мохо и границей кристаллического фундамента видны сигналы от границ в мантии на глубинах 410 и 660 км – это границы зоны фазовых переходов (показаны стрелочками). Эти времена практически совпадают с данными группы *SVEKALAPKO* в Южной Финляндии, но существенно меньше стандартных времен, поскольку для модели *IASPEI* известны два магических числа – 44,0 и 67,9. Это говорит о чуть повышенных скоростях поперечных волн в верхней мантии на глубинах меньше 410 км. Но разница во времени в переходной зоне между 410 км и 660 км соответствует модельной, то есть скорости в переходной зоне стандартные.

На втором этапе данные по обменным волнам P_s инверсированы в вариант сейсмических разрезов, представленных на рис. 3. Эти результаты получены совсем недавно и находятся сейчас в стадии интерпретации. Но уже сейчас по перепаду скоростей можно выделить границу кристаллического фундамента на глубине 1200 м, границу Мохо на глубине 34-35 км. При переходе от коры к верхам мантии $K_M \sim 0,84$.

Для оценки полученных нами данных проведено сопоставление с результатами работ методами ГСЗ, МОВЗ, КМПВ, МОВ-ОГТ, взятых из разных литературных источников [Барковский, 1969, Костюченко, 1995; Егоркин, 2000].

Исзуемая нами территория принадлежит к зоне погружения на юго-восток кристаллического фундамента Балтийского щита в пределах Онежского выступа, на большей части которого мощность осадочного чехла не превышает 1000-1500 м. Переход в глубинах залегания пород фундамента достигает у станции Коноша 500-1000 м, на бортах Воже-Лачской и Вагской депрессии – 1000-1500 м. Кроме того, близкие значения глубины кристаллического фундамента получены в результате комплексной интерпретации геофизических

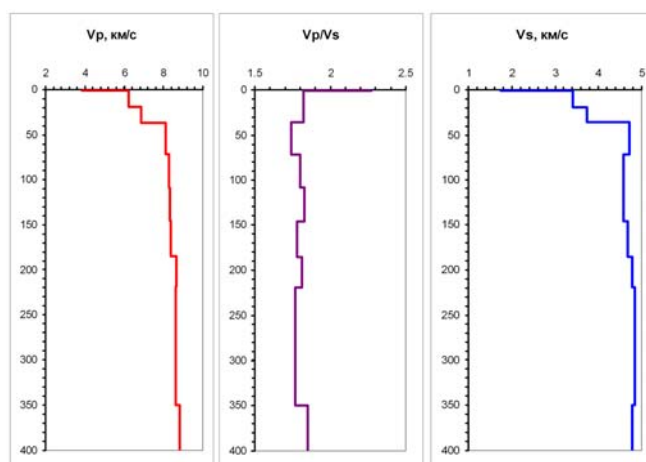


Рис. 3. Скоростные сейсмические разрезы продольных и поперечных волн, полученные в результате инверсии СТЕКОВ обменных волн P_s

исследований Центра «Геон», проводимых по профилям АГАТ IV и АГАТ V и отраженных в публикациях сотрудников Центра Костюченко С. Л. и Егоркина А. В. [Костюченко, 1995, Егоркин, 2000]. В частности, глубина кровли фундамента определяется по двум близкорасположенным изогипсам 1000-1500 м, а рельеф поверхности Мохо – парой изогипс на глубинах 38-40 км.

Автор выражает признательность к.ф.-м.н Францужовой В. И. за научное руководство. Автор также сердечно благодарит коллег из лаборатории сейсмологических исследований ИФЗ РАН д.ф.-м.н Л. П. Винника, к.ф.-м.н Г. Л. Косарева и к.ф.-м.н С. И. Орешина за дружескую поддержку и бескорыстную помощь в освоении методологии приемных функций. Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума РАН, а также поддержана молодежным грантом УрО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барковский А. Н., Оганесов Ю. Н. Тектоника платформенного чехла // Тектоника Севера Русской плиты. Под ред. В. А. Дедеева, С. И. Домрачева, Л. Н. Розанова. – Ленинград: Недра, 1969. – С. 31-37.
2. Бурмаков Ю. А., Винник Л. П., Косарев Г. Л. и др. Структура и динамика литосферы по сейсмическим данным – М.: Наука, 1988. – 221 с.
3. Егоркин А. В. Геологическая информативность многоволнового ГСЗ на примере изучения Севера Европейской части // Региональная геология и металлогения, № 10, 2000, С. 85-89.
4. Золотов Е. Е., Костюченко С. Л., Ракитов В. А., Ясюлевич И. И., Косарев Г. Л., Треусов А. В. Глубинное строение литосферы Восточно-Европейской платформы по результатам сейсмологических наблюдений // Разведка и охрана недр. – 1998. – № 2. – С. 11-13.
5. Костюченко С. Л. Структура и тектоническая модель земной коры Мезенской синеклизы по результатам комплексного геолого-геофизического изучения // Разведка и охрана недр. – № 5 – 1995. – С. 2-7.
6. *Vinnik L. P. Detection of waves converted from P to S in the mantle // Physics of the Earth and Planetary Interiors, 15 (1977) 39-45.*

УДК 550.348.432:553.981

ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН МЕТОДОМ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ГЕОАКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ

ТАЛАНКИН А. К.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Технология и методика трехкомпонентного геоакустического каротажа была разработана и реализована в Институте геофизики УрО РАН. Разработчиками являются старший научный сотрудник кандидат технических наук Александр Кузьмич Троянов и заведующий лабораторией доктор технических наук Юрий Геннадьевич Астраханцев. В настоящее время метод находит применение на месторождениях углеводородов (Уренгойское, Заполярное, Ямбургское, Астраханское и др.); входит в комплекс промыслово-геофизических исследований, выполняемых сервисными предприятиями (ПФ «Севергазгеофизика», ООО ПКФ «Недра-С» и др.).

Физическими принципами, лежащими в основе метода, являются следующие процессы: пластовые флюиды (вода, углеводородная жидкость, газ или их смесь) при движении через пустоты за обсадными колоннами, перфорационные отверстия, фильтры, негерметичные соединения подземного оборудования скважины создают характерную вибрацию среды. Это так называемые геоакустические шумы, а именно – колебания в полосе частот 100-5000 Гц. Генерация колебаний зависит от следующих факторов: объем флюида, разность давлений по стволу скважины, геометрия пути флюида, среды, по которой происходит движение. Эти колебания фиксируются высокочувствительной аппаратурой, способной регистрировать акустический отклик геосреды на деформации порядка 10^{-8} - 10^{-11} м. Полосовые фильтры разделяют частотный спектр колебаний для амплитудного анализа составляющих. На основе модельных лабораторных испытаний, опыта исследования скважин найдено соответствие уровней энергии в регистрируемых диапазонах частот движущемуся потоку флюида, а также вероятное местоположение потока. Диапазон частот 100-

5000 Гц соответствует низкому звуковому диапазону, поэтому классическое определение звука применимо и для геоакустических шумов. Следовательно, звук распространяется через вещество как волны переменного давления, создающие локальные участки сжатия и разрежения. Частицы среды этой волной смещаются и колеблются. Движение сред – это флуктуация давления, и она создает спектр звуковых колебаний, в том числе и в диапазоне частот 100-5000 Гц [1]. Колебания в указанном диапазоне частот проходят через сталь, газ, жидкость и другие среды. Хотя в этих средах и происходит ослабление амплитуды сигналов, оно не велико, и при помощи высокочувствительной аппаратуры движение флюидов обнаруживается независимо от конфигурации и конструкции скважин. Любое колебание ослабевает по своей интенсивности с пройденным расстоянием. При увеличении частоты колебания возрастает его затухание с расстоянием. Низкие частоты подвержены меньшему затуханию.

Перечень основных задач, решаемых методом на месторождениях углеводородов, исходя из физических принципов:

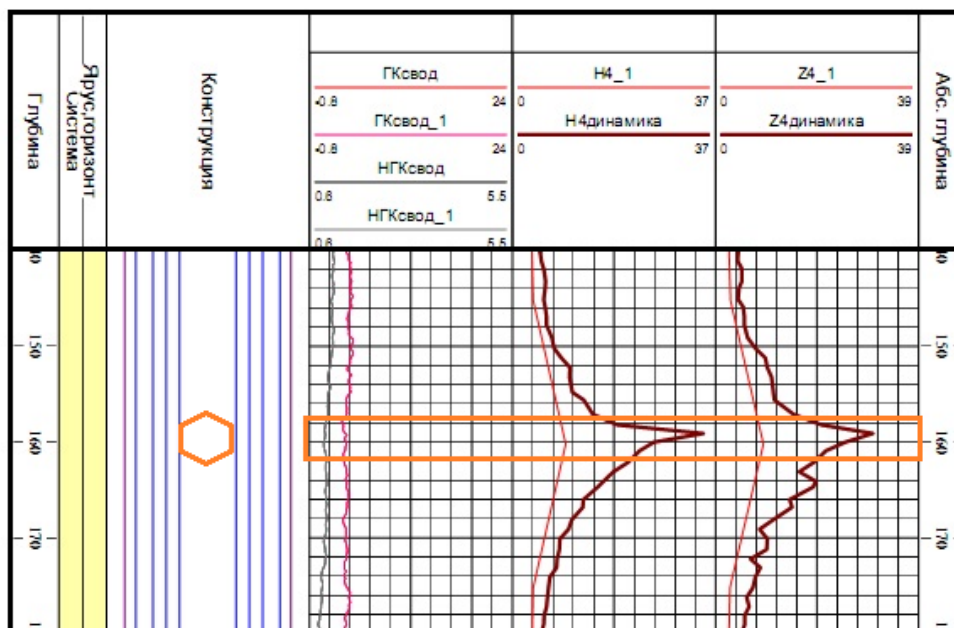
- Определение потока флюида за пределами или внутри обсадных труб с разделением по типам флюидов.
- Определение положение потока флюида в полостях цементного кольца с разделением по типам флюидов.
- Определение интервалов горизонтального движения флюидов за обсадной колонной внутри пластов.
- Определение негерметичности скважинного подземного оборудования (НКТ, эксплуатационных обсадных колонн, хвостовиков, промежуточных технических колонн и др.).
- Определение положения ГВК, ВНК, ГВП, ВНР.
- Определение типа потока флюида.
- Определение участков поглощения бурового раствора в открытом стволе.

Информативными параметрами метода являются амплитудные уровни геоакустических шумов (ГАШ) в разных полосах частот (см. таблицу). Общий диапазон частот регистрируемых тремя датчиками ГАШ составляет 100-5000 Гц. Из 12 измеренных параметров ГАШ вычисляются результирующие геоакустических сигналов с горизонтальных датчиков в четырех диапазонах частот $H1-H2$, а также параметр $H5$, получаемый как результат вычитания параметров $H3$ и $H4$ из $H2$. Амплитудный уровень сигналов с вертикального датчика в четырех полосах частот характеризуется параметрами $Z1-Z4$. Параметр $Z5$ является результатом вычитания $Z3$ и $Z4$ из $Z2$. Амплитудные значения параметров $H1-H5$ и $Z1-Z5$ представляются в единицах, регистрируемых датчиками – акселерометрами ускорений и записываются как мм/с². К расчетным относятся параметры, информируемые о горизонтальном ($M1-M5, L$) и вертикальном ($G1-G4, G21$) движении флюида и газа, а также позволяющие оценивать газовый фактор геосреды (параметр N). Кроме того, рассчитывается дисперсия параметров $H1-H5$ и $Z1-Z5$. Расчетные параметры относятся к безразмерным [3].

Информативные параметры трехкомпонентного геоакустического каротажа в соответствии с частотным диапазоном

Информативный параметр	Частотный диапазон
$H 1 = \sqrt{X 1^2 + Y 1^2}; Z1; DH1 DZ1$	0,1-0,5 кГц
$H 2 = \sqrt{X 2^2 + Y 2^2}; Z2; DH2 DZ2$	0,5-5 кГц
$H 3 = \sqrt{X 3^2 + Y 3^2}; Z3; DH3 DZ3$	0,5-1,5 кГц
$H 4 = \sqrt{X 4^2 + Y 4^2}; Z4; DH4; DZ4$	2,5-5 кГц
$H 5 = H 2 - H 3 - H 4;$ $Z5 = Z2 - Z3 - Z4; DH5; DZ5$	1,5-2,5 кГц

Изменение амплитудно-частотного состава ГАШ отражает на качественном уровне характер насыщенности пласта – коллектора, то есть по доминирующим аномалиям сигналов в разных полосах частот и соответствующих изменениях расчетных параметров можно выделить движение воды, газа или флюида с газовым фактором [2].



Выделение негерметичности НКТ методом трехкомпонентного геоакустического каротажа по данным ООО ПКФ «Недра-С» на одной из скважин Астраханского ГКМ

Для обнаружения заколонных перетоков в первую очередь используются параметры, характеризующие наличие или отсутствие вертикального движения флюида и газа: $Z1$, $Z2$, $Z4$ и $G1$, $G2$, $G4$. Для подтверждения первоначальных выводов о наличии заколонного перетока привлекается дополнительная информация о составе перетока (параметры Nh и Nz), о местоположениях начала перетока и зоны его поглощения (параметры $H1$, $H2$, $H4$ и $M1$, $M2$, $M4$).

Возможность обнаружения негерметичности насосно-компрессорных труб по результатам исследования скважины методом трехкомпонентного геоакустического каротажа представлена на рисунке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Троянов А. К., Фадеев В. А., Дьяконов Б. П. Контроль за разработкой нефтяных месторождений с использованием каротажа геоакустических шумов / Межд. геоф. конф. и выставка. SEG-EАГО, Москва, 16-20 августа 1993 // Сб. рефератов. – № 2. – М. – 1993. – С. 117-118.
2. Троянов А. К., Фадеев В. А., Дьяконов Б. П., Куц Ю. А. Новый геофизический метод определения характера нефтегазонасыщенности коллекторов на стадии разработки месторождений. SEG / Москва, 1992, Междун. геофиз. выставка по разведочной геофизике, Москва, 27-31 июля, 1992 // Сб. реф. – Б. м., 1992. – С. 43.
3. Троянов А. К., Астраханцев Ю. Г., Новиков С. С. Способ обнаружения газонасыщенных пластов в скважинах. Патент 2344285 РФ, опубл. 20.01.09. Бюлл. № 2.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПАЛЕТКИ ШЛЮМБЕРЖЕ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КАРОТАЖА СКВАЖИН МЕТОДОМ СПОНТАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

ИСЛАМГАЛИЕВ Д. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Каротаж геологоразведочных скважин методом спонтанной (самопроизвольной) поляризации (ПС) является одним из старейших методов, применяемых в нефтегазовой отрасли для изучения пластов-коллекторов углеводородов.

Целью работы является теоретическое изучение явления спонтанной поляризации среды, создание программного обеспечения и расчеты стационарного электрического поля при использовании цилиндрической симметрии для различных моделей неоднородных проводящих сред применительно к каротажу скважин методом ПС.

Одной из задач метода ПС является выделение в изучаемом разрезе пористых пластов-коллекторов углеводородов и определение величины пористости коллекторов. 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].

Применяемые палетки, сведенные в специальные альбомы, основаны на результатах численного моделирования [2] и экспериментальных данных, полученных В. П. Журавлевым с помощью электроинтегратора ЭКСМ на электрической сеточной модели [3].

Для пачки электрически неоднородных пластов различной мощности с зонами проникновения фильтрата бурового раствора в проницаемые части пластов решение может быть найдено только численными методами. Известны конечно-разностные сеточные способы решения этой задачи, полученные А. Л. Колосовым и А. И. Абрикосовым, О. Б. Кузьмичевым и полуаналитические методы, развиваемые В. Т. Ивановым. Также существует решение прямой задачи интегро-интерполяционным методом или методом баланса.

В работе использовано решение прямой задачи методом интегральных уравнений, полученное В. В. Кормильцевым и А. Н. Ратушняком [4]. Используя этот метод, были посчитаны модели трех пластов, причем средний моделирует продуктивный проницаемый пласт (песчаники), а выше- и нижележащие пласты являются непроницаемыми (глины).

Созданное программное обеспечение в виде пакета программ *PS_C*, реализующее метод интегральных уравнений, предназначено для расчета электрического потенциала, создаваемого двойным электрическим слоем, на оси скважины в слоистой электрически неоднородной среде. В числе физико-геометрических факторов, влияющих на величину потенциала, кроме мощностей пластов и диаметра скважины учитываются размеры зон проникновения фильтрата бурового раствора в проницаемые части пластов и удельные электропроводности раствора, пластов и зон проникновения (рис. 1).

Для определения поправочного коэффициента $v_{изм}$ для перехода от значений электрического потенциала ПС на оси скважины напротив пласта-коллектора к истинной величине адсорбционного потенциала пласта разработана программа «*PALETKA_PS*» на основе данных, полученных программным обеспечением «*PS_C*».

Расчет поправки в программе «*PALETKA_PS*» построен на основе многомерной интерполяционной формулы Лагранжа заранее рассчитанных значений поправочного коэффициента $v_{изм}$ по заданной дискретной сетке значений физико-геометрических параметров скважины, пласта, зоны проникновения фильтрата бурового раствора и вмещающей среды.

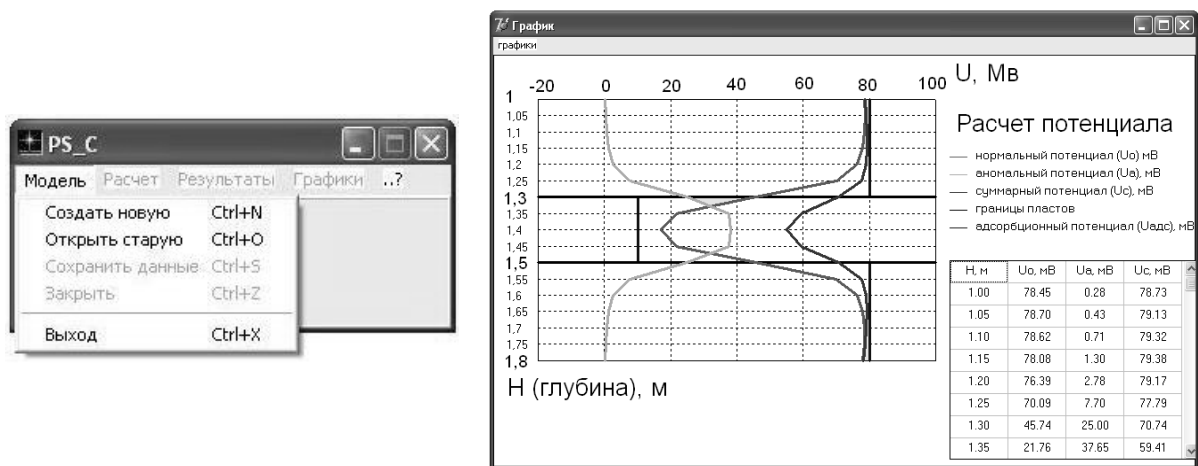


Рис. 1. Интерфейсы пакета программ «PS_C» и программы «GRAF.exe»

Используются величины следующих параметров, приведенные к диаметру скважины: h/d (мощность пласта), D/d (диаметр зоны проникновения ЗП), ρ_{BM1}/ρ_C (отношение удельного электрического сопротивления (УЭС) перекрывающих пород к УЭС бурового раствора), ρ_{Π}/ρ_C (отношение УЭС пласта к УЭС бурового раствора), ρ_{BM2}/ρ_C (отношение УЭС подстилающих пород к УЭС бурового раствора), $\rho_{ЗП}/\rho_C$ (отношение УЭС ЗП к УЭС бурового раствора), $U_{ПОД}/U_{ПЕР}$ (отношение потенциалов подстилающих и перекрывающих пород), $U_{\Pi}/U_{ПЕР}$ (отношение реального потенциала пласта и потенциала перекрывающих пород), которые являются узлами интерполяции, и значения поправки, которые и образуют интерполируемую функцию. Величины физико-геометрических параметров определяются по данным каротажа: сопротивление бурового раствора – по данным резистивиметрии; мощности и электрические сопротивления пластов – по данным электрического каротажа (методы КС, БКЗ, БК, ИК); диаметр скважины – по данным кавернометрии.

Программа определения поправочного коэффициента по каждому из совокупности введенных данных определяет значение параметра и выводит его в окне «Поправка», а также рассчитывает истинное значение адсорбционного потенциала пласта и выводит его в окне «Адсорбционный потенциал пласта» (рис. 2). К настоящему времени электронная палетка (т. е. база данных) сформирована на треть, что связано со значительными потребляемыми вычислительными ресурсами.

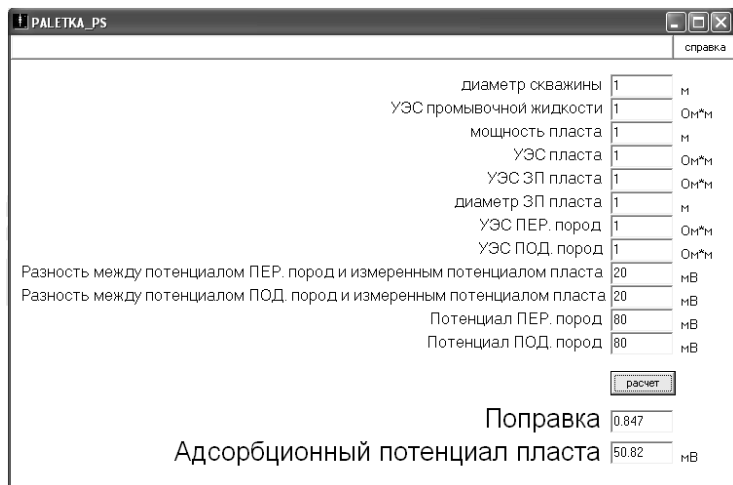


Рис. 2. Интерфейс пакета программ «PALETKA_PS»

Переход от величины адсорбционного потенциала пласта к величине коэффициента пористости для продуктивного пласта определяется на основе корреляционных связей, характерных для каждого типа месторождения углеводородов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов исследований разрезов скважин. Изд. 2-е. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 547 с.
2. Кузьмичев О. Б. Исследование электрических полей естественного происхождения в нефтегазоразведочных скважинах (теория, аппаратура, методика, скважинные испытания). – СПб.: Недра, 2006. – 252 с.
3. Журавлев В. П., Васильева Г. П. Моделирование каротажа ПС пластов конечной мощности // Прикладная геофизика. – М.: Недра, 1970. – Вып. 60. – С. 200-213.
4. Кормильцев В. В., Ратушняк А. Н. Основы теории спонтанной поляризации горных пород в нефтегазовых скважинах. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 134 с.

УДК 551.312

ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ЮВ₁¹ (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ВАТЬЁГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

КУЗНЕЦОВ М. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Ватьёганское месторождение нефти приурочено к одноимённому куполовидному поднятию, входит в число крупнейших нефтепромысловых объектов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Рассматриваемый продуктивный пласт ЮВ₁¹ принадлежит васюганской свите. Его мощность не превышает 8 м. Коллекторы в составе пласта нередко развиты в виде единичного песчаного слоя мощностью 1,5-5 м, реже 6-6,5 м. Встречаются также в виде нескольких песчаных прослоев (2-3) мощностью 1-3 м. По площади они характеризуются большой протяженностью и неоднородным распределением фильтрационно-емкостных свойств. Это в значительной степени влияет на неравномерное заполнение ловушек углеводородами и формированию залежей с крайне искривленной плоскостью ВНК. Песчаность в целом по пласту равна 0,9.

Вследствие общей невысокой разбуренности пласта границы залежей определены с некоторой условностью. Эту неопределенность можно попытаться преодолеть с помощью фациального анализа отложений, который в настоящее время широко применяется в нефтегазовой геологии как в период изучения территории, так и на этапе промышленного освоения залежей и месторождения. Генетический подход дает возможность формализовать свойства геологического пространства и выявить последовательность изменений. Фациальный анализ – один из основных направлений доразведки продуктивных пластов Ватьёганского месторождения, рекомендованный ТКЗ ХМАО и ГКЗ МПР РФ.

В данной статье проанализирован материал по пласту ЮВ₁¹ скважины № 5749 северной части Ватьёганского месторождения. Проводилось независимое определение фации по трем направлениям.

– *Определение фации по макроизучению керна.* По достаточно четким фотографиям распиленного керна устанавливались признаки (гранулометрический состав, сортированность, текстура, растительные остатки, парагенезы) и при помощи сводной таблицы диагностических признаков отложений проводилось определение фаций выделенных слоев (6 слоев) [1]. Установлено, что продуктивный слой относится к фации песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья (макрофация – отложений полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья; подгруппа – мелководно-бассейновая; группа фаций – бассейновая).

– *Определение фации по микроизучению шлифа.* В основе лежит метод использования гранулометрии песков для фациальных реконструкций. Он заключается в использовании двух коэффициентов – среднего размера Ma и коэффициента сортировки (стандартного отклонения) σ , рассчитанных по данным количественного распределения зерен по фракциям [3, 5]. На динамической диаграмме Л. Б. Рухина координаты точки двух коэффициентов (Ma и σ) попали в поле «эоловых песков, характеризующихся сравнительно высокими средними размерами и плохой сортировкой

песчаной части осадка». По результатам петрографического анализа, с использованием треугольной диаграммы В. Д. Шутова, это аркозовые песчаники.

– *Определение фации по диаграммам ГИС.* Для нефтегазовой геологии сегодня реальной является диагностика фаций на основе электрометрических моделей, построенных на результатах исследования керн. Электрометрические модели фаций представляют собой аномалии кривой ПС определенной формы, образованные рядом элементов (знак отклонения кривой ПС, кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии и т. д.). Каждый такой элемент выполняет ту же функцию, что и первоначальные признаки при установлении генезиса осадка по естественным обнажениям и керну скважин [4]. По диагностическим признакам, в пласте ЮВ₁¹ установлена фация устьевых баров (группа фаций – устьевых баров и пляжей; комплекс фаций – прибрежно-морской; обстановка осадконакопления – морская). По сводному каталогу реальных ПС-моделей фаций пласт ЮВ₁¹ ближе к трансгрессивной фации – вдольбереговых баров и прибрежных валов (группа фаций – вдольбереговых баров и барьерных островов) [2].

Сопоставив результаты, полученные при определении фаций по макроизучению керн, микроизучению шлифа, диаграммам ГИС, можно сделать вывод, что результаты фациального анализа по макроизучению керн и диаграммам ГИС близки, схожесть заключается в прибрежно-морском генезисе отложений. По третьему методу определения фации – микроскопическому изучению шлифа, полученные данные резко отличаются от вышеупомянутых. Возможно, это связано с тем, что метод Л. Б. Рухина устарел и не отвечает современным требованиям. Целесообразней использование метода С. М. Пассеги для определения способа переноса в водной среде.

Для более точного определения фации пласта ЮВ₁¹ северной части Ватьеганского месторождения необходимо проанализировать и сопоставить полученные данные соседних скважин, создать модель площадного распространения пласта ЮВ₁¹, что даст возможность выявить перспективность нефтеносности северной части залежи, которая на данный момент считается бесперспективной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
2. Ахияров А. В. Электрометрические образы фаций // Геофизика. – 2005. – № 6. – С. 30-32.
3. Мизенс Г. А. Изучение осадочных пород в прозрачных шлифах. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 53 с.
4. Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 259 с.
5. Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения (распределение, структуры, текстуры). – Л.: Недра, 1969. – 246 с.

УДК 552.11

К ВОПРОСУ О ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ (НА ПРИМЕРЕ СКВ. 2003 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. 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.

Отложения покурской и заполярной свит, вскрытые скважиной 2003, были опробованы для изучения геохимических особенностей. Анализы выполнены рентгеноспектральным методом

в центре исследования керна и пластовых флюидов г. Когалым. При этом было определено содержание ряда породообразующих и редких элементов: F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Ag, Sn, Nb, Ba, Au, Pb, La, Ce, U, Th. Особенности распределения указанной выборки элементов, а также их корреляционные связи, изучены с использованием компьютерной программы «Statistika-6.1».

В целом содержание перечисленных элементов в отложениях Большехетской впадины по скважине 2003 Пякяхинского месторождения выше кларкового в песчаниках (см. таблицу). Как видно из приведенных данных, концентрации Rb, K, Na, Ba, Zn, V, Cr, Ti, Fe, Mg, S, Zr в среднем превышает кларковой в 1,5-4 раза. Лишь Ce, Y, Ca содержатся на уровне кларка. В то же время, такие элементы, как Sc, Cu, Sr, Ni, Ag превышают кларк в песчаниках, до 20-30 раз, а золото еще больше.

Средние содержания некоторых породообразующих и малых элементов в нижнемеловых песчаниках Большехетской впадины и сопоставление их с кларковыми концентрациями (мас. %)

Элементы	Кларк*	Меловые песчаники	Элементы	Кларк*	Меловые песчаники	Элементы	Кларк*	Меловые песчаники
Sc	0,0001	0,002	Zn	0,0021	0,007	Cr	0,0035	0,007
Rb	0,0055	0,008	Ti	0,2	0,72	Y	0,004	0,003
Sr	0,002	0,035	Ni	0,0002	0,005	Ca	3,35	1,92
K	1,15	1,73	V	0,002	0,009	Ce	0,0092	0,008
Na	0,53	1,16	Fe	1,59	4,87	S	0,023	0,046
Ba	0,018	0,073	Mg	0,7	1,57	Au	$n 10^{-7}$	0,005
Cu	0,0001	0,003	Zr	0,022	0,042	Ag	$n 10^{-6}$	0,0001

Кларк* – кларковая концентрация в песчаниках

Статистическая обработка данных корреляционного анализа показала, что для нижнемеловых пород могут быть обособлены 6 групп элементов с сильными взаимными связями.

В первую группу входят такие элементы, как Rb, K, Na, Ba, Ce. Корреляционные связи между ними сильные. Коэффициенты корреляции (r) между парами Ba-Ce, K-Rb, K-Ba, Ba-Rb, Na-Ba, Na-K соответственно 0.89; 0.86; 0.80; 0.78; 0.70; 0.69. В то же время между Ce и Rb, Rb и Na корреляция несколько слабее ($r = 0.64, 0.57$).

Если концентраторами K и Na (отчасти также Rb) могут быть глинистые минералы, например, смешано-слоистые, состоящие из слоев гидрослюда и монтмориллонита [4], то для Ba место в них найти сложно. Кроме того, отсутствует корреляция упомянутых элементов с титаном, характерным для глинистых минералов. Более вероятными носителями указанной группы элементов являются полевые шпаты, особенно калиевые, в меньшей степени – кислые плагиоклазы, для которых присутствие бария и церия является обычным [6]. Можно предположить, что минералами-носителями указанных элементов являются также цеолиты типа клиноптилолита, особенности структуры которых позволяют объединить в одном минерале элементы с разными ионными размерами [4].

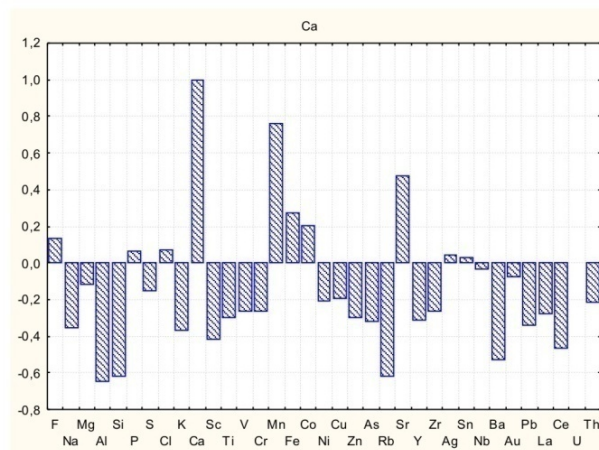
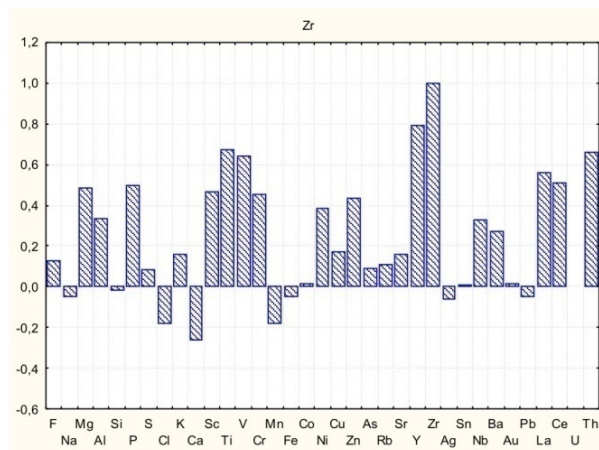
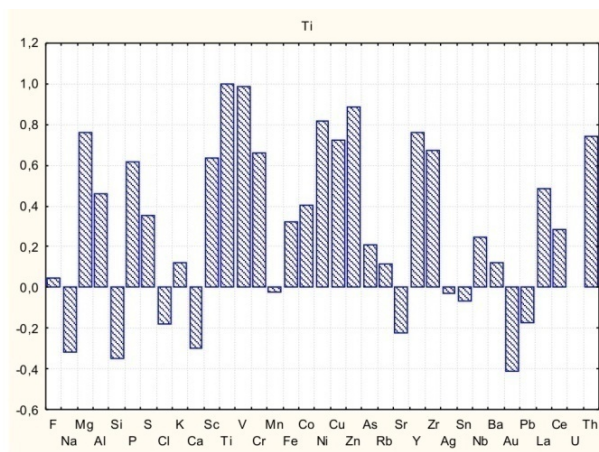
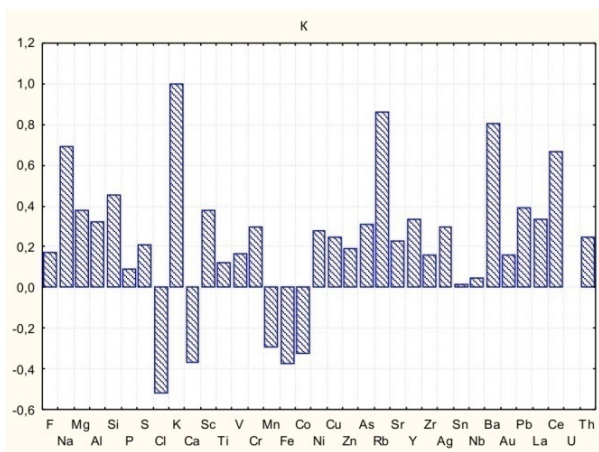
Для элементов второй группы (Cu, Zn, Ti, Ni, V, Mg, S, As), также как и для первой, характерно большое число значимых взаимных связей (рис). Для Ti характерна близкая к линейной связь с V ($r = 0.99$), что предполагает общего минерала-носителя. Минералами-носителями Ti и V (как и Mg) могут быть хлориты или пироксены [4], однако эти минералы вряд ли будут содержать существенное количество халькофильных элементов. Установлено, что титан и ванадий нередко входят в состав сульфидов (особенно пирита) [2]. Возможно, именно с этим связаны их корреляционные связи с халькофильными элементами. Отсутствие сильной связи между Ni и Cr исключает общего минерала-носителя. Достаточно сильные корреляционные связи Ni с Ti, Mg ($r = 0.82; 0.82$), является характерным для глинистых минералов [4]. В то же время среди нижнемеловых отложений наблюдается сильная корреляционная связь между Zn, Cu, как правило, свидетельствующая о группе сульфидов. Корреляция S (хотя и слабая) с As ($r=0.65$), Cu ($r=0.48$) и Zn ($r=0.45$) указывает, что

минералами-носителями могли быть арсенопирит, возможно, сфалерит, халькозин. В данном случае можно предположить, что эти сульфиды обогащены такими элементами, как Ti, Ni, V, Mg.

Третья группа элементов (Zr, Y, P, Th). В этой группе наблюдается сильная корреляция Zr-Y, P-Mg, P-Th (0.79; 0.76; 0.71), и относительно более низкие коэффициенты корреляции между Zr-Ti, Zr-Th, Zr-V, P-V, P-Ti, P-Co, P-Ni, соответственно 0.67; 0.66; 0.64; 0.63; 0.59; 0.59. Для циркония характерна сильная корреляционная связь с Y, что предполагает общего минерала-носителя (см. рисунок). Как правило, основными концентраторами этого элемента являются акцессорные минералы, в первую очередь, циркон. Скорее всего, с акцессорными минералами, в том числе апатитом, связаны и другие элементы этой группы.

Четвертая группа представлена только двумя элементами – Fe и Co, корреляция между которыми очень сильная ($r=0.95$) что, возможно, связано с корой выветривания ультраосновных пород, содержащих железо и обогащенных кобальтом [5]. Теоретически возможна связь кобальта и с сульфидами, но отсутствие корреляции с серой и другими халькофильными элементами делает этот вариант мало правдоподобным.

Небольшую группу составляют также Mn, Ca и Sr (см. рисунок), носителем которых, очевидно, является кальцит, обогащенный марганцем. Наличие корреляционной связи Ca с Mn ($r=0,76$) и достаточно схожие взаимоотношения с другими элементами говорят о едином минерале носителя.



Корреляционные связи K, Ti, Zr, Ca. По вертикальной оси показаны значения коэффициента корреляции

Группу элементов, которая характеризуется отсутствием заметных связей с другими компонентами, составляют Ag, Au, Pb. Данные элементы образуют собственные минералы [5].

Отрицательные корреляции элементов в рассмотренных группах указывают на их разную генетическую природу. Одни имели терригенный характер, другие, возможно, поступали из гидротермальных источников.

В результате анализа концентрации и корреляционных параметров малых элементов, содержащихся в нижнемеловых отложениях Пякхинского газоконденсатного месторождения, выявлены возможные минералы-носители, среди которых устанавливаются как породообразующие минералы (полевые шпаты и др.), так и новообразованные (кальцит, сульфиды) и акцессорные (циркон, апатит). Причем в составе сульфидов, возможно, присутствует гидротермальное вещество. На это указывает их сложный состав. Вероятно участие глинистых минералов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровиков В. П. Популярное введение в программу *Statistica*. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.
2. Дир У. А., Хауи Р. А., Зуслан Дж. Породообразующие минералы. Том 5. – М.: Мир, 1966. – 408 с.
3. Интерпретация геохимических данных / Е. В. Скляров и др.; – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
4. Мизенс Г. А., Ронкин Ю. Л., Лепихина О. П., Попова О. Ю. Редкие и редкоземельные элементы в девонских обломочных комплексах Магнитогорской мегазоны Южного Урала // Геохимия, 2006. – № 3. – С. 1-21.
5. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Минеральные индикаторы литогенеза. – Сыктывкар: Гео-принт, 2008. – 564 с.
6. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Элементы-примеси в черных сланцах. – Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. – 304 с.

УДК 523.438-35

РЕДКИЕ МИНЕРАЛЫ ОКТЯБРЬСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ТИТОВА М. В., МОЛОШАГ В. П.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Октябрьское медноколчеданное месторождение располагается в центральной части Маканского прогиба, осложняющего восточное крыло Маканской антиклинали. Породы, вмещающие рудные залежи, представлены осадочно-вулканогенными образованиями верхнесилурийского возраста, прорванными серией даек и субвулканических тел различного состава.

Вулканогенные породы претерпели разнообразные по масштабам и характеру метаморфические и метасоматические изменения, среди которых выделяется два главнейших типа:

– низкотемпературный региональный метаморфизм с развитием альбита, хлорита, эпидота, актинолита, пумпеллиита;

– околотрещинный и околорудный метасоматоз, связанный с колчеданным оруденением, в результате которого породы вблизи рудных тел превращены в серицито-кварцевые, серециито-хлорито – кварцевые и кварцево-серицито – хлоритовые породы, иногда содержат карбонат в виде барита (определен с помощью рентгеноструктурного анализа) и пирит;

основные залежи месторождения первая и вторая толщии локализуются в андезитовой толще. Залегают они на глубинах от 40 до 365 м [4, с. 38].

Основная задача работы – выявление редких минералов в рудах Октябрьского месторождения и определение физико-химических условий образования золота и сфалерита.

Для обнаружения редких минералов в рудах использовался оптический микроскоп. В исследованных образцах были выявлены следующие минералы: моусонит, станноидит, золото, гессит, германит, пумпеллиит и дигенит.

Определен химический состав самородного золота и сфалерита с помощью локального микрорентгеноспектрального анализа (табл. 1-2). Используемый прибор *SX 100 Cameca*.

Таблица 1

Химический состав самородного золота Октябрьского месторождения (масс, %)

№	Ag	Hg	Cu	Au	Сумма	Образец	Ag/(Ag+Au)
1	30,84	0,03	0,04	69,3	100,2	Б-014	0,4483
	28,1	0	0	71,08	99,18		0,4192
	27,99	0	0,04	71,83	99,87		0,4157
	28,98	0,01	0,05	71	100		0,4270
2	28,34	0	0	71,69	100	Б-013	0,4192
	30,24	0	0,03	70,32	100,6		0,4399
	18,96	0,14	0	79,81	98,91		0,3025
	19,67	0,1	0	80,3	100,1		0,309053
	19,1	0,09	0	79,62	98,8		0,3046
	19,36	0,1	0,02	79,97	99,44		0,3065
	27,33	0	0,06	73,27	100,7		0,4052

Таблица 2

Химический состав сфалерита (масс, %)

№	S	Mn	Zn	Cu	Fe	Hg	Cd	Сумма	Образец
1	33,02	0,01	65,47	0,09	0,13	0,02	0,32	99,13	Б-013
	33,16	0,02	66,93	0,1	0,17	0	0,31	100,72	
	33,34	0	66,52	0,03	0,16	0	0,26	100,38	
	32,88	0	66,47	0,11	0,12	0,08	0,25	99,96	
	33,24	0,03	65,96	0,18	0,13	0,03	0,24	99,96	
	33,02	0,01	66,38	0,16	0,17	0	0,29	100,02	
	32,95	0	67,11	0,18	0,12	0	0,19	100,6	
2	33,26	0,01	66,05	0,07	0,71	0,08	0,22	100,45	Б-014
	33,66	0,02	66,75	0,11	0,16	0,1	0,24	101,05	
	33,26	0,03	66,85	0,09	0,16	0,01	0,33	100,76	
	33,13	0,03	66,64	0,12	0,17	0,03	0,3	100,44	

Условия образования руд определялись с учетом экспериментальных исследований. Для оценки температуры использовался электрум-сфалеритовый геотермометр [7, с. 1415-1424].

Показания термометра рассчитывались, исходя из железистости сфалерита $X_{FeS} = FeS / (ZnS + FeS)$ и относительного атомного количества серебра в самородном золоте $NAg = Ag / (Au + Ag)$.

Определение температуры и летучести серы в период образования сосуществующих сфалерита и самородного золота вычисляли по формулам

$$T, \text{ } ^\circ\text{K} = \{28765 + 22600(1 - NAg)^2 - 6400(1 - NAg)^3\} / \{49,008 - 9,152 \log X_{FeS} + 18,2961 \log NAg + 5,5(1 - NAg)^2\},$$

$$\log f_{S_2} = 14,32 - 15,460/T - 2 \log X_{FeS} \quad [7, \text{ с. } 1415-1424].$$

Температуры образования 180-370 °С при значении летучести $S=0,003$ [1, с. 28-40].

Для определения условий кристаллизации руд Октябрьского месторождения использовалась диаграмма $T - \log f_{S_2}$ [5, с. 227-248].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молошаг В. П. Использование состава минералов для оценки физико-химических условий образования колчеданных руд Урала // Литосфера, 2009, № 2. С. 28-40.
2. Молошаг В. П., Викентьев И. В., Новые данные германий-оловянной минерализации колчеданным месторождений Урала // Ежегодник-2008, Труды ИГГ УрО РАН, 2009, вып 156. С. 100-102.
3. Новгородова М. И., Шепелев В. М., Цепин А. И. Золотосодержащие минеральные ассоциации в медноколчеданных месторождениях Южного Урала // Геология рудных месторождений. 1977. Т. 19. № 2. С. 63-76.
4. Прокин В. А. Отчет о деятельности разведке Первой и Второй залежей Октябрьского медноколчеданного месторождения на Южном Урале в 1968-70 гг. Том 1. Г. Уфа, 1970, 376 с.
5. Lusk J., Bray D.M. Phase relat. and fS_2 selected reactions in Cu-Fe-S and Fe-S systems at 1 bar, 185-460 C // Chem. Geol. 2002. 192. P. 227-248.
6. Pak S.J., Barton P. B. and Toulmin P, Systematic mineralogy and chemistry of Au-Ag vein deposits in the Taebaeksan district, Korea // Min. Mag. 2004. P 479-481.
7. Shikazono N. A comparison of temperatures estimated from the electrum – sphalerite – pyrite – argentite assemblage and filling temperatures of fluid implications from epithermal Au-Ag vein –type deposits in Japan // Econ. Geol. 1985. V. 80. N 5. P. 1415-1424.

550.837 (075.8)

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТОДОМ ЗАРЯДА НА КОТЛИНСКО-ЛУЦОУЛЬИНСКОМ УЧАСТКЕ

КОРОБЕЙНИКОВ А. Ю.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На Котлинско-Луцоульинском участке, что в семидесяти километрах севернее пос. Полуночное, была проведена геофизическая съемка методом заряда, в результате чего был отснят планшет 2,66×2,1 км. Съемку проводила организация ООО «Геофизик» путем наблюдения градиента потенциала геофизической аппаратурой, в состав которой входит измеритель ЭИН-209М и генератор ГЭР-2. Заряд был опущен на глубину 200 м в низкоомную зону (по данным КС) в поисковую скважину 77 ПК 155 на профиле 42. По данным измерения градиента потенциала ΔU был построен план изолиний потенциала U (рис. 1, а).

В геологическом отношении участок разделен на три зоны: западную, центральную и восточную (рис. 1, б). Западная зона сложена альбит-кварц-хлорит-эпидотовыми сланцами, предположительно вулканогенно-осадочными. Центральная зона представлена сланцами хлоритовыми, актинолит-хлоритовыми, апобазальтовыми, восточная зона – пироксенитами, дунитами, верлитами, габбро. По геологическим данным падение пород восточное с углом от 60 до 85 град. Все зоны тектонически нарушены. На юге с запада на восток протекает река Луцоуль.

На плане измеренного потенциала наблюдается эллиптичность изолиний, вытянутых по простиранию рассланцованности вследствие влияния анизотропии (рис. 1, а, б). По расчетам коэффициент анизотропии $\lambda = 2,42$, анизотропия в плоскости слоистости – $\lambda_1 = 1,58$, с западным падением $\alpha = 44^\circ$ и северным скатыванием $\beta = 35^\circ$. Также наблюдается вытягивание внешних изолиний на восток вследствие влияния центральной и восточной зоны, вероятно сложенных более проводящими породами.

На плане изолиний аномального потенциала, рассчитанного статистическим способом (с предварительно введенной в значения измеренного потенциала поправкой за анизотропию), в районе заряда наблюдается вытянутая в северо-западном направлении положительная аномалия (рис. 1, в). Западнее наблюдается локальная отрицательная аномалия. Восточнее положительной аномалии значения U_a ведут себя спокойно.

По данным измеренного потенциала был рассчитан локальный потенциал, на котором выделяется вытянутый положительный максимум и два отрицательных минимума, расположенных по флангам (рис. 2, а). Этот вид обработки не представляет какого-либо интереса для данного участка, так как он практически совпадает с рассчитанным локальным потенциалом для однородного анизотропного пространства (рис. 2, б).

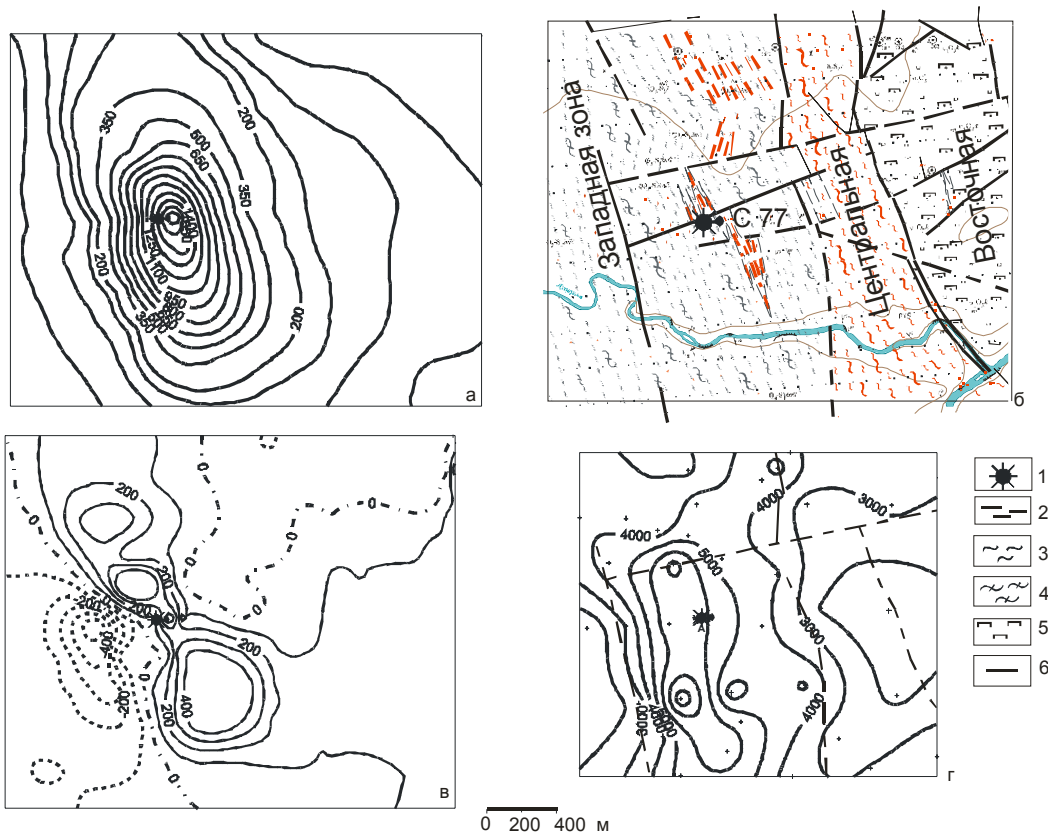


Рис. 1. Результаты работ на Котлинско-Луцоульинском участке:
 а – план измеренного потенциала; б – геологическая карта; в – план аномального потенциала; г – план кажущегося сопротивления; 1 – проекция заряда; 2 – рассланцевание; 3 – сланцы хлоритовые; 4 – сланцы аб-q-s-l-ер полосчатые; 5 – пироксениты; 6 – граница тектоническая

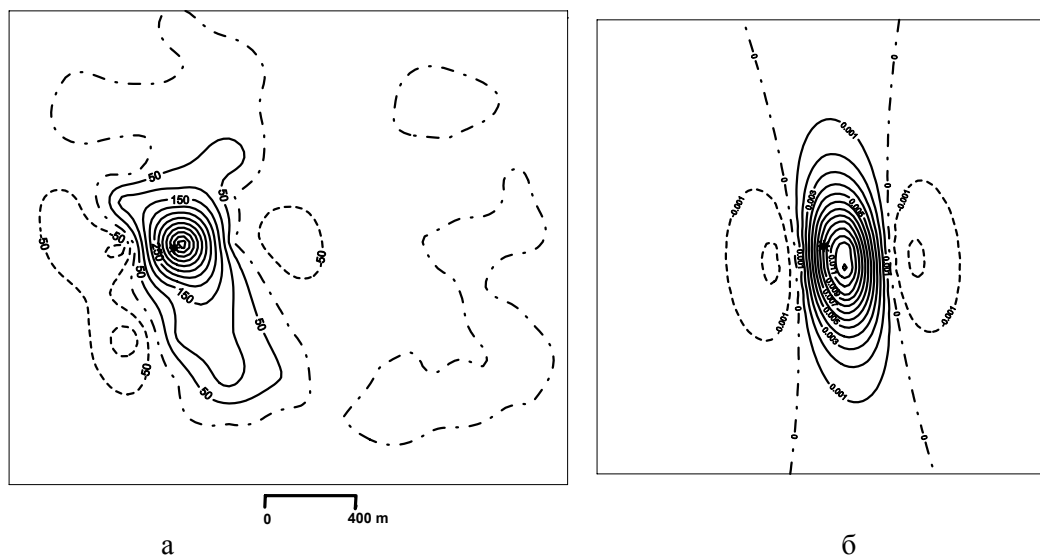


Рис. 2. Локальный потенциал:
 а – план локального потенциала на Котлинско-Луцоульинском участке; б – локальный потенциал, рассчитанный для однородного анизотропного пространства

На плане изолиний кажущегося сопротивления (рассчитанного с поправкой за анизотропию) в районе заряженной скважины наблюдается вытянутая в северо-западном направлении зона высоких значений ρ_k (рис. 1, г). На севере она срезается субширотным тектоническим нарушением. Западнее значения ρ_k резко понижаются при переходе через тектоническое нарушение. К востоку ρ_k плавно

снижается. По сближенным изоомам с отметками 4000 и 3000 отмечается субмеридиональное тектоническое нарушение, разделяющее западную и центральную зоны. Восточнее этого нарушения относительно пониженные значения ρ_k ведут себя спокойно.

В приведенном примере план изолиний ρ_k лучше отражает геологическое строение участка, чем другие способы обработки результатов метода заряда.

Для расчета кажущегося сопротивления через градиент по направлению поля по результатам измерения потенциала по профилям нами предложен алгоритм, по которому может быть создана компьютерная программа.

1. Для некоторой выбранной точки наблюдения M отыскиваются ближайшие определенные точки N (рис. 3).

2. Высчитываются 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.

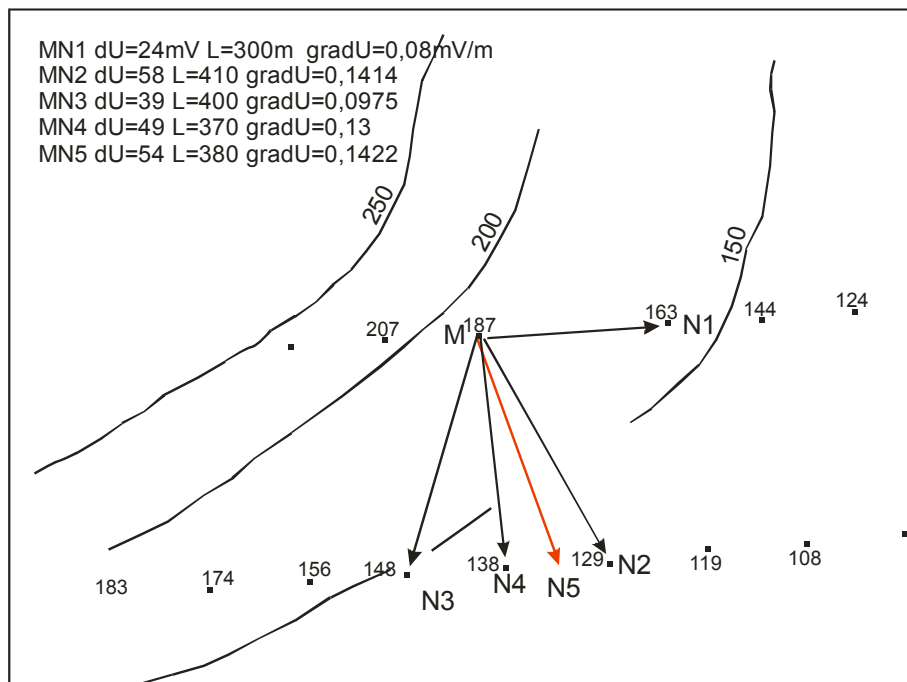


Рис. 3. Пример алгоритма программы на фрагменте заряда

Такая программа позволит снять трудоемкие процедуры, связанные с вычислением кажущегося сопротивления, сделает равномерной сеть расчетных точек и повысит точность определения ρ_k .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кормильцев В. В., Семенов В. Д. Электроразведка методом заряда. – М.: Недра, 1987. – 218 с.
2. Семенов М. В., Сапожников В. М., Авдевич М. М., Голиков Ю. В. Электроразведка рудных полей методом заряда. – М.: Недра, 1984. – 180 с.
3. Коробейников А. Ю. Представление результатов измерений потенциала методом заряда в виде планов изолиний кажущегося сопротивления. – Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – С. 89-91.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И ТИПА ХРОМИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ КЛЮЧЕВСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

ЧЕРНЕЦКАЯ М. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время одной из существенных проблем металлургического комплекса России является слабая обеспеченность отечественным хромитовым сырьем и, следовательно, большой объем импорта из-за рубежа. Чтобы изменить ситуацию, в последние годы проводится большой объем работ по ревизии хромитоносных ультраосновных комплексов. Однако эти работы сталкиваются с большой трудностью – слабой разработанностью прогнозно-поискового комплекса на хромитовое оруденение. Многочисленными работами предшественников показано, что в альпинотипных массивах присутствуют несколько генетических групп хромитовых руд.

Задачей наших исследований стала характеристика состава и типа хромитового оруденения Ключевского массива (Средний Урал) на основании своих и заимствованных данных (рис. 1, рис. 2).

В плане массив вытянут в меридиональном направлении на 25 км и имеет острое северное и тупое южное окончание. В объеме массив имеет каплеобразную форму. Ключевской массив состоит из четырех структурно-вещественных комплексов: 1) дунит-гарцбургитового; 2) дунит-верлит-клинопироксенитового (ДВК) 3) габбрового и 4) жильного; хромитоносными являются только первые два.

Дунит-гарцбургитовый комплекс, наиболее древний, слагает северную и центральную часть массива и представлен в основном апогарцбургитовыми и аподунитовыми серпентинитами с участками менее серпентинизированных разностей. Как показывают ранее проведенные работы и наши наблюдения, в данном комплексе присутствуют жило- и линзообразные тела массивных хромитовых руд глиноземистого состава. Вмещающими породами практически повсеместно являются гарцбургиты и редко – дуниты. Отдельные рудные тела группируются в протяженные субпараллельные рудные зоны меридионального простирания, приуроченные



Рис. 1 Схема геологического строения Ключевского офиолитового массива. Составлена по материалам В.П.Олерского, Е.В. Стороженко, Л.Д.Булькина, С.А.Щербакова.

1 – силурийские осадочно-вулканогенные комплексы; 2 – ордовикские метаморфизованные отложения; 3 – габбро, габбро-диабазы; 4 – дунит-верлит-клинопироксенитовый комплекс: клинопироксениты, верлиты, дуниты нерасчленённые; 5 – верлит-дунитовый комплекс: дуниты; 6 – дунит-гарцбургитовый комплекс: гарцбургиты истощённые со шпиро-полосчатыми выделениями дунитов; 7 – 8 – гарцбургитовый комплекс: 7 – гарцбургиты неистощённые; 8 – гарцбургиты неистощённые с сетью линейных и неправильных жилоподобных выделений и отдельными линзовидными телами дунитов; 9 – серпентиниты по ультрабазитам неуставленной природы; 10 – серпентин-хлоритовые, тальк-карбонатные, кварцево-тальк-карбонатные породы, талькиты; 11 – геологические границы (а), границы ультраосновных пород и их парагенераций (б); 12 – надвиги (а), тектонические разрывы (б); 13 – месторождения (а), рудопроявления (б) и пункты минерализации нерасчленённые (в).

к зонам разломов. Контакт с породами дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса тектонический.

ДВК комплекс распространен в южной и юго-западной частях массива. В основании комплекса залегают деформированные дуниты, приуроченные к юго-восточному углу массива. Дуниты часто подвергнутые интенсивному будинажу, оталькованию и карбонатизации. Геологический переход к пироксенитам осуществляется через дунит-верлитовую зону переслаивания, мощностью от первых десятков до сотен метров. В начале этой зоны заметно преобладают дуниты, среди которых отмечаются отдельные тела верлитов субвертикального падения, мощностью до первых метров. Иногда можно наблюдать тонкое переслаивание дунитов и верлитов, когда мощность отдельных слоев не превышает первых сантиметров. Постепенно вверх по разрезу количество верлитов нарастает, они становятся доминирующими и переходят в однородные тела крупнозернистых оливинных клинопироксенитов. Верлиты переходной зоны характеризуются плавным изменением структуры пород. В начале разреза в породах существенно преобладает оливин (60%), который образует идиоморфные зерна, сцементированные ксеноморфным клинопироксеном. Постепенно количественные соотношения оливина и клинопироксена меняются на противоположные ($Cr_x > 60\%$), и теперь уже клинопироксен становится более идиоморфным по сравнению с оливинном. Переходная зона характеризуется постепенным увеличением железистости пород вверх по разрезу от 0,09 до 0,13. Кальциевые гипербазиты часто подвержены интенсивной тремолитизации и антигоритизации. Петрографической особенностью дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса Ключевского массива является полное отсутствие ортопироксена, типоморфного минерала для большинства краевых комплексов офиолитов. Для дунитов характерны полосчатые текстуры, обусловленные неравномерной вкрапленностью хромшпинелида, мелкие зерна которого группируются вдоль параллельных плоскостей в тонкие полоски или цепочки. Ориентировка деформационных структур в породах дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса дискордантна по отношению к структурам дунит-гарцбургитового комплекса, что свидетельствует о тектонической природе их контакта.

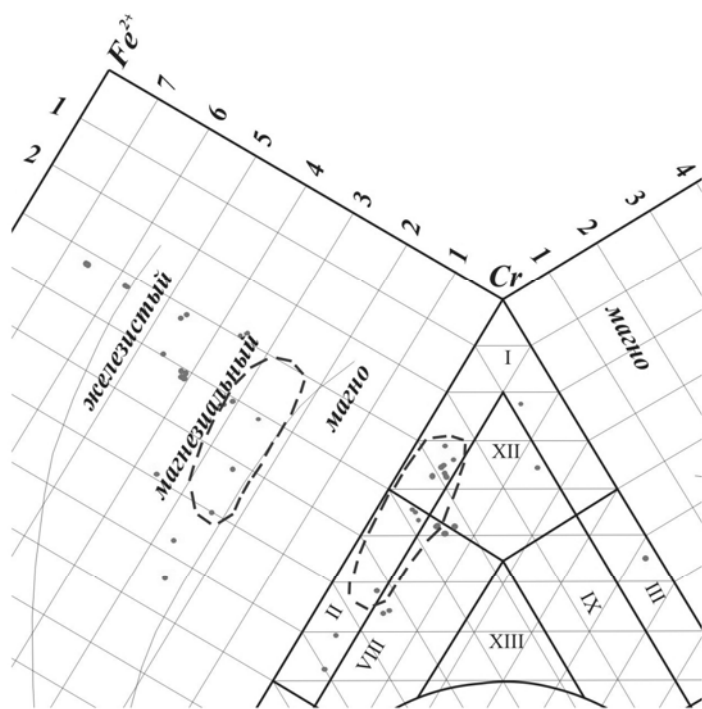


Рис. 2 Состав хромшпинелидов Ключевского массива на диаграмме Н.В. Павлова.

— Литературные данные
 • Свои данные

Габбровый комплекс развит преимущественно в западной части Ключевского массива и представлен вытянутыми в меридиональном направлении телами сильно деформированных полосчатых габброидов. Высокая известковистость и магнезиальность пород свидетельствует, что изначально породы были представлены оливинными и диопсидовыми габброидами переменной меланократовости. Фрагменты полосчатых структур хорошо устанавливаются в обнажениях по р. Ключик. Габброиды практически полностью соссюритизированы. Недалеко от слияния рр. Ключик и Исети встречены выходы амфибол-клинопироксеновых габброидов с реликтами лабрадорного плагиоклаза, химический состав которых характеризуется высоким содержанием титана (около 1% TiO_2) и щелочей. По нормативному составу эти породы соответствуют габбро-норитам. В настоящий момент приходится считать, что ультрамафиты и габброиды

формировались независимо друг от друга и, возможно, являются производными разных первичных магм. Это заключение находит косвенное подтверждение и в отсутствии переслаивания габброидов и пироксенитов, как это обычно описывается в классических офиолитовых комплексах.

Габброиды жильного комплекса представлены многочисленными дайками мелкозернистых амфибол-пироксеновых габбро, габбро-диабазов и др., секущих все перечисленные выше породы. Жилы таких мелкозернистых габбро широко распространены в районе хромитовых месторождений Первомайско-Ревдинской группы, где они секут вмещающие дуниты и хромититы. От описанных выше габброидов они отличаются нормальной железистостью ($f = 0,46$) и умеренным содержанием окиси титана, около 1 %.

Нами были отобраны образцы и проведен ряд анализов на микрозондовом анализаторе Cameca (лаборатория ГЕОХИ, аналитик Н. Н. Кононкова). По полученным и обработанным результатам анализов можно сделать следующие выводы. На диаграмме Павлова видно, что руды дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса вкрапленные и редковкрапленные, высокохромистые магнезиальные. Руды дунит-гарцбургитового комплекса массивные, преимущественно густовкрапленные, высокохромистые железистые. Наблюдается метаморфизм, местами достаточно интенсивный. Массив считаем малоперспективным на обнаружение крупных скоплений хромитового сырья, но в ситуации крайней необходимости вероятно открытие ряда мелких рудных тел.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 09-05-12035-офи_м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пушкарев Е. В. Ключевской офиолитовый массив на Среднем Урале // Материалы международной научной конференции. Екатеринбург, 2006. XII Чтения памяти А. Н. Заварицкого 30 мая – 2 июня 2006 г. – С. 334-345.
2. Реестр хромитопроявлений в альпинотипных ультрабазах Урала. Под редакцией Б. В. Перевозчикова. – Пермь: МПР РФ, 2000. – 474 с.
3. Симонов В. А., Смирнов В. Н., Иванов К. С., Ковязин С. В. Расплавные включения в хромшпинелидах расслоенной части Ключевского габбро-гипербазитового массива // Литосфера. – № 2. – 2008. – С. 101-115.
4. Шарыпов А. С. О геологической структуре дунитов Ключевского массива // тез. Докладов 2 Уральского петрографического совещания. – Свердловск: УФАН СССР, 1996. – Т. 2. – С. 24-25.
5. Щербаков С. А. Пластические деформации ультрабазитов офиолитовой ассоциации Урала. – М.: Наука, 1990. – 120 с.

УДК 552.5

СЛЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДРЕВНИХ ОРГАНИЗМОВ И ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

БАДЕРТДИНОВ В. Э., САПУРИН С. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Фациальный анализ предусматривает изучение характера напластования осадочных пород, их структурные и текстурные особенности, а также содержащиеся в них органические остатки. В то же время часто упускается из виду (или только упоминается) еще одна составляющая горной породы – следы жизнедеятельности древних организмов (всю их совокупность часто объединяют под словом ихноценоз, а слой, для которого они характерны, называют ихнотопом [2]), позволяющие уточнить характер обстановок осадконакопления, особенно при отсутствии скелетных остатков. Так, они могут говорить, например, о глубине бассейна, насыщенности придонных вод кислородом, содержании органического вещества в осадке, скорости осадконакопления, наличии и длительности перерывов.

Термин «следы жизнедеятельности» объединяет все текстурные элементы, сформированные живыми организмами в былом осадке. В то же время под словом «след» обычно подразумевается позитивный отпечаток, оставленный организмом на верхней поверхности пласта или различные ходы внутри пласта. Перекрывающий осадок заполняет следы, и, после затвердевания, на нижней

поверхности вышележащего пласта сохраняются слепки по упомянутым следам – негативы [1]. Во многих случаях осадок (порода) испещрен ходами до такой степени, что седиментационные текстуры практически не сохранились. Такое явление носит название «биотурбация» [2].

Изучая особенности следов и их слепков, ихнологи пытаются определить, живыми организмами каких систематических групп они оставлены. При этом оказывается, что наиболее распространенными являются следы беспозвоночных животных – различных червей (плоских, кольчатых), моллюсков (брюхоногих, двустворчатых), членистоногих (в основном ракообразных). В систематике ихнофоссилий обычно используют бинарную номенклатуру (род + вид), как и для собственно организмов, но все же такая их классификация достаточно условна и стоит особняком.

Живые организмы могут обитать как на поверхности (эпифауна), так и внутри осадка (инфауна). В последнем случае их ходы бывают заполнены материалом этого же слоя или материалом соседнего слоя [1]. По классификации А. Зейлахера, учитывающей характер жизнедеятельности организмов, различают следующие группы следов [3]: жилые ямки, ямки кормушек, следы питания, следы ползания, следы отдыха. Жилые ямки представляют собой постоянные убежища животных. Они имеют вид прямых трубчатых полостей в осадке или туннелей U-образной формы. Ямки кормушек – следы поисков корма организмом, служившие ему одновременно и в качестве убежища. Следы питания образуются животными, определенным способом перерабатывающими осадок. Эти следы имеют вид ложбинок или туннелей, образующих меандровидные, спиральные и прочие сравнительно правильные геометрические узоры и не перекрещиваются друг с другом. Следы ползания представляют собой ложбинки или каналы, образованные во время перемещения животного. Они имеют вид линейно удлинённых ложбинок, валиков или туннелей, идущих в различные стороны и без определенного плана. Следы этого типа часто перекрещиваются друг с другом. Следы отдыха повторяют конфигурацию животного и занимают определенную позицию по отношению к течению.

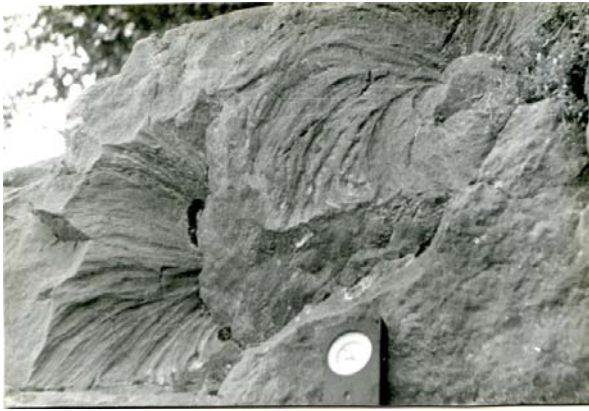
А. Зейлахер [4] также подразделяет следы на 6 комплексов в зависимости от условий обитания: 1) континентальный комплекс, 2) комплекс верхней части литоральной зоны, 3) комплекс нижней части литоральной зоны, 4) комплекс между линией отлива и базисом действия волн, 5) комплекс от базиса действия волн до зоны осадков суспензионных потоков, 6) комплекс больших глубин в зоне отложения суспензионных потоков. Приведенный диапазон распространения комплексов, однако, имеет только ориентировочное значение, так как тип организмов, оставивших следы, зависит не только от глубины бассейна, но и от энергии среды.

Ходы илоедов широко развиты и в палеозойских отложениях Урала. В качестве примера таких образований можно упоминать отдельные элементы ихноценозов из верхнепалеозойских осадочных толщ (коллекция Г. А. Мизенса). В их составе могут быть выделены следы питания, следы ползания, следы бегства и др.

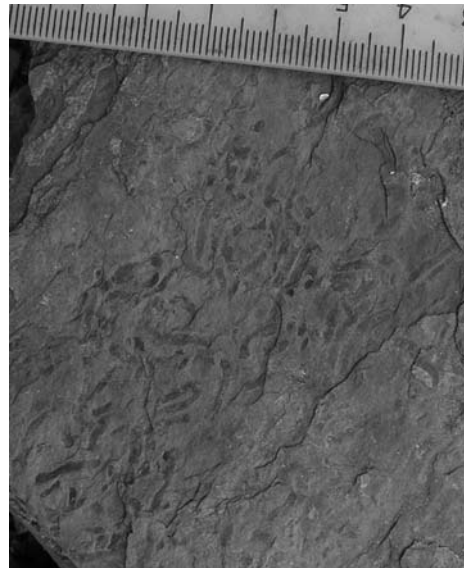
Следы питания встречаются довольно часто. На фото 1 (Предуральский прогиб, р. Щугор, нижняя пермь) изображены следы *Zoophycos*, относящиеся по классификации А. Зейлахера к ямкам кормушек. Это закрученные в одну сторону дугообразные туннели в песчаной породе, исходящие из одного центра, что говорит о том, что здесь организм укрывался и в то же время искал корм. На фото 2 (восточный склон Среднего Урала, бассейн р. Нейва, нижний карбон) – извилистые лентовидные непересекающиеся ходы очень тонких (около 2 мм) илоедов, представляющие собой ложбинки на верхней поверхности пласта мергеля.

Слепки **следов ползания** крупных (не менее 8 см в диаметре) организмов (фото 3) сохранились на нижней поверхности слоя известняка (восточный склон Среднего Урала, р. Багаряк, средний карбон). На фото 4 (Предуральский прогиб, бассейн р. Сылва, нижняя пермь) также представлены слепки следов ползания на нижней поверхности слоя песчаника. На поверхности этих следов наблюдается своеобразный орнамент в виде елочек, свидетельствующий о прерывистом продвижении организма. Видно также, что животные по мере осадения перекрывающего осадка уходили вверх. Такие ходы могут свободно пересекаться между собой. На фото 5 (верхний девон – нижний карбон, юго-запад Западной Сибири) хорошо различимы ходы внутри слоя, заполненные материалом перекрывающего слоя, что указывает на большие скорости осадконакопления, так как нижний слой ещё не успел уплотниться до того как образовался верхний.

Следы бегства (фото 6), образовавшиеся вследствие быстрого осадения большого объема материала (штормовая седиментация), заставившего организм быстро продвигаться к поверхности осадка. Верхний девон – нижний карбон, юго-запад Западной Сибири.



Φοτο 1



Φοτο 2



Φοτο 3



Φοτο 4



Φοτο 5



Φοτο 6

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градзинский Р., Костецкая А., Радомский А., Унруг Р. Седиментология. – М.: Недра, 1980. – 640 с.
2. Следы жизнедеятельности древних организмов. – М.: Наука, 1993. – 125 с.
3. *Seilacher A., 1953. Studien zur Palichnologie. I. Über die Methoden der Palichnologie. Neues Jbh. Geol. Paläont. Abh.* 96: 421-452.
4. *Seilacher A., 1967. Bathymetry of trace fossils. Marine Geol.,* 5: 413-426.

УДК 953.98

КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ, ПРИНЯТЫЕ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

ЛЕВАЯ А. В., ФОМИН Ю. О.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Роль классификации в науке вообще и в геологии в частности имеет высокое значение. Наличие удобной, точной, емкой классификации упрощает и качественно улучшает процесс обмена информацией во всех сферах деятельности. Классификация - это логическая операция и результат распределения предметов исследования по классам, связанным в систему и различающимся по выбранным признакам.

Стоит заметить, что основным недостатком большинства существующих классификаций ловушек является стремление к всеохватности, универсальности; при этом делаются попытки предусмотреть все возможные сочетания морфологии объектов и их генезиса, что в принципе невозможно в рамках единой классификации. При таком подходе в классификацию неизбежно включаются надуманные ситуации, не встреченные до сих пор в природе. Число типов и подтипов классифицируемых объектов достигает нескольких десятков, что весьма затрудняет практическое использование такой классификации. Кроме того, в большинстве случаев существующие классификации абстрагированы от конкретных методов исследований, от их возможностей и ограничений, в то время как «любая классификация, в том числе классификация природных резервуаров, должна иметь четко выраженное целевое назначение и область применения при решении теоретических и практических вопросов» [1].

Проанализировав наиболее распространенные определения ловушек углеводородов, можно сказать, что это часть объема резервуара (или весь резервуар), характеризующаяся соотношением структуры (формы) и качества слабопроницаемых (или практически непроницаемых) экранов (флюидоупоров), величинами и направлениями перепада флюидоупоров, обеспечивающим улавливание и удержание поступающих в резервуар углеводородов.

Первая наиболее полная классификация залежей нефти и газа Западной Сибири выполнена Ф. Г. Гурари с соавторами (1971 г.). Примерно в то же время в докторской диссертации Ю. Н. Карогодина (1972 г.) и последовавшей за ней монографии (1974 г.) приводится принципиальная схема морфологических классификаций залежей нефти и газа Западной Сибири (табл. 1).

Рассмотрев данные классификации, мы пришли к выводу, что наиболее полно типы ловушек описаны Ю. Н. Карогодиным. Он выделил пластовые, массивные, неправильные, разделив их по генезису на 7 типов. Структурные, стратиграфические и литологические составляют единую группу моногенетических ловушек – образующихся в силу какой-либо одной причины. В каждом типе ловушек и резервуаров можно выделить подтипы и классы.

Особое внимание следует уделить ловушкам неструктурного класса, так как значительная часть открытых скоплений УВ связана именно с ними. Известно, что образование залежей нефти и газа в объектах неантиклинального типа, в так называемых ловушках сложного экранирования, является универсальным процессом, протекающим в течение всего периода развития осадочных бассейнов. В настоящее время большинство разрабатываемых месторождений (Мексика, Канада, США, Западная Сибирь) образованы залежами нефти и газа в сложно экранированных ловушках (СЭЛ), период активного поиска этого типа ловушек в Центральном и Восточном Предкавказье уже давно наступил.

Принципиальная схема классификаций залежей нефти и газа [2]

Тип	Подтип	Структурные			Стратиграфические		Литологические		Структурно-стратиграфические	Структурно-литологические	Структурно-литостратиграфические
		Сводовые	Тектонически экранированные	Придиопирировые	Экранированные несогласием сверху	Экранированные несогласием сверху и снизу	Выклинивающиеся	Ограниченные со всех сторон			
Пластовые	Однопластовые										
	Многопластовые										
Массивные	В однородной или неоднородной толще без выдержанных										
	Многопластовые										
Неправильные	Рукавообразные										
	Гнездообразные										
	Линзообразные										

Типы и подтипы залежей: 1 – часто встречающиеся, 2 – редко встречающиеся, 3 – не выявленные, но известные в провинциях, 4 – теоретически возможные, но неизвестные автору, 5 – неизвестные автору и теоретически маловероятные

За границей проблему классификации СЭЛ изучали А. Леворсен [3], Р. Мартин, С. Д. Пирсон, У. Л. Рассел и др. Ниже приведена структурно-стратиграфическая классификация нефтяных и газовых залежей (У. Л. Рассел) (табл. 2).

Зарубежные классификации ловушек наглядно отражают смешение различных понятий в нефтегеологической литературе. Одни авторы (Вильсон, Хилд) приравнивают ловушки к природным резервуарам, другие (Клапп, Вилхелм) рассматривают собственно ловушки для залежей нефти и газа наравне со структурными элементами, контролирующими нефтяные и газовые месторождения.

Структурно-стратиграфическая классификация нефтяных и газовых залежей [4]

Тип	Подтип
1. Чисто структурные (тектонические) ловушки	а) замкнутые антиклинали или купола
	б) замкнутые антиклинали с дизъюнктивными нарушениями
	в) экранированные дизъюнктивными нарушениями
	г) антиклинали на опущенных крыльях сбросов
2. Частично структурные (тектонические), частично стратиграфические ловушки	а) замкнутые антиклинали, в которых резервуар (коллектор) распространен лишь на части замкнутой площади.
	б) антиклинали с резервуаром, структурно не замкнутым, но ограниченным вверх по восстанию вследствие литологических изменений.
	в) «лысые» (« <i>bald-headed</i> ») купола.
	г) скопления в резервуарах, срезанных (экранированных) несогласиями.
	д) ловушки, связанные с погребенными возвышенностями и уплотнением осадков (имеются ввиду неровности подземного рельефа, возникающие при неравномерном уплотнении и уменьшении объема пород разного типа)
	е) залежи нефти, запечатанные вверх по восстанию асфальтом
	ж) линзообразные залежи и залежи в виде широких полос на гомоклиналях
	з) залежи нефти в синклиналях
3. Чисто стратиграфические ловушки	а) песчаные линзы выполненных русел (<i>channels</i>), бары, рифы
	б) пористые линзы
	в) залежи в проницаемых биогенных массивах (<i>organic solids</i>)

Констатируя изложенное, заключим, что ни одна из перечисленных классификаций не является полностью исчерпывающей, поскольку существует множество уникальных по своей природе ловушек, которые в совокупности не могут быть отражены даже самой подробной классификационной схемой.

Классификация Ю. Н. Карогодина, для Западной Сибири, наиболее точно описывает типы ловушек углеводородов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусейнов А. А., Гейман Б. М., Шак Н. С., Сурцуков В. Методика прогнозирования и поисков литологических, стратиграфических и комбинированных ловушек нефти и газа. – М.: Недра, 1988. – 80 с.
2. Карогодин Ю. Н., Казаненков В. А., Рыльков С. А., Ершов С. В. Северное Приобье Западной Сибири. Геология и нефтегазоносность неокома (системно-литологический подход). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 200 с.
3. Леворсен А. И. Геология нефти и газа. – М.: Мир, 1970. – 639 с.
4. Рассел У. Л. Основы нефтяной геологии (перевод с английского). – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – 602 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ СИКВЕНСОВ УЙНИНСКО-ДАГИНСКОГО КОМПЛЕКСА В ПРЕДЕЛАХ САХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА ПО ДАННЫМ ГИС И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

КОРОТКОВ С. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В строении Северо-Сахалинского осадочного бассейна принимают участие мезозойские и кайнозойские отложения, образующие два структурных этажа. Нижний структурный этаж («фундамент») с резким несогласием перекрыт терригенными кайнозойскими отложениями верхнего структурного этажа, разделённого несколькими поверхностями размыва на отдельные структурно-стратиграфические комплексы [1]. Рассматриваемая площадь находится в районе, где в отложениях миоцена бурением выявлено большое число нефтяных и газоконденсатных залежей. Скважинами вскрыт уйнинско-дагинский ниже-среднемиоценовый комплекс (кровле которого соответствует горизонт 6; рис. 1). Уйнинская свита представлена переслаиванием глинистых алевролитов, аргиллитов и плотных глин. Дагинская свита разделена на три подсвиты. Верхняя граница нижедагинской подсвиты проводилась по кровле XIII пласта (ОГ 6 а), кровля среднедагинской – по подошве IV пласта.

На основании данных ГИС, сеймики и сейсмокаротажа по двум скважинам проводится сиквенс-стратиграфический анализ части разреза (рис. 2) и особое внимание уделяется методике выделения сиквенсов по каротажным диаграммам ГИС. Сиквенс-стратиграфия применяется для целей детальных стратиграфических, литолого-фациальных, палеогеографических исследований. Особенно метод изучения сиквенсов важен при прогнозе распространения и качества нефтематеринских толщ, коллекторов и флюидоупоров [2]. Первоначально под термином сиквенс (sequence) понималась стратиграфическая единица, представленная последовательностью согласно залегающих генетически связанных пластов, ограниченных сверху и снизу поверхностями несогласия либо коррелирующимися с ними поверхностями согласного залегания слоёв. Часто термин «сиквенс» использовался при изучении строения не только морских, но и континентальных отложений, когда более применим термин «циклит». Поэтому в последующем, при проведении сиквенс-стратиграфического анализа, термин «несогласие» был конкретизирован. Несогласие – поверхность, разделяющая более молодые слои от более древних, вдоль которой имеются признаки субаэральной эрозии или срезания и субаэрального обнажения и вдоль которой выявлен значительный перерыв в осадконакоплении. Образование сиквенса происходит в результате циклического заполнения осадками бассейна седиментации.

На каротажных диаграммах (рис. 1) определялись этапы формирования осадков в пределах каждого сиквенса. Были выделены следующие элементы: *falling stage systems tract (FSST)* – регрессивный тракт, *lowstand systems tract (LST)* – тракт низкого стояния уровня, *transgressive systems tract (TST)* – трансгрессивный тракт, *highstand systems tract (HST)* – тракт высокого стояния уровня моря. Одним из критериев выделения границ сиквенсов в модели поверхностей несогласий является прилегание (*onlapping*) — угловое несогласие, характеризующее рост уровня моря (*TST*) от низшего уровня (*LST*) с последующим сдвигом фациальных границ к береговой линии [2]. Этот тип границ фиксируется на сейсмических профилях и может быть прослежен корреляцией по ГИС.

По границе сиквенса (*SB*) проводится граница пластов. Поверхность максимального морского затопления (*MFS*) приурочена к кровле тонкоотмученных глин, что свидетельствует о спокойной и однообразной обстановке осадконакопления. Это отложения трансгрессивного системного тракта (*TST*). Они отчётливо выделяются в разрезах скважин и характеризуются пониженными значениями сопротивлений и нейтронного каротажа.

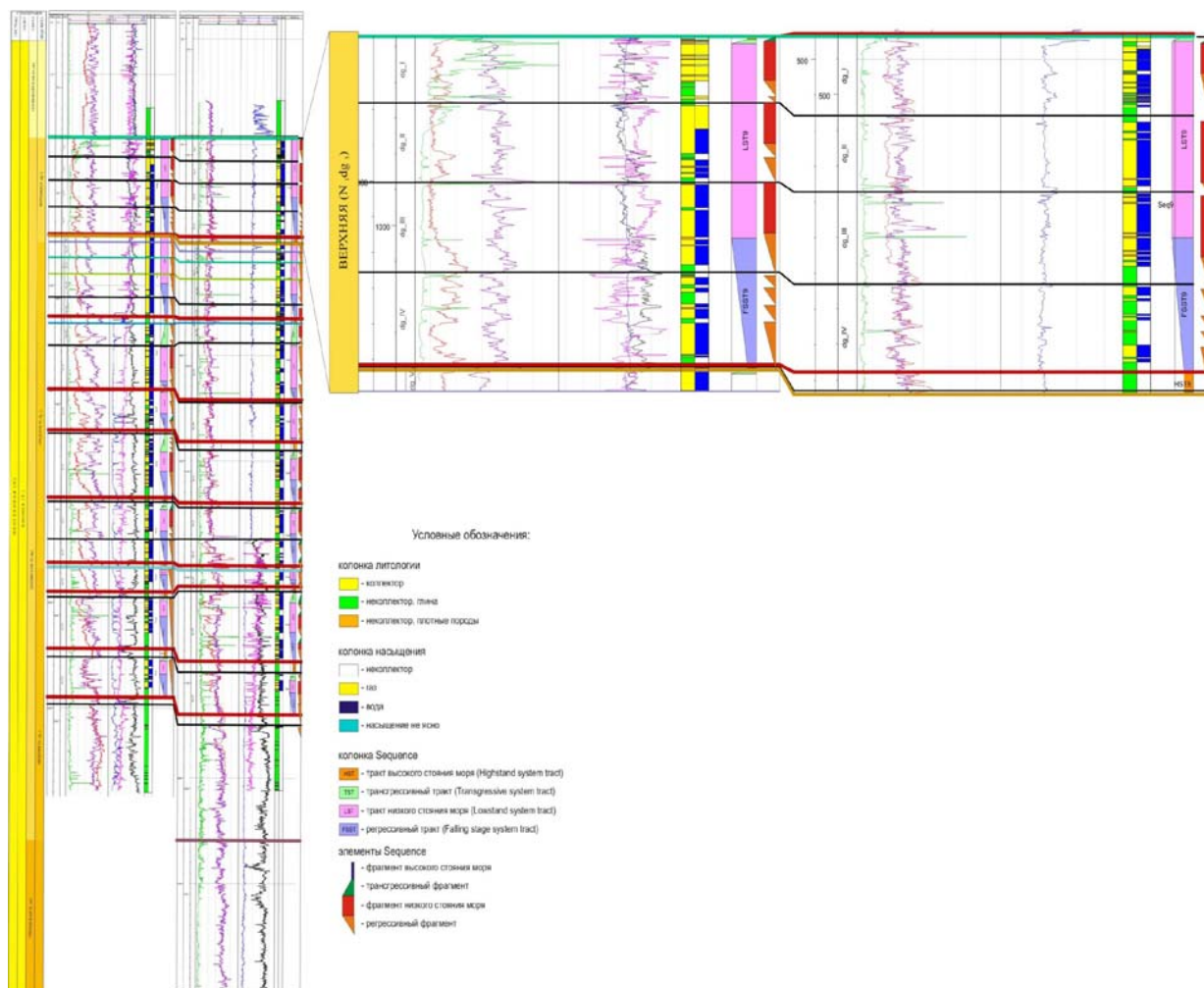


Рис. 1. Корреляция пластов I–XIV дагинской свиты

В пределах дагинской свиты выделено 9 сиквенсов. За основной метод ГИС при выделении сиквенсов взят гамма-каротаж, вторым по значимости был ПС. При неоднозначности выделения сиквенсов использовались каверномер, методы сопротивлений, радиометрические методы. При корреляции выделялись стратиграфические границы интервалов, как правило, приуроченные к той или иной пачке глин, разделяющей пласты. Поэтому граница подошвы каждого из пластов совпадает с границей кровли нижележащего пласта. Границы, выделяемые по диаграммам ГИС и сейсмокаротажу совпадают. Самый нижний горизонт вскрытый исследуемыми скважинами – уйнинская свита (N_{1un}). Отложения свиты представлены переслаиванием серых глинистых алевролитов и темно-серых аргиллитов. На ГИС граница выделяется плохо. Можно отметить небольшое понижение в кровле показаний ГК и повышение значений каверномера и сопротивлений. На отложениях уйнинской свиты залегают отложения дагинской свиты. Максимальная толщина отложений дагинской свиты – 1662 м. Дагинская свита подразделяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю. Отложения нижнедагинской подсвиты (N_{1dg_1}) литологически представлены переслаиванием глинистых, уплотнённых песчаников, темно-серых глинистых алевролитов и уплотненных глин. Вверх по разрезу явно виден регрессивный характер отложений. Увеличивается и количество песчаных пропластков и их размерность. На диаграммах ГИС кровля подсвиты выделяется по кровле одного из сиквенсов, относящихся к пласту dg_{XII} . Максимальная толщина подсвиты 638 м. Кровля среднедагинской подсвиты (N_{1dg_2}) выделяется по пачке мощных песчано-алевритовых тел, которые перекрыты глинистой перемышкой толщиной от 5 м в скважине № 2 до 20 м в скважине № 1. Эта пачка относится к пласту dg_V . На ГИС граница выделяется по резкому увеличению значений ПС и ГК, а также положительной аномалией каверномера. Толщина подсвиты меняется от 773 до 815 м. Самой легкоопределяемой стратиграфической границей в разрезах скважин

является кровля дагинской свиты (N_1dg). Вышележащая окобыкайская свита резко отличается по литологическому составу. Она сложена глинами с редкими прослоями песчаников, в отличие от практически монолитных песчаников в кровле дагинской свиты. По каротажу граница легко определяется практически по всем методам ГИС, в частности, по резкому повышению значений ГК и ПС, а также уменьшается дифференциация практически всех кривых.

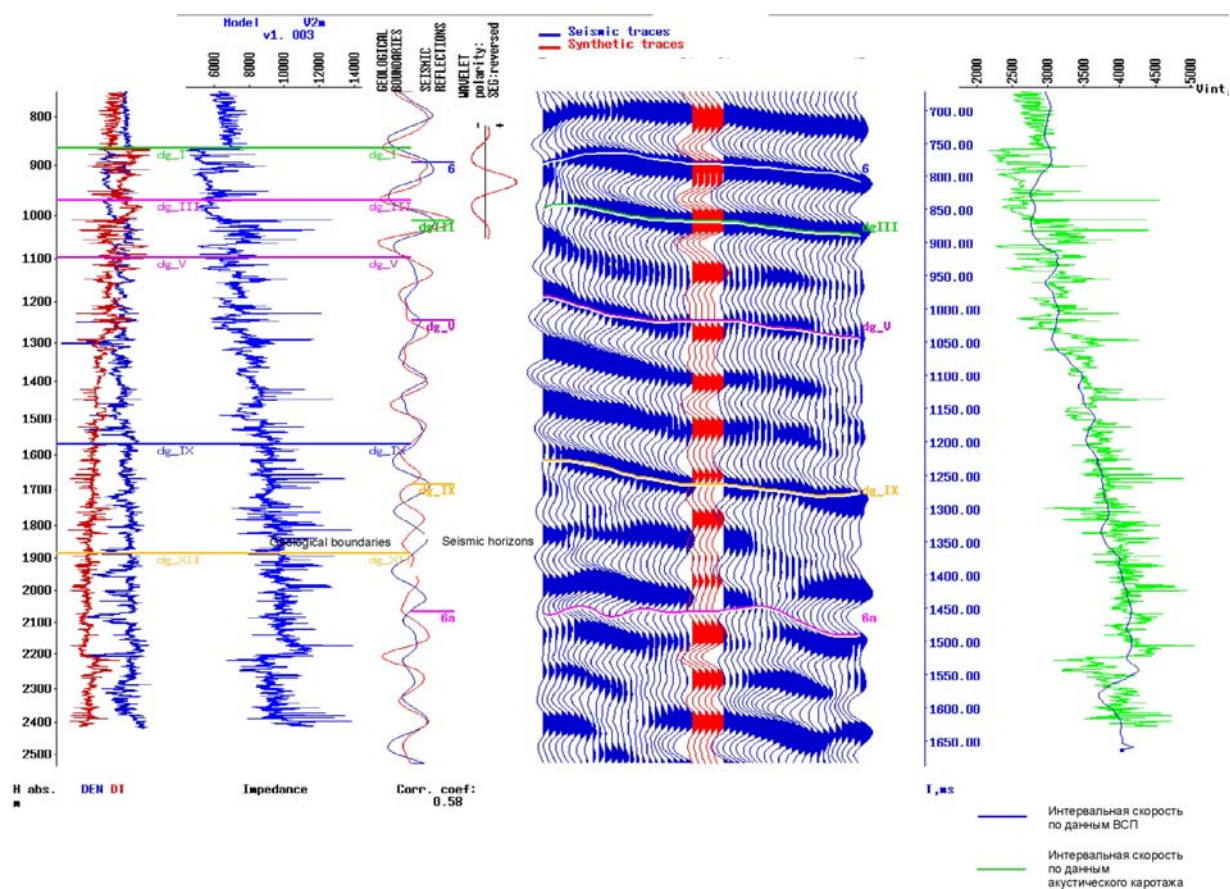


Рис. 2. Стратиграфическая привязка отражений дагинского интервала

Таким образом, по данным ГИС, сейсморазведки и сейсмокаротажа по двум скважинам выделены и проанализированы сиквенсы уйнинско-дагинского комплекса. В интервале разреза выделено пять отражающих горизонтов (сверху вниз): 6, dg_{IX} , dg_6 , dg_{III} , 6a. Большинство из них приблизительно соответствует границам осадочных циклов, в низах которых отмечаются регрессивные части, а в верхах развиты трансгрессивные серии. Регрессивные песчаные серии максимально проявлены над горизонтом dg_{IX} . Трансгрессивные глинистые серии максимально проявлены над горизонтами dg_6 и dg_{III} .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладенков Ю. Б. и др. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. – М.: ГЕОС, 2002.
2. Закревский К. Е. Геологическое 3D моделирование. – М.: ООО ИПЦ «Маска», 2009 – 376 с.

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ КАМЕННОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЛЕНИНСКИЙ НГР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

ШАЙХУТДИНОВА А. Т.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Каменное месторождение нефти и газа входит в состав Красноленинского свода месторождений, расположенного в одноименном нефтегазоносном районе Фроловской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Рассматриваемые продуктивные горизонты принадлежат викуловской свите средне-позднеаптского-аптского возраста.

Толщины викуловской свиты здесь достигают 250-275 м. По преобладающему соотношению алеврито-глинистых пород со значительной долей условности она подразделяется на две подсвиты. Продуктивные пласты $ВК_1$ и $ВК_{2-3}$ общей мощностью 45-55 м выделяются в составе верхней подсвиты. Последняя представлена серыми, светло-серыми песками, песчаниками и прослоями глин, вдоль контактов, с которыми отмечается наибольшее количество растительного детрита и фрагментов лигнитизированных растений. Мелкодисперсный углистый детрит рассеян по всей толще алевролитов, песчаников и глин.

Коллекторами нефти являются мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты. Часто встречаются участки, характеризующиеся микрослоистым линзовидным строением. Линзы связаны друг с другом взаимопереходами, придающими коллектору пластово-массивное строение. Покрышкой для продуктивных пластов служит ханты-мансийская свита альбского возраста, представленная преимущественно глинами и аргиллитами [1].

Корреляционные построения по имеющимся данным ГИС 23 разведочных скважин позволили представить субмеридиональный разрез, охватывающий восточную часть Сеульского локального поднятия (ЛП), а также прогиб и восточную часть Айторского ЛП. На корреляционном профиле четко прослеживаются коллекторы $ВК_1$ и $ВК_{2-3}$ в выдержанном интервале толщин. Субширотный разрез, проходящий вдоль Сеульского ЛП, представляет большой интерес для понимания условий формирования коллекторов.

По качественным геофизическим характеристикам (положительное приращение по диаграммам микрозондов, сужение диаметра по каверномеру, отрицательные амплитуды ПС и ГК) песчано-алевролитово-глинистые отложения верхов викуловской свиты представляют собой единый резервуар, местами разделенный относительно более глинистыми прослоями [4].

Песчано-алевролитовые породы пласта $ВК_1$ имеют повсеместное распространение, эффективные толщины изменяются в пределах 4,8-10,2 м. Зоны пониженных эффективных толщин прослеживаются в пределах сводовых частей структур. Испытания скважин в пределах Сеульского ЛП показали, что коллекторы пласта $ВК_1$ нефтенасыщены и представляют собой пластовую сводовую залежь, обусловленную структурой отложений. По данным трех скважин Айторское поднятие также включает в себя залежь, имея общий водонефтяной контакт с Сеульской залежью.

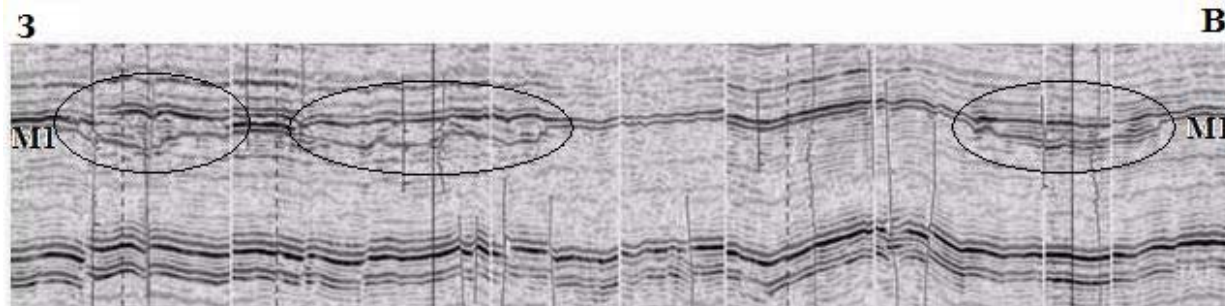
Пластам $ВК_2$ и $ВК_3$, при достаточной устойчивости в целом, присущ бимодальный рисунок кривой ПС. Песчано-алевролитовые породы пласта $ВК_{2-3}$ прослеживаются по всей площади, нефтенасыщенность коллекторов известна по пяти скважинам. Формированию продуктивных пластов $ВК_2$ и $ВК_3$ способствовали относительно выдержанные межпластовые перемычки, наблюдаемые в пределах локальных структур. В пределах пластов $ВК_{2-3}$ по субмеридиональному профилю прослеживаются две залежи, приуроченные к наиболее приподнятым структурам, залегающие под залежами пласта $ВК_1$.

Существует общепринятая параллельно-пластовая модель резервуара, по которой ведется эксплуатация залежей. Вместе с тем, в последнее время по данным сейсмологии разработана гипотетическая модель врезанной эрозионной долины, представляющая значительный интерес [2].

На сейсмических профилях 2D в целевом интервале викуловской свиты наблюдаются характерные особенности волновой картины: отрицательная фаза под отражающим горизонтом М1 уходит вниз, между ними появляются дополнительные отражения, с внешней стороны фиксируется

эрозионное срезание (см. рисунок). Это явление идентифицировали как объект типа вреза, возможно, речной долины [2].

Сопоставление сейсмических и скважинных разрезов (ГИС) показало, что рисунок каротажных кривых ПС/ГК на уровне пластов ВК2 и ВК3 внутри и вне врезанной долины отличается: комплекс заполнения врезанной долины характеризуется значительной изменчивостью параметров ПС. Вышележащий пласт ВК1 является покровным и надежно прослеживается в скважинах, расположенных как в контуре врезанной долины, так и за ее пределами.



Аномалии на сейсмических разрезах (по [2])

Отложениям Сеульской врезанной палеодолины присущ сложный комплексный характер резервуаров, сформированных разнофациальными песчаниками; и ограниченная протяженность песчаных тел. Эти коллекторы обладают лучшими емкостными свойствами, большими толщинами и большей однородностью в сравнении с коллекторами вмещающих пород. Последние образованы в условиях фронта дельты в зоне действия штормовых волн.

Данная гипотеза предполагает, что комплекс врезанных долин не является одновозрастным пластам ВК2-3 и представляет собой эстуарий. Кроме того, разработана секвенс-стратиграфическая модель продуктивных отложений, включающая три секвенсы. Эстуариевый комплекс обнаружен в системном тракте низкого стояния уровня моря второго секвенсы [2].

Однако однозначно говорить об эстуариевом генезисе «врезов» нельзя. Такая сейсмическая картина и каротажные данные могут соответствовать признакам палеорусел. Данные тела могли быть образованы в результате деятельности временных и постоянных палеодренажных систем, поэтому характеризуются повышенной концентрацией песчаников, обладающих высокими коллекторскими свойствами [3].

Кроме того, такие каналы могут быть и иного происхождения, не связанного с деятельностью речных потоков. Современная гидрогеология отличается от гидрогеологии меловой системы, поэтому судить о происхождении «врезов» с точки зрения современных процессов ошибочно.

Точное прогнозирование таких объектов возможно при изучении территории более точными сейсмическими исследованиями 3Д и изучении кернового материала, который является основой для выявления и непрерывного прослеживания прямых сейсмических признаков по площади.

Таким образом, аптский бассейн, к которому приурочены продуктивные отложения викуловской свиты, представляет собой обширную переходную область от аллювиально-дельтовой равнины к морскому побережью, на котором довольно широко развиты авандельтовые образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аргентовский Л. Ю., Бладучан Ю. В., Булыникова А. А., Ясович Г. С. Нижний отдел. Меловая система. Стратиграфия юрских и меловых отложений // Стратиграфо-палеонтологическая основа детальной корреляции нефтегазоносных отложений Западно-Сибирской низменности. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1972. (Труды ЗапСибНИГНИ; Вып. 48).
2. Медведев А. Л., Хэндфорд Р., Лопатин А. Ю., Зверев К. В., Масалкин Ю. В., Кузина Е. В. Новый нефтеперспективный объект – комплекс заполнения врезанных долин в продуктивных пластах викуловской свиты каменного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2009. – №1. – С. 4-20.
3. Обстановки осадконакопления и фации // Под ред. Х. Рединга, т. 1. – М.: Мир, 1990. – 352 с.
4. Сковородников И. Г. Геофизические исследования скважин: курс лекций. – Екатеринбург: УГГГА, 2003. – 294 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЛЕОГЛУБИН БАСЕЙНА НА НАЧАЛО ФОРМИРОВАНИЯ НЕОКОМСКИХ КЛИНОФОРМ МЕТОДОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО НОЛЬ-УРОВНЯ ПАЛЕОМОРЯ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ПОКАЧЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

ТОЛМАЧЕВ Е. О.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Объектом изучения являются неокомские отложения, вскрытые на Северо-Покачевском месторождении, которое находится в центральной части Среднеобской нефтегазоносной области. Породы этого возраста на региональных сейсмических профилях имеют своеобразную клиновидную форму, поэтому их называют клиноформы. Такая форма определяется боковым заполнением приемного бассейна за счет перекомпенсированного осадконакопления [2]. Среди исследователей нет единого мнения, и поэтому такое заполнение объясняется процессами, происходящими на разных глубинах. Одни геологи считают, что оно произошло в результате наращивания континентального склона, другие – в результате проградации дельты. Целью работы является определение палеоглубин бассейна на начало формирования неокомских отложений.

При проведении работы использованы материалы по восьми скважинам Северо-Покачевского месторождения, а именно диаграммы ГИС, в которых проведена стратиграфическая разбивка отложений и прослежены границы свит.

Использован метод скользящего ноль-уровня палеоморя, разработанный В. С. Бочкаревым и Ю. Н. Федоровым [1]. Он является аналогом метода мощностей Бертрана, но его применение возможно в более широких пределах (как для компенсированного, так и для некомпенсированного осадконакопления). Под ноль-уровнем палеоморя понимается смена в разрезе континентальных отложений морскими и наоборот, при этом допускается, что в момент формирования граничные слои имели горизонтальное положение.

Суть метода заключается в нахождении средней скорости прогибания дна бассейна путем деления мощности отложений, сосредоточенных между двумя соседними ноль-уровнями (Δh), на время (t_1), заключенное между ними. Далее, допуская, что скорость тектонического прогибания в интервале между ноль-уровнями остается постоянной, находят глубину бассейна в нужный момент времени по формуле

$$H_x = \frac{\Delta h}{t_1} \cdot t_2 - h_3, ,$$

где t_2 – время между заданным моментом времени и датой нижнего ноль-уровня; h_3 – мощность осадков накопившихся за время t_2 .

В данном случае за нижний ноль-уровень (смена континентальных отложений морскими) принимается кровля тюменской свиты, за верхний ноль уровень (смена морских отложений континентальными) – граница верхней и нижней подсвит ванденской свиты. Полученные данные приведены в таблице.

Значения палеоглубин бассейна на начало формирования неокомских клиноформ

Скважина	224	301	161	221	213	212	215	211
Палеоглубина, м	430	438	441	440	412	418	380	401

Среднее значение составило 420 м, что в общем, соответствует сведениям [1]. Принимая во внимание то, что исследуемый участок находится в центре предполагаемого бассейна, вычисленные значения свидетельствует об относительно больших глубинах, но недостаточных для выделения абиссальной и батальной областей. Поскольку заполнение бассейна началось с периферии, то образование клиноформ происходило на меньших глубинах и, вероятнее всего, за счет проградации дельт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бочкарев В. С., Федоров Ю. Н. Палеобатиметрия Западно-Сибирского бассейна на конец времени накопления баженовской свиты // Строение и нефтегазоносность баженитов Западной Сибири. Тюмень. – 1985. – С. 35-41.
2. Гурари Ф. Г. Строение и условия образования клиноформ Западно-Сибирской плиты (история становления представлений). – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. – 141 с.

УДК 551.7 + 552.143

СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

НЕТАК Е. Б.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Секвенс-стратиграфия представляет собой научную дисциплину, основанную на интерпретации керна скважин и сейсмических данных, корни которой базируются на основных понятиях и положениях сеймостратиграфии [1, 4]. При этом единицы секвентной стратиграфии и сеймостратиграфического расчленения несут разную генетическую нагрузку. Первые отражают, прежде всего, цикличность, обусловленную относительными колебаниями уровня моря, а вторые являются единицами, отражающими разные процессы и стороны развития бассейнов. Часто подразделения секвентной стратиграфии и сеймостратиграфические единицы не совпадают в разрезе. В середине 80-х годов секвентная стратиграфия, или секвенс-стратиграфия, широко вошла в научные и практические исследования осадочных бассейнов. Как новое направление геологических исследований она связана с именем П. Р. Вейла. Секвентная стратиграфия может с успехом применяться при комплексировании сейсморазведки отраженных волн с данными бурения и поверхностными геологическими исследованиями. Одиночные буровые скважины и естественные обнажения практически невозможно использовать при секвенс-стратиграфическом анализе. Терминология и иерархия подразделений секвентной стратиграфии еще не устоялись. Одни единицы, охватывающие весь бассейн седиментации, но наиболее отчетливо проявляющиеся в крайних частях бассейнов. Группы секвенсов (или как их иногда называют в нашей литературе – секвентов), которые соответствуют крупным циклам колебания уровня моря, образуют супер- и мегасеквенсы, а мелкие циклы отражаются в парасеквенсах. Обычно секвенс-стратиграфия использует циклы третьего (1-5 млн лет) и второго (10-80 млн лет) порядка.

Колебания относительного уровня моря обусловлены тремя факторами: эвстазией, прогибанием дна бассейна и поступлением осадочного материала.

Парасеквенс – это мелеющая вверх последовательность слоев, ограниченная поверхностями морского затопления. Выделяются три типа таких последовательностей: проградационный (регрессивный), ретроградационный (трансгрессивный) и аградационный (стабильный).

Секвенсы (секвенции) – стратиграфические единицы, сложенные согласной последовательностью генетически взаимосвязанных слоев и, ограниченные в кровле и подошве несогласиями либо соответствующими им согласными поверхностями (рис. 1). Состоят из трансгрессивной, регрессивной и других частей, которых называют «трактами». Тракты представляют собой латеральные ряды, образовавшиеся в различных условиях седиментации. Это тракт низкого стояния моря, трансгрессивный тракт и тракт высокого стояния уровня моря. В латеральном направлении в составе секвенции могут быть выделены сейсмофазии: например, шельфовая, континентального подножия и т. п. Первоначально особенностью секвенций считалось, что они выделялись на основе анализа временных разрезов (т. е. сейсмических разрезов, которые имеют вид обычного геологического разреза, но отличаются от него вертикальным масштабом, который измеряется в единицах времени (в секундах), за которое сейсмический сигнал доходит до отражающей поверхности и обратно).

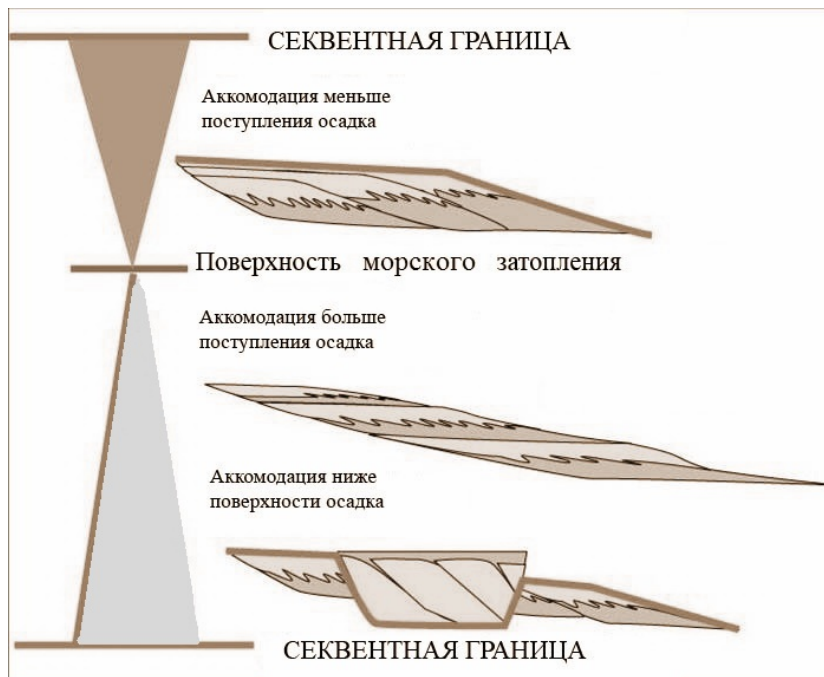


Рис. 1. Характер поступления осадка и поведения фаций в разных частях секвенсы (Kendall, 2007)

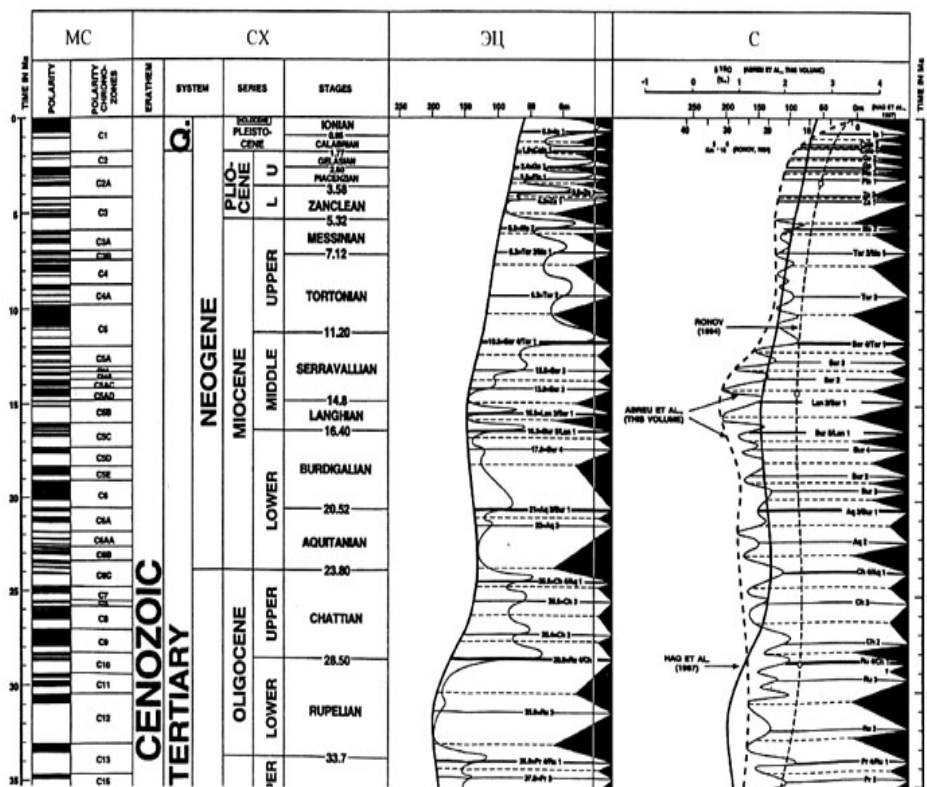


Рис. 2. Секвенсы кайнозойского разреза европейских бассейнов [Hardenbol et al., 1998, по [2]:
 MC – магнито­стратиграфия; CX – стандартная хроно­стратиграфия; ЭЦ – эв­статические циклы; С – секвенсы разного порядка внутри эв­статических циклов

Седиментационные комплексы секвентной стратиграфии, созданные эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана, могут служить реперным каркасом для глобальной корреляции осадочных бассейнов (рис. 2). Однако методика отделения эвстатических колебаний уровня моря от региональных, запечатленных в разрезах осадочного чехла, остается практически не разработанной. Расчленение континентальных толщ с позиций секвентной стратиграфии возможно только при непосредственном их сопряжении с одновозрастными морскими образованиями.

В результате последних дискуссий многие специалисты пришли к мнению, что термин «секвенция» предпочтительнее всего использовать в смысле «последовательности», и для выделения толщ, ограниченных размывами, употреблять понятие «синтема», а секвенции, происхождение которых действительно связано с эвстатикой, называть «вейлитами» по имени П. Р. Вейла (однако такой название не слишком удачно, поскольку уже существует минерал вейлит). Вопросы классификации и номенклатуры секвенс-стратиграфических подразделений нуждаются еще в серьезном обсуждении. Вместе с тем созданные схемы секвентов, в частности, для мезозоя и кайнозоя, обнаруживают не только сходство во временной привязке и «направленности» (трансгрессивной или регрессивной) тех или иных секвентов, но и в ряде случаев резкие различия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Габдуллин Р. Р. Историческая геология. Кн. 1: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 246 с.
2. Гладенков Ю. Б. Биосферная стратиграфия. Проблемы стратиграфии XXI века // Тр. ГИН РАН, 2004. – Вып. 551. – 119 с.
3. *Kendall G. St. C. Sequence Stratigraphy – Introduction (лекция в формате PowerPoint).*
4. *Sequence stratigraphy //en.wikipe.*

УДК 551.76: 552.5

ФАЦИАЛЬНО-ЦИКЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ПРЕЛОМЛЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УРАСИНОВА Ю. А., ХОЛМОГОРОВА М. С.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В истории отечественной литологии яркий след оставило образное высказывание Ю. А. Жемчужникова: «Геологу надо мыслить циклами» (1944). Им же в 1958 году было предложено следующее определение фациально-циклического анализа: это – «метод изучения древних осадочных толщ, основанный на выявлении закономерностей циклического чередования литогенетических типов пород и фаций в разрезе. В его основе лежат представления о периодических изменениях условий осадконакопления в связи с проявлением более или менее региональных факторов, главным образом дифференциальных колебательных движений земной коры. Эти движения вызывают периодические изменения ландшафтов, что находит отражение в закономерной смене фаций внутри отдельных циклов (ритмов) осадконакопления. Специфика движений отдельных регионов проявляется в мощностях отдельных циклов, диапазоне изменения фаций и других особенностях циклического строения». Данный подход целиком и полностью использован в классической работе по Донбассу [2], а в последующем – при изучении многих осадочных толщ как позднепалеозойской, так и мезокайнозойской эпох осадконакопления.

За рубежом изучению цикличности традиционно уделяется большое внимание. При этом в последние годы на первый план выходят «вэйлиты», имеющие тектоно-эвстатическую природу и определяющее значение для секвенс-стратиграфии. Так, в работе Г. Эйнзеле, при оценке последовательности цикличности второго порядка показывается, что во время континентальных циклов существуют главные осадочные бассейны – пассивные континентальные бассейны края и пассивные края, развивающиеся в бассейне мыса. С формированием бассейна мыса связаны процессы покрытия или открытия с изменением скоростей. Развитие таких бассейнов может состоять из нескольких тектонических фаз: таких, как две или три фазы расширения или переход от пространственного до продольного режима в бассейне мыса. В результате, нормы понижения, приводящие к эвстатическим

изменениям уровня моря, постепенно изменяются со временем. Тектонические процессы, существующие в пределах малых территорий, могут привести к глобальным циклам трансгрессии и регрессии фации. Циклы последовательности второго порядка охватывают широкие области континентальных шельфов, эпиконтинентальные моря и другие бассейны, примером такого может служить, континентальная Среднешотландская низменность, затопленная (постепенное прибрежное затопление суши), а затем заново появившаяся (процесс регресса). Этот порядок впоследствии продолжается более низким, третьим (рис. 1).

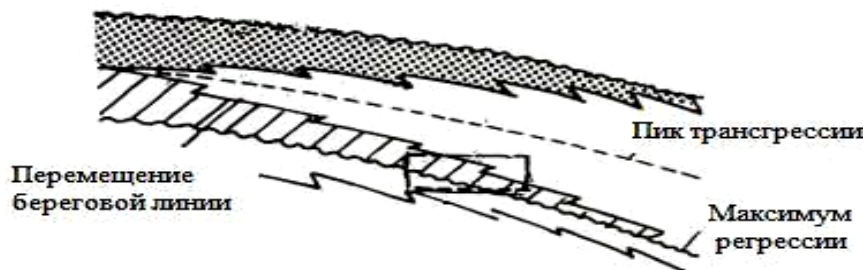
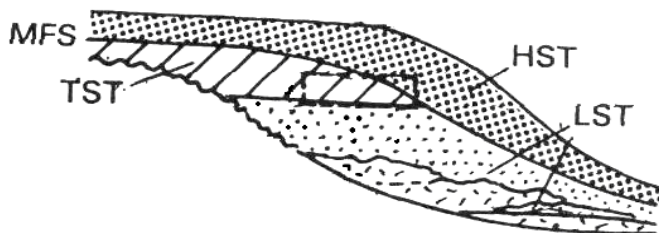


Рис. 1. Циклы последовательности второго порядка (3-50 Ма) (в прямоугольнике – цикл более низкого, третьего порядка)

Часто описываемые циклы промежуточной частоты (0,5 или 1–5 Ма), расцениваются многими авторами как основные стратиграфические циклы в истории Земли. Этот тип последовательности наблюдается по всей стратиграфической шкале: от протерозоя до современности. Его период времени может быть определен с помощью биостратиграфии. Еще не решены проблемы циклов, рассматривающие их происхождение, а также их корреляцию «с континента на континент». Чтобы создать большие амплитуды изменения уровня моря, «ответственные» за часть этих циклов, или быстро «работающие» геодинамические процессы (такие как магматизм и диапиризм), массовый переход от континентов к океанам, требуется изостатический «ответ» земной коры на ее нагрузку (к примеру, медленное накопление и таяние материкового льда). Для оценки наращивания и выброса напряжения между быстро движущимися континентальными и океаническими плитами были предложены возможные тектонические механизмы (Cloething 1986; Dickinson и др. 1994), с целью разъяснения соответствующего третьего порядка тектоно-эвстазии (рис. 2).



Тракты систем пассивного урегулирования края (расшифровка в подписи к рис. 3)

Рис. 2. Циклы последовательности третьего порядка (0,5-3 Ма) (в прямоугольнике – цикл более низкого, четвертого порядка)

Циклы последовательности третьего порядка часто подразделяются на циклы парапоследовательностей. Этот термин главным образом использован для описания циклических систем сиквенс-стратиграфии. В период времени четвертого порядка частота комплексов парапоследовательностей изменялась в диапазоне 0,01-0,5 Ма и таким образом стала меньше частот третьего порядка в 10-100 раз. Небольшая разница в диапазоне частот вызвала решительные изменения климата. Эти циклы представляют собой эвстатические изменения в течение продолжительного цикла последовательностей с частотой около 0,4 Ма. Циклы с меньшими частотами (0,-0,1 Ма) описаны в более низких порядках, а именно, в пятом и шестом. Между ними

трудно установить ясную границу. В течение устойчивого климата на континентах могло сформироваться незначительное количество льда, предпосылками чего, вероятно, было сохранение большого количества воды с дальнейшим её выпуском из бассейнов в озера и грунтовые воды. Существуют также климатические циклы более высоких порядков, то есть более коротких периодов времени. Некоторые детальные исследования ледяных образований острова Гренландии и Антарктиды, накопившиеся в озерных отложениях (например, Декан), океанских бассейнах и развитых дельтах (например, дельта Эбро), показали, что частота 1-1,5 Ма существовала во время голоцена (рис. 3) [3].

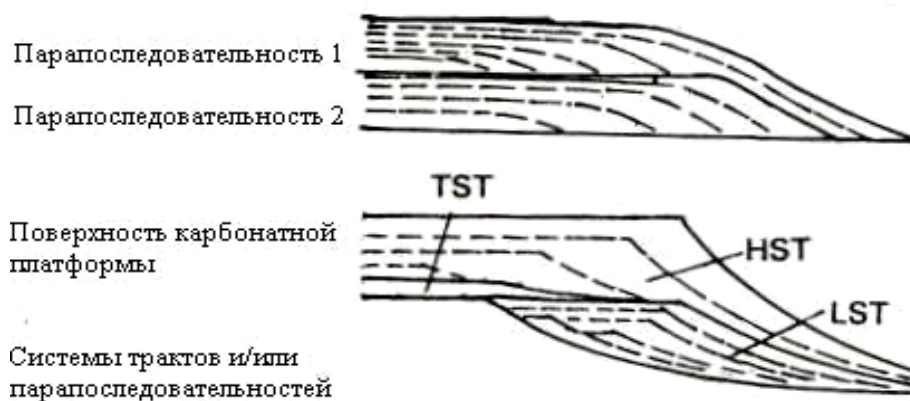


Рис. 3. Циклы параследовательности четвертого порядка (0,01-0,5 Ма):

Lowstand System Tract (LST) – связан с седиментационными потоками подводных каньонов, которые активно действуют только при снижении уровня моря ниже бровки шельфа. Сложен турбидитами проградационного седиментационного клина;

Transgressive System Tract (TST) – формирующийся при подъеме уровня моря над бровкой шельфа и седиментационно-береговым перегибом примерно совпадающим с передовым дельтовым баром;

Highstand System Tract (HST) – в глубоководной части бассейна превращается в предельно тонкий глинистый покров. Его подошва представляет собой поверхность максимального затопления;

Maximum Flooding Surface (MFS) – уровень наибольшей мористости осадков или поверхность максимального подъема воды. Эта поверхность формируется при трансгрессии во время резкого углубления бассейна.

В последнее время показано, как фациально-циклический анализ может быть использован при изучении осадочных нефтегазоносных толщ Западной Сибири [1]. Здесь особое значение он приобретает при изучении сложнопостроенных внутриконтинентальных толщ нижнеплитного этажа. При этом исследованиям может подвергаться как «элементарная» цикличность с толщинами комплексов пород 5-15м (0,04 Ма), так и достаточно крупная мезо- и мегацикличность при значениях толщин комплексов 150-400 м (1-5 Ма) [3]. Всем перечисленным определяется существенная сходимость фациально-циклических исследований и секвенс-стратиграфических построений, что заслуживает дополнительной методологической проработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Фациально-циклический анализ при изучении сложнопостроенных внутриконтинентальных толщ / В. П. Алексеев // Седиментология в нефтяной геологии. – Томск: Изд-во ЦППС НД, ТПУ. – 2009. – С. 5-15.
2. Жемчужников Ю. А. Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна: труды ГИН АН СССР. Вып. 15 / Ю. А. Жемчужников, Ю. А. Яблоков, Л. И. Боголюбова, Л. Н. Ботвинкина, А. П. Феофилова, М. И. Ритенберг, П. П. Тимофеев, З. В. Тимофеева. – М.: Изд-во АН СССР. – Ч. 1. – 1959. – 331 с.
3. Einsele, G. *Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment budget*. – Springer, 2000. – 792 p.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО КАРБОНА НА ПРИМЕРЕ БУХАРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПРЕДУРАЛЬСКАЯ НГО ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НГП)

МАМОНТОВА А. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Сейсмостратиграфия представляет собой один из геологических методов интерпретации сейсмических данных. Специфические особенности отраженных волн позволяют непосредственно использовать при их интерпретации геологические концепции, базирующиеся на физических основах стратиграфии [3].

Объектом сейсмостратиграфического анализа является Бухаровское месторождение. В разрезе его осадочного чехла возможно развитие следующих нефтегазоносных комплексов: эмско-живетский терригенный, верхнедевонско-турнейский карбонатный, визейский терригенный, визейско-башкирский карбонатный, верейский терригенно-карбонатный, каширско-верхнекаменноугольный карбонатный, нижнепермский карбонатно-терригенный. Кроме этого дополнительно выделяется потенциально перспективный рифейский карбонатно-терригенный НГК.

Выявленные газовые залежи в отложениях московского (мячковский горизонт ($C2m$ □), отражающий горизонт I^a и башкирского ($C2b$) ярусов Бухаровского месторождения приурочены соответственно к каширско-верхнекаменноугольному и визейско-башкирскому НГК.

Целью данного исследования было обнаружение рифовых построек («рифовые» сейсмофации) на временных сейсмопрофилях с помощью геофизических данных в отложениях продуктивного мячковского горизонта.

«Рифовые» сейсмофации – наиболее часто известные в аббревиатуре АТР – «аномалии типа риф», как их раньше называли, характеризуются резким уменьшением амплитуды и повышением хаотичности записи, что приводит к потере корреляции [1].

Природа образования рифовых построек может быть различной: барьерные постройки окраины шельфа – линейной формы с глубоководной зоной по одну сторону и областью мелководья по другую; барьерные рифовые постройки, имеющие линейную форму [2]; а также рифы, образованные в зонах интенсивной тектонической активности. Наибольший интерес представляют рифовые постройки последнего типа.

Выделение «рифовых» сейсмофаций на объекте следует проводить в ряд этапов: построение участка рельефа, построение структурных карт отражающих горизонтов Бухаровского месторождения, с целью выявления блоков, к которым приурочены карбонатные постройки, а также переинтерпретация временных сейсмопрофилей.

Карта рельефа позволяет рассмотреть геологические особенности формы бассейна и выявить блоковость. Однако только такая характеристика не будет объективна ввиду того, что климатические условия и время значительно изменили первозданную форму. Следующий шаг – это построение структурных карт отражающих горизонтов. Для большей информативности все структурные карты суммируются в программе «*Surfer*». В результате всех преобразований получаем карту, где выделяется четкая линия, которая свидетельствует о наличии блоковости, т. е. разломов, на границе которых создаются благоприятные условия для образования рифовых построек (рис. 1).

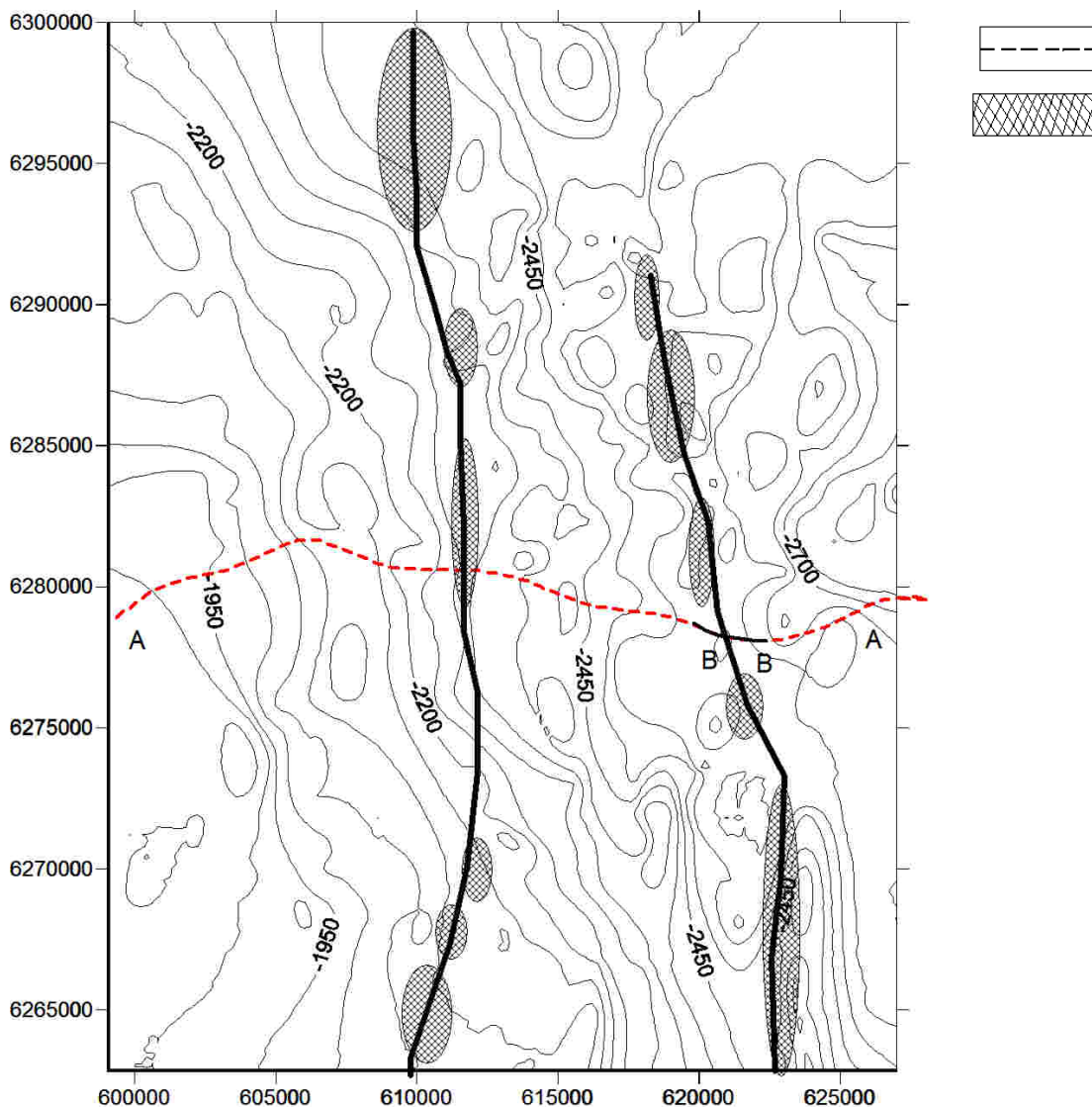


Рис. 1. Участок Бухаровского месторождения:

1 – линия сейсмопрофиля по линии А-А; 2 – зоны, по которым проходит линия разлома

На основе имеющихся данных (временные сейсмопрофиля, структурные карты отражающих горизонтов, карту рельефа), можно сделать вывод о наличии «рифовых» сейсмофаций на изучаемом объекте.

Пример рифовой сейсмофации показан на фрагменте временного сейсмопрофиля по линии А-А (рис. 2).

Наличие рифовых построек говорит о существовании в среднем карбоне благоприятных условий для их возникновения. С одной стороны, в зонах интенсивной тектонической активности и подвижности на платформе наблюдается наибольший тепловой поток. С другой стороны, сами разломы могли являться местами, по которым из недр поступали некоторые элементы, вызывающим рост организмов-карбонатообразователям.

Получение стратиграфической информации по данным сейсморазведки сулит значительные выгоды как в удаленных районах с весьма слабой изученностью бурением, так и в провинциях, по которым имеется обширный фактический материал.

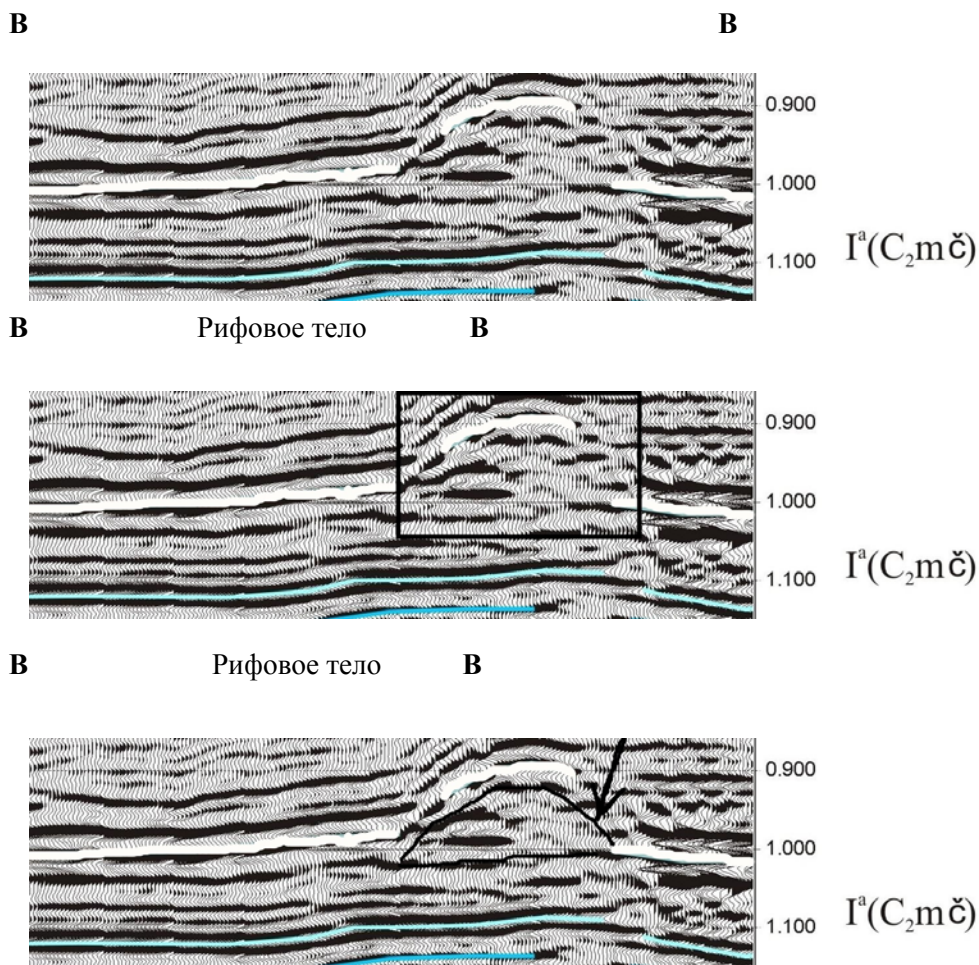


Рис. 2. Фрагмент временного сейсмопрофиля по линии В-В:



Расчленение разреза на осадочные комплексы по данным сейсморазведки и их интерпретация (анализ сейсмических комплексов) позволяют выделить основные стратиграфические подразделения в осадочной толще. Эти подразделения, во-первых, определяются объективно по данным сейсморазведки, а во-вторых, с определенной степенью вероятности их можно прогнозировать. Интерпретация сейсмофациальных единиц позволяет получить представление об обстановке осадконакопления и седиментационных процессах, а также о литологии отложений [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ампилов Ю. П. От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа: научное издание. М.: Спектр, 2008. – 384 с.
2. Шериф Р. Е., Грегори А. П., Вейл П. Р., Митчем мл. и др. Сейсмическая стратиграфия, ч.1. – Мир, 1982. – 435 с.
3. www.geofiziki.ru/lib_peyton.html.

К ВОПРОСУ О БАСЕЙНОВОЙ СТРАТИГРАФИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ХАСАНОВА К. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

С точки зрения бассейнового анализа, стратиграфия Западно-Сибирской провинции находится в тупике. В частности, представления о пространственном отношении неокомских отложений не являются компетентными [1]. В Северной Америке, а в последние годы и в Западной Европе, применяется принципиально иной метод стратиграфии. Еще в 1933 году специальной Стратиграфической комиссией США вместо термин «свита» был принят термин «формация», который успешно используется и по сей день [3]. Однако как в СССР, так и в сегодняшней России используется термин «свита», который предполагает одинаковый набор литологических типов. Как следствие, в Западно-Сибирском бассейне имеется огромное число свит. При этом часто одни и те же породные тела имеют разные (местные) названия. Исходя из этого, возникает путаница с индексацией пластов: в некоторых областях встречаются местные названия коллекторов.

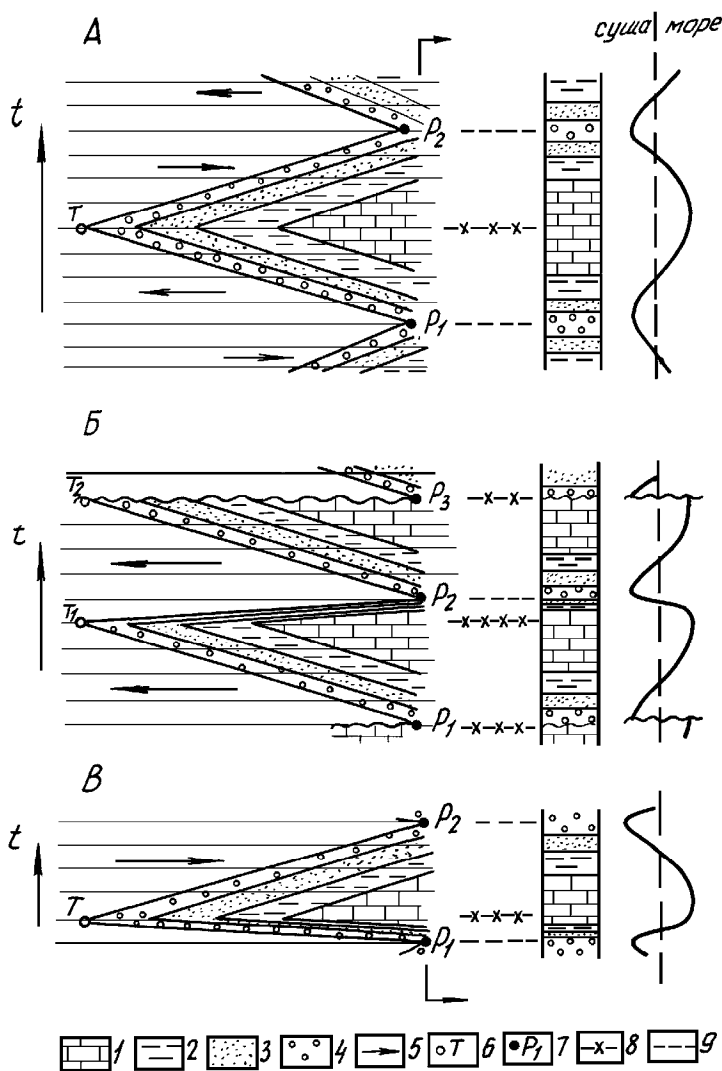
Наиболее ярко это выражено в схеме неокома: здесь отсутствует порядок выделения как региональных, так и местных специальных стратонав, отсутствует связь и подчиненность со стратонами общей шкалы. Таким образом, одни свиты (танопчинская, фроловская, покурская и др.) могут занимать несколько ярусов, другие (мегионская, алымская и др.) – всего лишь часть яруса, подъярус и т. д. Также встречается, что один горизонт представляет две части разных свит; нередко один горизонт – это одна свита с общим названием (куломзинский горизонт = куломзинская свита). По перечисленному можно заключить, что нет системного подхода, нет порядка в стратиграфии.

Явлением, получившим название «кризис» бассейновой стратиграфии, занимается Ю. Н. Карогодин [2]. Им предложен перспективный путь выхода из «кризиса», заключающийся в замене многочисленных свит на несколько формаций, которые будут гармонично отражать строение неокомских и иных отложений Западно-Сибирского осадочного бассейна. Одно из преимуществ формационного анализа заключается в учете изучения состава пород: в окраинных районах Западно-Сибирской плиты разрез становится преимущественно песчано-алевритовым, континентальным. В таких районах сложно достоверно выделить изохронные границы, поэтому серии свит наиболее рационально назвать именно формацией, что применимо, к примеру, для фроловского горизонта [2].

Многие исследователи заметили, что установить закономерности природы можно лишь изучая целостные элементы (формации), а не «куски», вырванные из объекта. Таким образом, общая картина стратиграфии Западно-Сибирского бассейна будет иметь ясный вид из нескольких формаций, а формации в свою очередь будут соответствовать комплексному наполнению породами (стратиграфическое, генетическое, тектоническое и вещественное направления), когда термин «свита», в свою очередь, несет лишь стратиграфическую функцию.

Ю. Н. Карогодин считает, что этот вопрос можно решить путем замены огромного количества свит несколькими осадочными формациями (снизу вверх): заводоуковская (тюменская), абалакско-васюганская, баженовская, мегионская (мегионско-усть-балыкская) и вартовская. В данном контексте формация будет нести в своем имени еще и генетическую принадлежность. Тогда *заводоуковская* формация – период начального наступления моря, *абалакско-васюганская* – трансгрессивная, *баженовская* – конец наступления – начало отступления моря, *мегионская* – начальный период отступления моря и *вартонская* – финально-регрессивная (конечный этап отступления моря).

Механизм высказанного предложения полностью соответствует неоспоримому скольжению горизонтов, согласно закону Головкинского (явление, обусловленное смещением береговой линии). Общее представление о законе Головкинского дает модель, представленная на рисунке. Из нее следует что, несмотря на скольжение литологически однородных слоев, границы их комплексов, фиксируемые точками поворота, являются изохронными [1].



«Скольжение» слоев одинакового литологического состава во времени:

A – при достаточно равномерных колебательных движениях; *Б* – при преобладании погружения, с резкими поднятиями; *В* – при смещении источника сноса.

Режимы (для миграционного класса): *A* – трансгрессивно-регрессивный, *Б* – трансгрессивный, *В* – регрессивный.

Обозначения: 1 – известняк; 2 – алевролит, аргиллит; 3 – песчаник; 4 – гравелит; 5 – перемещение береговой линии; 6 – поворот от трансгрессии к регрессии; 7 – поворот регрессии к трансгрессии; 8 – положение в разрезе максимальной трансгрессии; 9 – то же, для регрессии

Изохронные границы в разрезе неокма – это ничто иное, как инверсия циклитов, которая описана А. Л. Бейзелем и обусловлена трансформацией гранулометрического состава (т.е. проциклит: от грубого материала к тонкому – сменяется рециклитом: от тонкого к грубому) [1].

Заменив свиты на формации, мы подойдем к тому, что, однозначно будут пониматься литостратоны с зарубежными геологами, что способствовало бы плодотворному сотрудничеству и взаимопониманию. Заметно сократится число свит и, следовательно, число новых названий, что облегчит решение практических задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Литологические этюды. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 149 с.
2. Карогодин Ю. Н. Системная модель стратиграфии нефтегазоносных бассейнов Евразии. В 2 т. Т. 1: Мел Западной Сибири / Ю. Н. Карогодин; Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; Новосиб. гос. ун-т – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. – 166 с.
3. Шванов В. Н. Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литмографии). – СПб.: Недра, 1992. – 230 с.

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЗАЛЕЖИ ПЛАСТА БТ₁₀ БЕРЕГОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

ПОЛТАВСКИЙ В. В.

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

В географическом плане Береговое месторождение находится в северной части Западно-Сибирской равнины в пределах Пурской низменности. Первооткрывательницей Берегового месторождения является четвертая на площади поисковая скважина 5, пробуренная в 1982 г. В настоящее время ведётся совместная эксплуатация пластов БТ₁₀, БТ₁₁ в скважинах 262, 282.

Геологический разрез Берегового месторождения представлен песчано-глинистыми отложениями мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, которые подстилаются метаморфизованными породами палеозойского складчатого фундамента. При написании представленной работы использованы опубликованные [1, 3, 4] и фондовые* источники.

Пласт БТ₁₀ изучен испытанием в 11 скважинах в 12 объектах, из которых в скважинах 262 и 282 пласт БТ₁₀ исследован совместно с пластом БТ₁₁. В результате испытания получено: 4 фонтана газоконденсата, 1 фонтан газоконденсата с пластовой водой, в 4 объектах – пластовая вода, из 1 объекта притока пластового флюида не получено.

Фонтаны газоконденсата из продуктивных по ГИС интервалов получены в 3 объектах: в скважинах 11, 152 и 267. Дебиты газоконденсатной смеси составили 251,1-404,1 тыс. м³/сут на 12,0 мм диафрагме при депрессиях на пласт 1,75-11,21 МПа. Газоконденсатные исследования проведены на одном режиме. В результате дебиты газа сепарации изменяются от 132,8 до 301,6 тыс. м³/сут, стабильного конденсата – от 89,7 до 183,8 м³/сут на штуцерах 10-12 мм. Плотность конденсата – 0,732-0,760 г/см³.

Непереливающие притоки пластовой воды получены в 3 объектах в скважинах 1, 34 и 36, что непротиворечит характеристике по ГИС. Дебиты воды изменяются от 2,2 до 38,8 м³/сут при динамических уровнях 522-1098 м.

По пласту БТ₁₀ работы по интенсификации притоков проведены в скв. 36 и 46, где получены положительные результаты. В скважине 36 применены повторная перфорация, обработка ПЗП метанолом и МПД (15 циклов). В результате получено увеличение дебита пластовой воды с 24,7 м³/сут при Нсду = 292 м до 38,8 м³/сут при Нсду = 522 м. Продуктивность пласта увеличилась на 12%. В скв. 46 после ПП и МПД (10 циклов) получен фонтан пластовой воды дебитом 8,64 м³/сут через 8 мм штуцер.

Пласт БТ₁₀ в песчаных фациях развит по всей площади месторождения. В пласте выявлены три газоконденсатные залежи.

Залежь I (в районе скв.11) вскрывают две разведочные (11 и 152) и восемь эксплуатационных скважин на а. о. – 2965 м (скв. 262) – 2976 м (скв. 152). Общая эффективная толщина по залежи изменяется от 34,8 м в скв. 282 до 26,9 м в скв. 267. Эффективная газонасыщенная толщина по залежи изменяется от 8,8 м в скв. 152 до 18,5 м в скв. 271. В пределах принятого ГВК на абсолютных отметках (а.о.) – 2986 м размеры залежи I составили 8×7 км, её высота 21 м. Залежь по типу массивная.

Залежь II (район скв. 22) вскрыта разведочными скважинами 14, 22, 64 и 156 на а. о. – 2975 м (скв. 156) и – 2979 м (скв. 22, 64). Общая эффективная толщина по залежи II изменяется от 21,0 м в скв. 22 до 29,8 м в скв. 64. Эффективная газонасыщенная толщина по залежи II изменяется от 3,0 м в скв. 22 до 10,6 м в скв. 156. В залежи II испытаны две скважины 22 и 64. ГВК в залежи II наклонный, изменяется от а. о. – 2990 м в южной части залежи (р-н скв. 64) до а. о. – 2984 м в северо-восточной части залежи (р-н скв. 22). Средняя отметка ГВК по залежи принята на а. о. – 2988 м. Размеры залежи 15,0×4,3-10,0 км, её высота от 14,0 м до 20,0 м. Залежь массивная.

* Проект доразведки залежей углеводородов в пластах БТ₁₀, БТ₁₁ Берегового нефтегазоконденсатного месторождения. – Тюмень, ОАО «СибНАЦ», 2004 г.

Залежь III выделена к востоку от залежи II на основании структурных построений, выполненных по результатам интерпретации сейсмике 3Д. Залежи расположены близко друг от друга на одном гипсометрическом уровне и разделены небольшим прогибом. В этом районе положение ГВК в залежи II установлено на а. о. – 2984 м, ГВК в залежи III принят на этой же абсолютной отметке. Залежь III имеет размеры 3,7×1,5 км, высота 4,0 м. Залежь массивная.

Пласт БТ₁₀ охарактеризован керном в 12 скважинах. Суммарная проходка с отбором керна по пласту составила 196,6 м., суммарный линейный вынос – 165,8 м., в том числе из проницаемой части вынесено 115,0 м., из газонасыщенной части – 38,8 м., из водонасыщенной части – 76,2 м.

В газонасыщенной части пласта средние значения параметров ФЕС составляют: открытая пористость (по керосинонасыщению) – 17,8 %, проницаемость – 98,97 мД, остаточная водонасыщенность – 37,0 %. Средневзвешенные значения открытой пористости (по керосинонасыщению) составили 18,1 %, проницаемости – 106,2 мД.

По классификации А.А. Ханина породы пласта БТ₁₀ относятся чаще к коллекторам IV и V класса, встречается III и VI класс [2]. Покрышкой для данного пласта служит толща аргиллитов от темно-серых до черных с небольшими прослоями алевролитов, неравномерная по толщине.

В процессе изучения пласта БТ₁₀ Берегового месторождения получены следующие выводы:

1. Вскрытие продуктивного пласта эксплуатационными скважинами №№ 268, 271, 282, 267 рекомендуется вскрыть под углом 30-60 градусов.

2. Контроль за выработкой запасов промыслово-геофизическими методами в скважине № 282 свидетельствует о неравномерной выработке продуктивных пластов. Из перфорированного интервала по пласту БТ₁₀ работают только 77 % разреза.

3. Энергетическое состояние пласта БТ₁₀ соответствует начальным параметрам ввиду не продолжительной его эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бочкарев В. С. Проблемы тектоники Западной Сибири: В книге «Тектоника Западной Сибири», Тюмень, 1987. – С. 5-30.
2. Каналин В. Г., Ованесов М. Г., Шугрин В. П. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология: учебник для вузов. – М.: Недра, 1985.
3. Нестеров И. И., Бочкарев В. С., Боярских Г. К. Геологическая карта СССР, лист Р-42, 43, масштаб 1:1000000. – 1981.
4. Ростовцев Н. Н. Геология и нефтегазоносность России: Избранные труды. – Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2007. – 672 с.

УДК 553.98

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЗАЛЕЖИ ПЛАСТА БУ₁₀ ЮЖНО-ПЫРЕЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

МАМЕЕВА Ю. Р.

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Южно-Пырейное месторождение расположено в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа. В непосредственной близости от него сложилась довольно развитая инфраструктура, что относит его к числу потенциальных объектов организации добычи углеводородного сырья в минимальные сроки. Южно-Пырейное нефтегазоконденсатное месторождение было открыто в 1980 г. поисковой скважиной 210. Получен фонтан газоконденсатной смеси дебитом 108,9 тыс. м³/сут через шайбу 15,9 мм из пласта БУ₁₀. Оно приурочено к Ново-Пырейному локальному поднятию, осложняющему Пырейный структурный мыс – структуру II порядка. При написании данной работы использованы опубликованные [1, 4] и фондовые*.

* Бикбулатова С. Х., Ордин В. А. Подсчет запасов природного газа, газового конденсата и нефти продуктивных отложений Пырейного месторождения в пределах лицензионного участка.

Пласт БУ₁₀ имеет повсеместное распространение, содержит одну сравнительно небольшую залежь, вскрытую скважинами на глубинах 2746-2752 м. Она приурочена к локальному поднятию, выделяемому в районе скв. 210 и 213, которые и вскрыли описываемую залежь. Опробование пласта производилось только в скв. 210. При этом получен фонтан газа дебитом 108,91 тыс. м³ через шайбу диаметром 15,9 мм. В конце процесса испытания были проведены газоконденсатные исследования. При работе через 12,7 мм шайбу дебит газа составил 73,87 тыс. м³/сут, конденсата 26,91 м³/сут. При этом замечено поступление воды дебитом 5,17 м³/сут, но, судя по низкой минерализации, вода техническая.

По насыщению залежь газоконденсатная. Залежь полностью подстилается водой. ГВК выделяется по данным ГИС в скв. 210 в интервале а. о. -2733,5-2734,1 м, а в скв. 213 в интервале а. о. - 2732,7-2735,1 м. В скв. 210 продуктивность пласта доказана испытанием до а.о. -2730,2 м. С учетом этой информации на ГВК залежи проведен по подошве газонасыщенного коллектора в скв. 210 на а. о. -2733,5 м.

Эффективная толщина продуктивной части пласта, вскрытая скважинами, изменяется в диапазоне 4,4-7,0 м. По типу залежь пластовая сводовая, водоплавающая. Она имеет размеры 4,9-6,5x8 км и высоту 11,4 м. Кровля пласта фиксируется региональным репером – чеускинской пачкой глин, приуроченной к кровле сортымской свиты, толщина которой в пределах залежи составляет 5-14 м.

Коэффициент песчаности изменяется от 0,18 до 1 (в среднем 0,6), по залежи – 0,68-0,79 (в среднем 0,74), коэффициент расчлененности 1-14 (в среднем 4,9), по залежи – 11-14 (в среднем 12,5). Основная доля в пласте приходится на пропластки от 1 до 4 м (64,5 %) и менее 1 м (32,8 %). В пласте доля пропластков более 4 м составляет 2,7 %. В пределах залежи коллектор представлен также пропластками от 1 до 4 м (76,0 %) и менее 1 м (24,0 %).

Песчаники темно- и светло-серые, преимущественно мелкозернистые, аркозовые. Структура алевропсаммитовая, текстура однородная, слоистая, линзовидная, ориентированная, обусловленная расположением чешуек слюды, углистой органики, зерен обломков минералов, мелких линз глины. Количество обломочного материала составляет 75-97 %, размеры обломков от 0,1 мм до 0,25 мм, преобладают 0,09-0,12 мм, степень сортировки средняя и хорошая. Обломки пород полуокатанные, полуугловатые; встречаются угловатая и окатанная формы. Содержание основных породообразующих минералов: кварца 35-45 %, полевых шпатов 30-50 %, обломков пород до 20 %, слюды 1-3 %. Зерна кварца чистые, с незначительным включением пелитовых частиц, большинство зерен с регенерационными каемками. Полевые шпаты представлены калиевыми разностями и плагиоклазами с различной степенью пелитизации. Обломки пород состоят из кремнистых, эффузивных, гранитоидных разностей, сланцев, осадочных. Слюда: биотит, хлорит, реже мусковит.

Из аксессуарных примесей наблюдаются гранат, эпидот, турмалин, значительно меньше апатита, магнетит-ильменита. Аутигенные минералы представлены лейкоксеном, пиритом, глауконитом (единичные стяжения), карбонатом. Цемент в песчаниках содержится 5-15 %, тип его пленочно-поровый, порово-пленочный, конформно-регенерационный. Из постседиментационных изменений наблюдаются пелитизация полевых шпатов, регенерация кварца.

Наблюдаются пустые поры от 7 % до 20 %, их диаметры составляют 0,02-0,15 мм, формы сечений: неправильная, угловатая, треугольная; нередко поры соединены извилистыми каналами.

Средневзвешенное значение K_n по пласту составляет 16 %, $K_{пр} - 27,4 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

По классификации А. А. Ханина породы-коллекторы данного пласта относят к IV классу [3].

В газоконденсатной залежи пласта БУ₁₀ были отобраны две пробы стабильного конденсата из скважин 214 и 210 соответственно.

По результатам лабораторных исследований плотность стабильного конденсата пласта БУ₁₀ варьирует в пределах 761-773 кг/м³, молекулярный вес 105-121, вязкость при 20 °С 1,069-1,176 сСт, температура начала кипения 78-103 °С, конца кипения - 308-323 °С соответственно. Конденсат бессернистый – сера содержится в незначительных количествах 0,01-0,02 %, парафина 0,18-0,30 %, смол 13-53 мг/100 мл.

Пласт БУ₁₀ в углеводородном составе имеет 8,21 % ароматики, нафтенов – 35,06 %, метановых – 56,74 %. Стабильный конденсат метано-нафтенового типа по групповому углеводородному составу, определенному методом анилиновых точек.

В процессе изучения пласта БУ₁₀ Южно-Пырейного месторождения получены следующие выводы:

1. По сложности геологического строения залежь относится к категории сложных, что обусловлено литологической невыдержанностью продуктивного пласта.
2. Степень изученности и состояние запасов пласта БУ₁₀ требуют их доразведки.
3. Очень редкая сетка поисковых и разведочных скважин в пределах Южно-Пырейного лицензионного участка, что не позволяет более детально изучить продуктивный пласт и эффективно его разрабатывать.
4. При испытании скв. 214 получен фонтан воды и газа с пленкой конденсата. Поступления воды в этой скважине объясняются негерметичностью цементного кольца.
5. Проникновение ФБР в низкопроницаемые коллектора существенно влияет на продуктивную характеристику пласта, этот процесс снижает приток флюида из интервалов, где по данным ГИС расположены проницаемые пропластки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ростовцев Н. Н. Геология и нефтегазоносность России.
2. Бочкарев В. С. Геологическое строение палеозойского и триасового комплексов в Пуровском регионе и перспективы их нефтегазоносности Надым-Пур-Тазовского междуречья.– Тюмень-Тарко-Сале, 1995. – С. 179-206.
3. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин / Под ред. Г. А. Зотова, З. Г. Алиева. – М.: Недра, 1980. – 301 с.
4. Каналин В. Г., Ованесов М. Г., Шугрин В. П. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология: учебник для вузов. – М.: Недра, 1985.
5. Ростовцев Н. Н. Геология и нефтегазоносность России: Избранные труды. – Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2007. – 672 с.

УДК 553.08

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА АККЕРМАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ

ИШМУХАМЕТОВА В. Т.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В геологическом строении Аккермановского месторождения принимают участие осадочный комплекс палеозоя и перекрывающие его горизонтально залегающие мезозойско-кайнозойские осадочные отложения.

Продуктивная толща представлена известняками визе-серпуховского возраста (C_{1v3-s}). Рельеф поверхности известняков носит резко выраженный карстовый характер. Выступы и впадины известняков чаще всего имеют вертикальные и крутые стенки. В поверхностных частях известняки обычно выщелочены, ноздреваты и трещиноваты. Кроме внешнего карста имеет место и внутренний карст, выполненный охристо-глинистой рудой, ожелезненными глинами и суглинками. Внутренний карст в целом по участкам отработки колеблется от 5 до 25 % при среднем 10 %.

В пределах Аккермановского месторождения какое-либо подразделение известняков на основе их литологической или фаунистической характеристики практически невозможно из-за отсутствия закономерности в их распределении, постепенных переходах одной разновидности в другую. Можно выделить несколько разновидностей, отличающихся окраской и текстурно-структурными особенностями – афанитовые, перекристаллизованные и брекчированные.

Афанитовые известняки по внешнему облику яшмовидные с раковистым изломом, скрытокристаллические. По цвету различаются светло-серые, светло-серые до белого, светло-розовые, серо-розовые, серые, темно-серые и вишнево-красные известняки. Перекристаллизованные известняки обладают яснокристаллической структурой, имеют в основном светло-серый, розовый цвет. Афанитовые и перекристаллизованные разновидности известняков часто пересечены тонкими прожилками вторичного кальцита, содержат значительное количество хорошо сохранившихся остатков фауны (раковины и обломки брахиопод, криноидеи, гастропод, членики иглокожих и др.).

Эти известняки характеризуются значительной крепостью и плотностью и пользуются повсеместным распределением.

Брекчированный известняк состоит из различных обломков (темно-серого, розового, светло-серого, вишнево-красного известняка) размером от 1,0-2,0 мм до 30-50 мм, сцементированных также карбонатом с вишнево-красной глиной. Обломочный материал представлен афанитовым, перекристаллизованным известняком. В шлифах наблюдается значительное разнообразие органических остатков (раковин брахиопод, пелеципод, обломков криноидей, кораллов и т. д.), внутренние полости которых выполнены перекристаллизованным кальцитом. Это свидетельствует о том, что образование брекчированных известняков связано с последующими тектоническими процессами. По своему химическому составу они также отличаются большим содержанием оксида кальция (обычно более 50 %), с повышенным содержанием нерастворимого остатка и оксидов магния. Эта разновидность известняка большой роли в геологическом строении не имеет и приурочена, преимущественно, к крутопадающим зонам нарушений. Своим происхождением эти известняки, очевидно, обязаны динамическому воздействию в процессе складкообразования.

Текстура известняков полезной толщи Аккермановского месторождения обычно массивная, слоистость практически отсутствует. Это плотные, сливные породы, обладающие либо скрытокристаллическими (яшмовидные разности), либо полукристаллическими и кристаллическими (мраморизованные разности) сложением с весьма постепенными между собой переходами. Афанитовые известняки имеют раковистый излом, по внешнему облику напоминают яшму. Кристалличность и степень ее в известняках изменяется в весьма широких пределах, от почти некристаллического до явнокристаллического, неравномерно-зернистого, мраморовидного.

В известняках Аккермановского месторождения отмечаются вторичные процессы, проявляющиеся в:

1) перекристаллизации карбонатных минералов. Причиной перекристаллизации является стремление вещества к уменьшению поверхностной энергии, что достигается при возрастании величины зерен. Таким образом, перекристаллизация заключается в изменении размера зерен без изменения химического состава.

2) доломитизации известняков, которая установлена лишь по единичным анализам.

Под микроскопом в шлифах известняков определяется тонко- и микрозернистая, пелитоморфная, иногда детритусово-фораминиферо-шламовая и кристаллическая структуры без признаков слоистости. Известняк состоит из тонкозернистой массы кальцита, среди которой встречаются обломки различной как макро- (брахиоподы, гастроподы, одиночные кораллы и криноидеи), так и микрофауны, сложенные перекристаллизованным кальцитом и отличаются значительной чистотой. Все органические остатки в изучаемом известняке указывают на относительно небольшие глубины бассейна с обильным доступом кислорода в придонную часть воды. Различная величина и неодинаковая степень разрушения скелетных остатков криноидеи свидетельствуют о погребении их на месте существования и о слабой подвижности придонных вод. Крупные особи фораминифер также указывают на благоприятный геохимический и пищевой режим, нормальную соленость бассейна.

Формирование толщи известняков протекало в сравнительно стабильных морских условиях без резких колебательных движений, которое обусловило однородность известняков. Развитие более редких разностей (брекчированных, замещенных) известняков связано с последующими тектоническими нарушениями, процессами карстообразования и выветривания.

Проведенная классическая статистическая оценка по химическим анализам компонентов известняка (гистограммы, расчеты меры положения и меры рассеяния) подтверждает, что известняки Аккермановского месторождения отличаются исключительным постоянством и чистотой химического состава и пригодны в качестве флюсового, цементного сырья.

Известняки по качеству относятся к первому сорту, среднее содержание оксида кальция – 54,0 %, нерастворимого остатка – 1,25 %, оксида фосфора – 0,012 %, оксида магния – 0,5 %.

Переменное количество содержания оксида фосфора в известняках связано, видимо, с микрофауной. Низкое содержание серы в известняке связано с малым содержанием тонкодисперсного пирита. По содержанию оксида магния известняки также весьма чистые. В известняках содержание красящих оксидов (титана, железа, марганца, хрома) весьма незначительное и находится в пределах тысячных, редко достигая сотых значений долей процента. Присутствие щелочей (оксидов калия и натрия) является обычным для весьма чистых разностей

известняков и не превышает сотых долей процента. Потери после прокаливания находятся в прямой зависимости от содержания оксида кальция – чем больше содержание этого компонента в породе, тем выше потери после прокаливания. Они меняются в пределах от 30,66 % до 44,56 %, составляя в среднем 43,5 %.

Как показывают химические анализы, лишь в редких случаях в первых 2-3 метрах от дневной поверхности только трещиноватые известняки дают несколько повышенное содержание нерастворимого остатка и полуторных окислов, выраженное десятными долями процента. С глубиной содержание оксида кальция в известняках постепенно увеличивается. Таким образом, процессы выветривания не оказывают существенного влияния на химический состав известняков и выражаются лишь в дезинтеграции и метасоматическом замещении карбоната кальция рудными веществами вдоль трещин.

Загрязненность известняков кремнеземом и оксидом магния связана с циркуляцией поверхностных вод, которые, в свою очередь, выносили эти элементы, вероятно, из ультраосновных пород, залегающих вблизи месторождения, а также из покрывающих глин, где содержание, в частности, оксида магния высокое. Кровля известняков, в среднем на глубину 3,0-5,0 м, имеет разрушенный и трещиноватый характер. Эта зона наиболее интенсивного выветривания характеризуется значительным развитием трещин отдельности, участками расширенных, мелких карстовых полостей, каверн, часто заполненных песчано-глинистым материалом.

По составленным матрицам парных коэффициентов корреляции установлена закономерность уменьшения содержаний оксида кальция за счет увеличения оксида магния и нерастворимого остатка во всех разновидностях известняка (за счет привноса и выноса компонентов).

В заключение можно отметить, что известняки в результате процессов выветривания не испытали особых изменений в отношении химического состава.

Охарактеризованная выше изменчивость химизма известняков по отдельным пробам не отразится на качестве товарного известняка, так как при отработке месторождения будет производиться усреднение и стабилизация состава в направлении наиболее типичных значений.

УДК 552.48:550.4

АМФИБОЛИТЫ ПОЛЯРНОГО УРАЛА И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

ГРОМОВА А. И., РЫБАЛКО В. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Предметом исследования явились метаморфические породы – амфиболиты ханмейхойской свиты раннепротерозойского возраста Харбейского блока Полярного Урала.

Целевое направление исследовательских работ заключалось в оценке горных пород на предмет нерудного сырья и уточнения генезиса метаморфитов.

Актуальность заданной темы выражается в географическом расположении данных образований в зоне проекта «Урал промышленный – Урал Полярный». Несомненно, что с реализацией данного проекта сопряжены проблемы урбанизаций северных территорий, в том числе наличие местных строительных материалов и других полезных ископаемых. Общеизвестно, что к геолого-промышленному типу месторождений петругигического сырья в России и ряде зарубежных стран относятся мощные горизонты метаморфических базитовых пород – амфиболитов. Петругигия – это синоним каменного литья, т. е. получение изделий, в том числе минеральной ваты, из горных пород путем их расплавления и последующей определенной формы. Литой камень обладает высокой кислото-щелочностойкостью, высокой твердостью, огнеупорностью, термо- и морозоустойчивостью, высокими электроизоляционными свойствами, высокой прочностью.

Краткая характеристика минерального сырья. Амфиболиты Харбейского блока сформированы в условиях амфиболитовой фации. Они представлены в регионе двумя минеральными разновидностями – полевошпатовыми и безполевошпатовыми, первые преобладают. Первичные метаморфические минералы немногочисленные – это обыкновенная роговая обманка и плагиоклаз плюс нередко гранат с высоким (около 80 %) содержанием

альмандинового минерала. Акцессорные минералы включают магнетит, апатит, рутил, титанит, ортит. К типоморфным акцессориям относятся апатит и титансодержащие минералы. Обычно в амфиболитах присутствуют в небольшом количестве вторичные минералы: альбит, эпидот, клиноцоизит, хлорит, кварц – реже биотит, мусковит, кальцит.

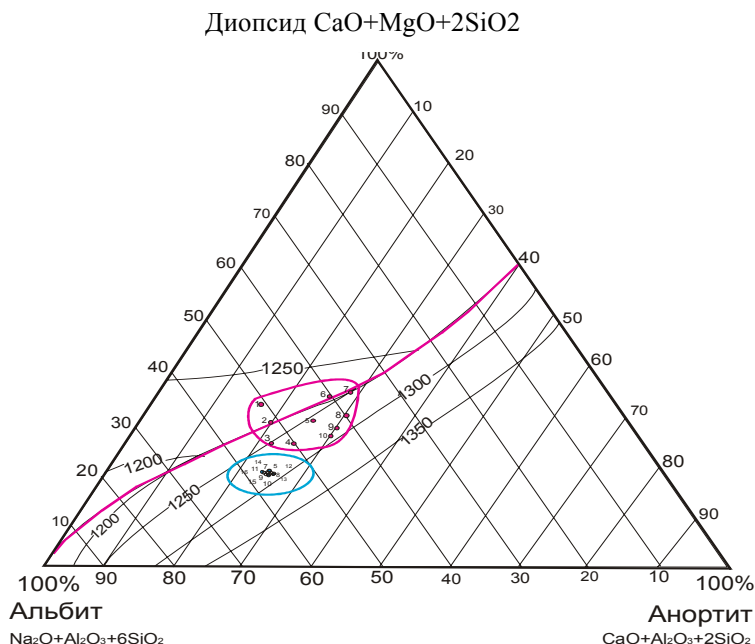
Бесполовошпатовые амфиболиты состоят из обыкновенной роговой обманки, граната, цоизита и кварца, иногда присутствуют эпидот и кальцит. Данные породы сформированы в иных термодинамических условиях и представляют собой скорее петрографические аномалии, об этом свидетельствует наличие морфологических признаков в виде граната с ситовой структурой и равновесная ассоциация – роговой обманки и цоизита, что ранее было отмечено Бутиным В. В. [1].

Изучаемые породы характеризуются низкой магнитной восприимчивостью со значением от 3,0 до 7,0 ед. СИ (выборка из 30 образцов). Незначительное количество проб (9 %) имеют повышенные значения (120-130 единиц СИ), что очевидно связано с наложенной минерализацией.

Для пород свойственны повышенные концентрации меди {КК = 1-2}, цинка {КК = 1-4}, свинца {КК = 1-33}, бария {КК = 1-3}. Данные получены по результатам полуколичественного спектрального анализа.

При сопоставлении химического состава амфиболитов, обладающих наилучшими литейными свойствами [2], и амфиболитов Полярного Урала установлено значительное сходство по содержанию оксидов. Отмечаются незначительные отклонения в нехватке оксида кальция и избытка диоксида железа. Оба компонента имеют положительное значение, так как способствуют понижению вязкости и улучшению кристаллизационной способности расплавов. Таким образом, избыток железа покрывает недостаток кальция.

На диаграмме (рис. 1) ореол фигуративных точек амфиболитов Полярного Урала располагается ниже ореола фигуративных точек пород эксплуатируемых месторождений и приближается к котектической линии 1300°, что является отрицательным фактором, поскольку означает увеличение энергетических затрат. Необходимо отметить, что эти затраты, по-видимому, не очень велики, т. к. 60 % эталонных фигуративных точек и все точки изучаемых амфиболитов располагаются в интервале температур 1250-1300°.



Парагенетическая диаграмма «альбит-анортит-диопсид»

Генезис амфиболитов связан с качеством сырья, поскольку практический интерес представляют только метабазиты – так называемые ортоамфиболиты. Свидетельство о первично-магматической природе амфиболитов Полярного Урала установлено Бутиным В. В. на основании имеющихся диаграмм, дискриминантных функций и геологических условий залегания

амфиболитов. В пользу выводов Бутина В. В. свидетельствует такой минералогический критерий, как наличие или отсутствие циркона. Рядом исследователей установлено, что в ортоамфиболитах циркон присутствует в редких знаках или отсутствует совсем – что и характерно для амфиболитов Полярного Урала [4]. Повышенные содержания циркона {КК=1,33} в отдельных пробах объясняется, по-видимому, присутствием его в качестве изоморфной примеси в минералах.

Предпринятая попытка по разделению пара- и ортоамфиболитов на основе данных спектральных анализов не дала положительных результатов по критериям Сидоренко В. В. [3]. По результатам спектрального анализа выборки вычислены коэффициенты концентраций элементов (региональные средние содержания рекомендованные ИМГРЭ) и сделан корреляционный анализ (см. таблицу) с гистограммами для большей наглядности закономерностей варьирования признаков.

Матрица парных коэффициентов корреляции

	Cu	Zn	Pb	Sn	Ag	Mo	Be	Cr	Ni	Co	Sr	Ba	Ti	V	Mn	Sc	P	Ge	Nb	Zr
Cu	1	0,25	-0,29	0,13	0,14	-0,09	-0,2	0,09	0,29	0,48	-0,14	-0,4	0,38	0,74	0,27	0,18	0,29	0,45	0,11	-0,15
Zn		1	0,64	0,66	-0,06	0,53	0,47	-0,04	0,19	0,23	0,01	-0,12	0,62	0,53	0,4	0,51	0,63	0,74	0,29	0,16
Pb			1	0,65	-0,05	0,39	0,56	-0,37	-0,33	-0,15	0,13	0,28	0,18	-0,03	-0,14	0,04	0,35	0,3	0,3	0,38
Sn				1	0,18	0,42	0,68	0,01	0,07	0,34	0,18	0,17	0,34	0,18	0,18	0,08	0,31	0,52	0,63	0,48
Ag					1	-0,15	-0,06	-0,14	-0,23	-0,27	-0,38	0,3	-0,23	0,15	-0,24	-0,3	-0,07	-0,03	0,3	0,16
Mo						1	0,57	-0,16	0,02	0,17	0,28	0,12	0,09	0,09	0,07	0,39	0,02	0,42	0,07	0
Be							1	-0,33	-0,24	0,08	0,28	0,44	0,08	-0,08	0,19	0,13	0,27	0,34	0,37	0,48
Cr								1	0,86	0,58	-0,01	-0,42	0,28	0,04	0,28	0,24	-0,1	0,11	-0,03	-0,12
Ni									1	0,63	0,07	-0,61	0,45	0,22	0,38	0,41	0,07	0,4	-0,07	-0,27
Co										1	0,05	-0,28	0,43	0,3	0,41	0,37	-0,03	0,33	0,18	-0,11
Sr											1	0,05	0,03	-0,09	-0,07	0,12	-0,06	-0,01	-0,02	0,3
Ba												1	-0,6	-0,46	-0,33	-0,46	0,02	-0,55	0,37	0,49
Ti													1	0,66	0,53	0,55	0,35	0,64	0,08	-0,05
V														1	0,47	0,54	0,38	0,61	0,02	-0,12
Mn															1	0,57	0,47	0,43	0,07	0,15
Sc																1	0,19	0,64	-0,39	-0,29
P																	1	0,4	0,32	0,4
Ge																		1	0	-0,12
Nb																			1	0,6
Zr																				1

Выводы. Амфиболиты Ханмейхойской свиты вполне пригодны в качестве петруггического сырья, кроме этого, в районе имеются большие резервы, представленные магматическими породами основного состава. Положительными моментами являются непосредственные выходы коренных пород на дневную поверхность, а также их расположение в непосредственной близости от железной дороги.

Полученная корреляционная диаграмма элементов на основе компьютерной обработки может быть использована при металлогенических исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутин В.В. Геология и условия формирования гнейсо-амфиболитового комплекса южной части Харбейского антиклинория (Полярный Урал). Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Свердловск: 1973. – С. 64-65.
2. Еремин Н. И. Неметаллические полезные ископаемые. – М.: Изд-во Московского университета, ИКЦ «Академкнига», 2007. – С. 435-440.
3. Сидоренко А. В., Теняков В. А., Розен О. М., Жук-Почекутов К. А., Горбачев О. В. Пара- и ортоамфиболиты докембрия. – М.: Изд-во «Наука», 1972. – С. 198.
4. Хильтова В. Я., Савельев А. А. К методике разделения орто- и параамфиболитов. – Л.: Наука, 1970. – С. 80-84.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПЕСКОВ МАЛЬЦЕВСКОГО УЧАСТКА (ТУГУЛЫМСКИЙ РАЙОН)

ЧЕРЕПКОВ А. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Мальцевский участок строительных песков расположен в Тугулымском районе Свердловской области в 3 км к юго-западу от с. Мальцево, в 7 км юго-восточнее ж/д ст. Кармак.

Строительные пески выявлены в пределах четвертичных аллювиальных отложений 2-й и 3-й надпойменных террас рисс-вюрмского ярусов левобережья р. Пышмы и аллювиально-озерных отложений куртамышской свиты среднего олигоцена. Они представлены одной небольшой пластообразной залежью, имеющей в плане форму трапеции. Размеры залежи: протягивается с севера на юг на 740 м, ширина на севере 680 м, на юге – 430 м.

Полезную толщу слагают *аллювиальные* пески русловой фации четвертичного возраста и аллювиально-озерные пески куртамышской свиты. Изучение легкой фракции песков четвертично-аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений показало, что в ней присутствуют кварц, полевые шпаты, глинистые и слюдисто-глинистые образования, обломки кремнистых пород, биотит, мусковит, органические остатки.

В составе тяжелой фракции в четвертично-аллювиальных отложениях в магнитной фракции присутствуют минералы: магнетит, ильменит, гематит; 1 электромагнитная (э/м) фракция: ильменит, мартит, хромит, гранат; 2 э/м фракция: амфибол, эпидот, сфен, гидроксид железа; тяжелая фракция: циркон, пирит.

В составе тяжелой фракции в озерно-аллювиальных отложениях в магнитной фракции присутствуют минералы: магнетит, ильменит, гематит; 1 э/м фракция: ильменит, мартит, хромит, гранат; 2 э/м фракция: амфибол, эпидот, сфен, гидроксид железа; тяжелая фракция: циркон, пирит.

Пески Мальцевского участка обоих слоев полезной толщи отличаются друг от друга очень незначительно по минеральному составу, пески месторождения преимущественно кварцевые с незначительной примесью полевых шпатов, реже полевошпат-кварцевые.

В составе тяжелой фракции четвертично-аллювиальных отложений резко преобладают эпидот, амфибол и ильменит. В небольших количествах присутствуют гранат, сфен, циркон. В песках озерно-аллювиальных отложений в очень небольших количествах встречаются рутил, пирит-марказит, магнетит.

Верхний слой полезной толщи сложен, в основном, очень тонкими (40,3 %) и тонкими (37,8 %) песками. Очень мелкие пески составляют в этом слое всего 21,9 %. Очень тонкие пески слагают или всю толщу слоя в северной и северо-западных частях месторождения, или его верхнюю часть. Пески нижнего слоя отличаются большей крупностью зерен. Большая их часть относится к группе тонкого песка (56,8 %) и очень мелкого (36,2 %), лишь 7 % песков слоя – это очень тонкие пески с модулями крупности 0,65-0,68.

По своему вещественному составу разновозрастные пески могут быть объединены в одну полезную толщу.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ГЛИН УЧАСТКА БОЛОТО БОЛЬШОЙ ПАДУН ТРОИЦКО-БАЙНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ДАНИЛУШКИНА С. Е.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Объектом для проведения исследования явилась минералого-геохимическая характеристика и условия формирования Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глины залежи огнеупорных глин участка Болото Большой Падун Троицко-Байновского месторождения – одной из крупнейших на Урале. Данный участок является частью крупной залежи глин, в плане вытянутом в меридиональном направлении.

Площадь Троицко-Байновского месторождения составляет около 75 км². В пределах месторождения в результате геологоразведочных работ выявлено несколько залежей огнеупорных глин. Месторождение эксплуатируется с 1930 года, большая часть залежей и участков практически отработана.

Геологическое строение месторождения характеризуется двухъярусной композицией. Нижний ярус (фундамент) сложен системой поднятых и опущенных блоков. В пределах поднятых блоков локализованы осадочно-вулканогенные образования позднедевонского возраста. Данные отложения являются продуктами островодужного вулканизма и морских прибрежных (околоостроводужных) фаций.

Опущенные блоки сложены образованиями каменноугольного возраста. Нижние части разреза представлены терригенными (прибрежными) обломочными породами – конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами с пластами углей. Выше по разрезу залегают известняки с обильной фауной и доломиты (мелководные морские отложения). Участками известняки мраморизованы либо окремнены. Завершается разрез среднекаменноугольными обломочными образованиями – конгломератами, песчаниками, алевролитами с прослоями известняков и гипсоносных пород.

Второй структурный ярус представлен слабосцементированными и несцементированными отложениями. Они слагают так называемый «платформенный чехол». В региональном плане породы, слагающие чехол, имеют слоистое строение, залегают близгоризонтально с деформациями первичного залегания на локальных участках.

Возрастной перерыв между породами фундамента и породами, слагающими платформенный чехол, значительный и составляет около 200 млн. лет. В течение этого периода происходило разрушение Уральских гор, выхолаживание рельефа и формирование коры выветривания в условиях умеренного и сухого климата, что и предопределило каолиновый профиль коры выветривания.

Месторождение приурочено к нижнемеловым континентальным отложениям. Песчано-глинистая толща, включающая огнеупорные глины, залегают на беликах или известняках нижнего карбона. В кровле залегают верхнемеловые глауконитовые пески и неогеновые песчано-глинистые отложения и опоки. Залежи глин отмечаются сложной морфологией, глины выступают в виде гребней, различно ориентированных и непостоянных по величине. Длина их колеблется от 50 до 1500 м, а ширина – от 2 до 30 м. Мощность продуктивной толщи изменяется от 1-3 м в пережимах, до 40-50 – в раздувах.

Огнеупорные глины залегают в синарской свите. Форма залегания отложений синарской свиты очень изменчива, от спокойной пластовой, что наблюдается редко, через в различной степени волнистую до складкообразной.

Гребневая форма – самая сложная на месторождении. Поэтому ее еще называют «полдневской». Характерной особенностью гребневой формы является залегание синарской свиты в виде крутых «складок» (гребней) высотой от 10 до 60 м. Длина гребней самая различная, от 40-50 до 800 м. Конфигурация их очень сложная извилистая. Местами гребни образуют замкнутые кольца. Склоны гребней крутые, обычно около 80 градусов, часто вертикальные и нередко более или менее сильно опрокинутые. Вершины гребней располагаются обычно на глубине 2-5 м от поверхности земли, но местами погружаются до 10-18 м. Ширина колеблется от 5 до 30-40 м, иногда достигает 50-60 м. Встречаются гребни куполообразные.

Волнисто-пластовая форма была хорошо выражена и длительное время наблюдалась в карьерах на основной, южной части Межниковской залежи. Эту форму называют «межниковской». Она представляет собой сочетание пластовой и гребневой форм.

Пробы изучены следующими способами:

- Рентгеноструктурного анализа на приборах ДРОН-2 и ДРОН-3 (в лабораториях УГГУ и ИГиГ УрО РАН) по стандартной методике для изучения глин.
- Электронно-микроскопического анализа в лаборатории УГГУ.
- Полный спектральный анализ в лаборатории УГГУ.

В пределах участка выделяются три основных разновидности огнеупорных глин: белые, серые, красные.

Путем рентгеноструктурного и спектрального анализа был определен минеральный и химический состав данных разновидностей глин (табл. 1).

Состав белых глин – каолинит.

Состав серых глин – каолинит с примесью кварца.

Состав красных глин – каолинит, гетит, сидерит, кварц отсутствует.

Основной фракцией в огнеупорных глинах участка Болото Большой Падун, как и других участков Троицко-Байновского месторождения, является фракция 0,01мм, составляющая в 10 изученных образцах от 70 до 98 %. В 5 образцах глин экстра, 2-го и 3-го сортов эта фракция представлена каолинитом, составляющим 60-70 % в глинах 2-го и 3-го сортов и 70-90% - в глинах марки экстра. Также в глинах установлено присутствие следующих минералов: кварц, полевой шпат, слюда, хлорит, растительные остатки. В виде единичных зерен встречаются глауконит и сферосидерит.

Таблица 1

Содержание химических элементов в глинах, $n \cdot 10^{-3} \%$

	Cu	Zn	Pb	As	Ag	Be	Cr	Ni	Co	Sr	Ti	V	Mn	P	Yb	Zr
1	20	70	7	10	0,003	0,18	30	3	1	100	500	20	200	100	0,15	18
2	3	10	1,8	0	0	0	10	1	0	0	600	20	50	100	0,1	20
3	15	10	2	0	0,003	0,1	15	20	9	0	400	20	15	70	0,1	10
4	5	10	1	0	0,003	0,1	20	10	0,7	0	700	18	10	0	0,15	18
5	20	30	4	0	0	0,18	20	20	10	150	600	18	180	0	0,6	20
6	20	20	1,5	0	0	0	15	9	2	0	600	15	70	70	0,18	50
7	5	15	1,8	0	0	0	20	3	0,5	0	700	30	10	0	0,15	20
8	5	10	1	0	0	0,1	40	4	0,5	0	700	20	70	60	0,2	30
9	5	10	1,8	0	0	0	15	7	2	10	600	18	10	90	0,1	15
10	2	9	3	0	0	0,2	18	15	0,7	150	500	20	60	150	0,2	18

Таблица 2

Содержание химических элементов в разновидностях глин, $n \cdot 10^{-3} \%$

	Cu	Zn	Pb	As	Ag	Be	Cr	Ni	Co	Sr	Ti	V	Mn	P	Yb	Zr
1 ТБП-1	20	70	7	10	0,003	0,18	30	3	1	100	500	20	200	100	0,15	18
5 ТБП-2	20	30	4	0	0	0,18	20	20	10	150	600	18	180	0	0,6	20
3 ТБП-3	15	10	2	0	0,003	0,1	15	20	9	0	400	20	15	70	0,1	10

Из всех десяти проб были выбраны три, соответствующие каждому из сортов глин, для наглядного сравнения их состава (табл. 2). Из табл. 2 видно, что с понижением качества глин уменьшается наличие таких попутных компонентов, как Cu, Zn, Ti, а растет количество Ni. Изменение состава может быть связано с различными условиями отложения и формирования продуктивных пластов огнеупорных глин.

В таблицах приведен состав огнеупорных глин участка Болото Большой Падун по данным исследований. Определения производились главным образом по результатам спектрального и минералогического анализа. Для единичных проб был произведен рентгеноспектральный анализ.

Сопоставляя минеральный состав огнеупорных глин участка Болото Большой Падун, можно сделать следующие выводы:

1. Минеральный состав глин практически совпадает (на 90-95 %). Это свидетельствует о неизменности контуров области сноса и стабильности водной сети периода осадконакопления синарской (продуктивной) свиты.

2. Основные породообразующие минералы также сходны во всех разновидностях глин.

3. Другой отличительной особенностью некоторых разновидностей глин является повышенное содержание кварца до 20-50 % , в среднем содержание кварца не более 5-10 %.

4. Поскольку данная фракция является основной составляющей огнеупорных глин, избыток кварца, возможно, отрицательно отражается на производственном процессе.

5. Из анализа минеральных ассоциаций следует, что в питающей провинции размывались преимущественно коры выветривания по кислым интрузивным породам (гранитам), в меньшей степени – коры выветривания по породам «основного» и ультраосновного состава (обедненных кремнеземом). На это указывает наличие титанистых (ильменит) и хромсодержащих (хромит) минералов. Еще одним и источником минералов глин, по-видимому, являлись вулканические породы с гидрослюдистым профилем коры выветривания. Минералы (марказит, пирит, сидерит, гидроокислы железа (гетит)) неравномерно распространены.

УДК: 553.41+553.41.3 (470.5)

ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РАЙОНА ВЕРХОВЬЕВ РЕК ИОУТЫНЬЯ, ПЕЧОРА, БОЛ. СОСЬВА (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

ПЕТРОВ Г. А.

Уральская геологосъемочная экспедиция

ИЛЬЯСОВА Г. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В связи с проектированием железной дороги Ивдель-Лабытнанги (национальный проект «Урал промышленный – Урал Полярный») в сферу региональных геологосъемочных исследований вовлекаются слабо изученные районы Северного Урала. Одним из таких районов является территория листа Р-40-ХVIII, расположенная в приводораздельной части Урала в верховьях рек Иоутынья, Печора, Бол. Сосьва. Наибольший интерес в пределах этого района приобретает изучение золоторудных проявлений и россыпей. В сообщении приведены результаты предварительного анализа собранных авторами литературных и фондовых материалов.

Характеризуемая площадь находится в водораздельной части Северного Урала и включает в себя фрагменты 3-х минерагенических мегазон – Западно-Уральской, Центрально-Уральской и Тагильской. Каждой из этих мегазон свойственна своя минерагеническая специализация (см. рисунок).

Западно-Уральская минерагеническая мегазона соответствует одноименной структурно-фациальной зоне и включает в себя фрагменты Кожимско-Висимской золото-железородно-полиметаллической и Верхнеманьинско-Синегорской железо-золоторудной зон. Развитые на западе геологические образования входят в состав Косью-Вишерской складчато-надвиговой зоны, а на востоке слагают Присалатимский аллохтон [2]. Эти структуры охватывают площадь распространения карбонатно-терригенных пород широкого возрастного диапазона (от кембрия до позднего девона).

Район характеризуется широким распространением как золоторудных, так и золотороссыпных проявлений. Локализация золотого оруденения связана, чаще всего, с тектонически ослабленными зонами и метасоматически измененными (альбитизированными, окварцованными,

серицитизированными, пиритизированными) образованиями саранхапнерской и хомасьинской свит. Объекты относятся к золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой рудным формациям. Севернее в сходной геологической позиции находится месторождение Дальнее золото-полиметаллического типа, приуроченное к эндоконтактовой части тел кислых вулканитов ордовикского возраста. Эндоконтактовые зоны представлены метасоматитами кварцевого, кварц-баритового, кварц-серицитового, кварц-альбит-серицитового и существенно хлоритового состава [1].

По данным Е. В. Матвеевой [3], на исследуемой территории золотое оруденение установлено в верховьях р. Тосемтоу в отложениях саранхапнерской свиты, где содержание золота достигает 2,5 г/т. В междуречье рек Тосемтоу и Луцоуль в упомянутой свите выявлены содержания золота от 0,3-0,5 г/т, а в левобережье Луцоульи среди слюдисто-кварцевых сланцев с прослоями песчаников в зоне измененных пород установлены содержания золота 0,9-2,9 г/т. В образованиях саранхапнерской и польинской свит обнаружены рудопроявления золото-сульфидного (пиритового) типа с содержаниями золота 0,1 и 0,3 г/т.

В состав **Центрально-Уральской минерагенической мегазоны** входит фрагмент Ляпинской редкометалльно-вольфрамово-золоторудной зоны, включающей образования Маньхамбовского и Выдерьинско-Ниолсовского антиклинориев [2]. С востока эта структура ограничивается Присалатимским надвигом, с запада – Осевым надвигом (см. рисунок). Образования Ляпинской зоны представлены пестрыми по составу метаморфизованными породами рифейского возраста – вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными. Вопрос о принадлежности этих образований к саблегорской и мороинской свитам пока остается открытым.

В виду труднодоступности район слабо изучен. Здесь известна пока что одна россыпь в верховьях р. Печоры. Севернее в аналогичных породах – допалеозойских филлитовидных и алевролитовых сланцах, кварцитах с проявлениями гидротермально-метасоматических изменений отмечены золоторудные объекты; например, Тольинское рудопроявление с содержаниями Au до 0,5 г/т, серебра – 15,6 и 10,4 г/т [3].

Не меньший интерес на анализируемой территории вызывают присутствующие в подошве разреза саблегорской(?) и хобеинской(?) свит линз и пластовых тел конгломератов. Требуют тщательного изучения и поля развития кислых вулканитов, содержащие ореолы кварц-серицитовых метасоматитов. В кислых субвулканитах и связанных с ними метасоматитах отмечена прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация, в том числе с видимым золотом. Учитывая изложенное, фрагмент Ляпинской зоны представляет безусловный интерес в отношении поисков золотого оруденения.

Тагильская мегазона включает фрагменты двух минерагенических зон – Западно-Тагильской платино-железо-меднорудной и ванадиево-титаноносной, а также Центрально-Тагильской золото-железородной. Они структурно совпадают с Тагильской складчато-надвиговой областью (см рисунок). Изучаемый фрагмент мегазоны ограничивается с запада Главным Уральским разломом, вдоль которого (восточнее) прослеживается полоса войкарско-кемпирсайского меланжевого комплекса (O-D).

Для данного района также характерно присутствие золоторудных объектов золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой, золото-сульфидной рудных формаций. Ряд рудопроявлений приурочен к западному контакту тагило-кытлымского габбро-норитового комплекса. Здесь в долинах рек отмечено в песчаных и гравийно-галечниковых отложениях присутствие крупного россыпного золота. Перспективна в отношении золотоносности и полоса меланжа, примыкающего с востока к Главному Уральскому разлому. В пределах Тагильской мегазоны отмечены процессы гидротермальной проработки, признаки рудогенеза. Разбитые на отдельные блоки породы комплекса являются благоприятной средой для рудоотложения. Южнее рамки планшета, в районе устья р. Анчуг (Северный Урал), в подобном матрикс меланжевого комплекса А. Е. Степановым установлено содержание золота, достигающее 3,15 г/т. В восточном эндоконтакте интрузивного комплекса плагиогранитов и диоритов также отмечена серия рудопроявлений золота, приуроченных к вулканогенным и осадочно-вулканогенным породам ордовика-силура; установлено присутствие сульфидизированных, гематитизированных, окварцованных и серицитизированных пород с содержаниями золота до 0,5-1,7 г/т [3].

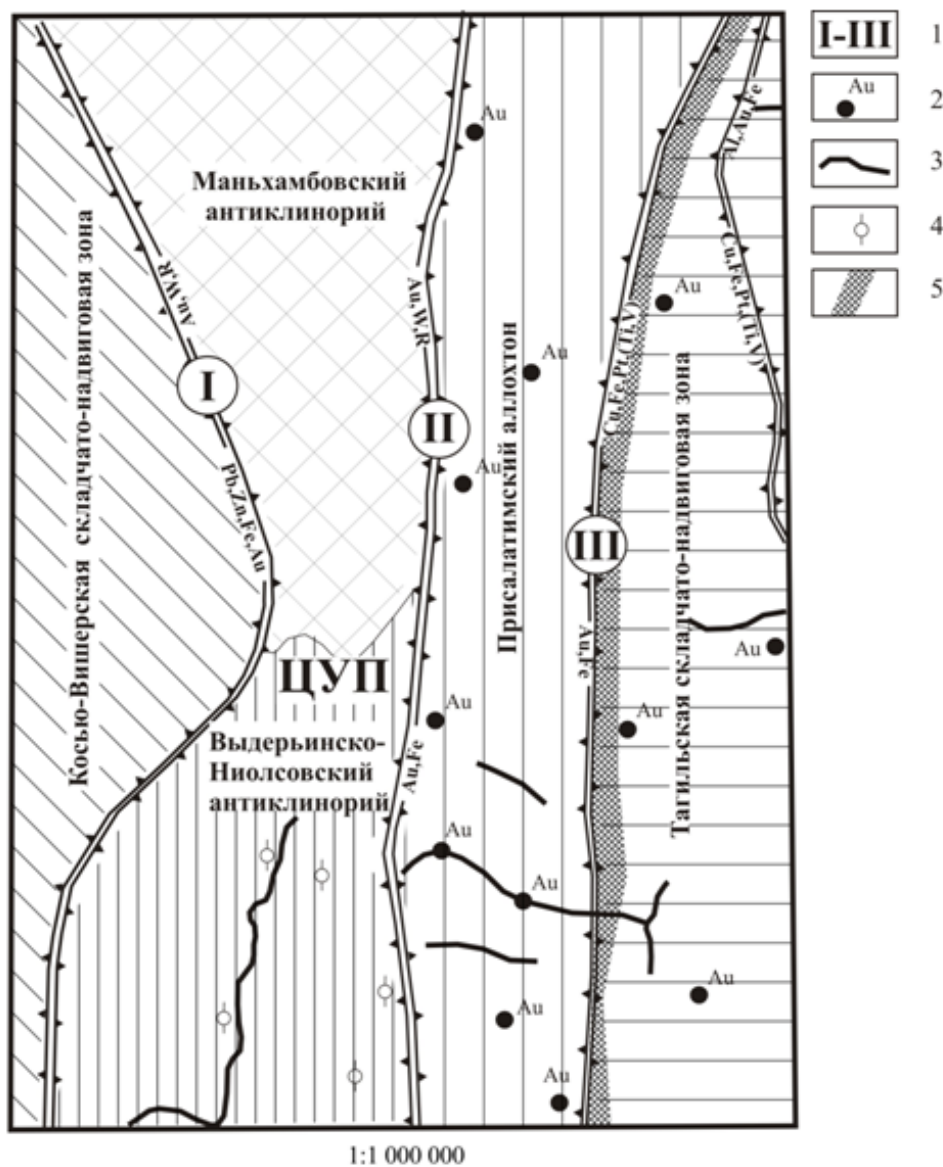


Схема размещения золоторудной минерализации зоны сочленения ведущих минерагенических мегазон:

- 1 - ведущие надвиговые структуры: I - Осевой, II - Присалатимский, III - Главный Уральский;
 2 - коренные проявления золота; 3 - россыпи золота; 4 - выявленные ореолы рассеяния золота;
 5 - зона меланжа

Минерагенические подразделения Уральского минерагенического пояса, их металлическая специализация

Западно-Уральская минерагеническая мегазона

- Pb,Zn,Fe,Au — Кожимско-Висимская золото-железородно- полиметаллическая минерагеническая зона
- Au,Fe — Верхнеманьинско-Синегорская железо-золоторудная минерагеническая зона

Центрально-Уральская минерагеническая мегазона

- Au,W,R — Ляпинская редкометалльно- вольфрамово-золоторудная минерагеническая зона

Тагильская минерагеническая мегазона

- Cu,Fe,Pt,(Ti,V) — Западно-Тагильская ванадиево-титаноносная платино-железо-меднородная минерагеническая зона
- Al,Au,Fe — Центрально-Тагильская золото-железородная и бокситоносная минерагеническая зона

Оценивая перспективы золоторудной минерализации территории, следует отметить, что многочисленные и рассредоточенные по площади золоторудные объекты требуют дальнейшего изучения. Одной из главных задач является выявление и уточнение контуров развития золоторудных, а также рудно-россыпных узлов и полей с предварительной оценкой в их пределах прогнозных ресурсов категории P_2 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буханов А. В. и др. Поисковые работы на золото в пределах Усть-Маньинского рудно-экономического узла, ХМАО, 2003. – С. 96-98.
2. Водолазская В. П., Иванов В. Н., Петров Г. А. и др. Объяснительная записка к Государственной геологической карте масштаба 1:1 000 000 Уральской серии. Лист Р-40 (Североуральск). – С.-П.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. – С. 136-145.
3. Матвеева Е. В., Остроумова Н. П. Обобщение и анализ материалов по типоморфным особенностям самородного золота Ляпинского и Северо-Сосьвинского золотоносных районов, ЦНИГРИ, 2005. – С. 56-60.

УДК 552.3

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МЕЗОЗОЙСКИХ (?) ДАЕК ОСНОВНОГО СОСТАВА ХАРБЕЙСКОГО БЛОКА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

КУЗНЕЦОВ Д. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Полевыми работами 2009 года в пределах Харбейского метаморфического блока были откартированы габбро-долериты, предположительно относимые к яляхскому ($\tau\beta T_3-J_{1l}$) щелочно габбро-долеритовому комплексу. Дайка габбро-долеритов, мощностью 5 метров, располагается в гнейсах ханмейхойской свиты (PR_1 hn). Плойчатые сланцеватые гнейсы, имеющие азимут падения 200° и угол падения 50° , прорываются дайковым магматическим телом, с азимутом падения 48° и углом падения 62° .

Изучаемые долериты имеют тёмно-зелёную окраску, мелкозернистую структуру и массивную текстуру. В зоне закалки, на контакте с гнейсами, порода обладает порфировой структурой, вкрапленники представлены плагиоклазом и пироксеном размером 1 мм. Текстура основной массы массивная. Плотность породы $3,03 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость $7493 \cdot 10^{-5}$ СИ.

Долериты представляют собой полнокристаллические мелкозернистые породы, состоящие, главным образом, из плагиоклаза и пироксена. Структура породы офитовая, призматические зёрна плагиоклаза идиоморфны по отношению к пироксену.

Минеральный вид плагиоклаза, по углу симметричного угасания в полисинтетических двойниках по альбитовому закону $\alpha=29^\circ$, относится к лабрадору № 50. Плагиоклаз имеет призматический облик, средний размер сечений в шлифе 1 мм, максимальный 2 мм. В породе составляет 50 %.

Пироксен представлен моноклинным авгитом. В изучаемых шлифах бесцветный, имеет простые двойники. Форма зёрен короткопризматическая, средний размер 1 мм. Содержание пироксена в породе 45 %.

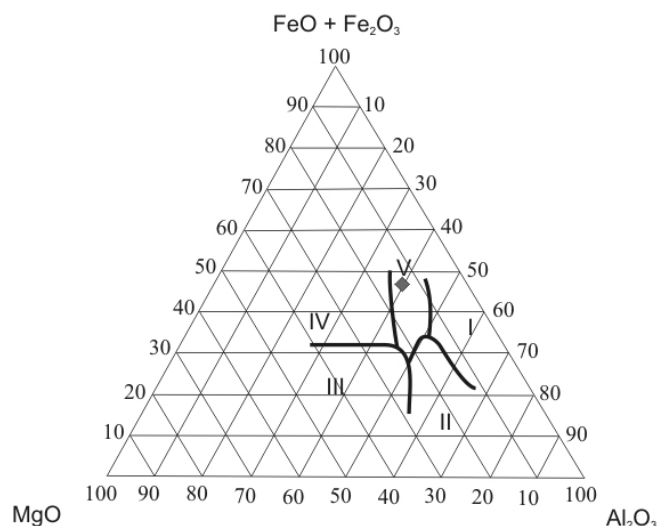
Магнетит составляет в породе 5%, образует неправильной формы тонкозернистые агрегаты размером 0,3 мм. Второстепенными минералами, составляющими до 1% в породе, являются биотит и роговая обманка. При изучении шлифов и протолочек были выявлены такие аксессуарные минералы, как пирит, рутил, корунд.

В зоне закалки порода имеет практически такой же минеральный состав, с незначительным увеличением содержания пирита. Структура породы порфировая, фенокристаллами являются плагиоклаз, имеющий длиннопризматические зёрна размером 1 мм, и короткие призмы пироксена размером 0,5 мм. Также в качестве вкрапленников присутствуют магнетит и пирит. Структура основной массы микроофитовая, она состоит на 55 % из пироксена и на 45 % из плагиоклаза. Размер зёрен в основной массе 0,05 мм. Помимо среднего плагиоклаза андезина № 43 (угол угасания

полисинтетических двойников по альбитовому закону $\alpha=23^\circ$), присутствует небольшое количество олигоклаза № 28.

Это свежие кайнотипные породы, без каких-либо существенных изменений.

Для определения минерального состава был применен метод *CIPW*, основанный на пересчете химического анализа пород на нормативный минеральный состав. Метод был разработан Кроссом, Иддингсом, Пирсоном и Вашингтоном в 1902 г. и назван по первым буквам фамилий авторов. Породообразующие минералы, выявленные этим методом, представлены ортоклазом (7,8%), альбитом (21,15%), анортитом (18,72%), диопсидом (15,72%), гиперстеном (13,02%), акцессорные магнетитом (9,74%), ильменитом (4,43%), апатитом (2,04%), менее 1% хромитом и цирконом. На *TAS*-диаграмме $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$



Дискриминационная диаграмма $\text{MgO} - \text{FeO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ для базальтов:

I – базальты надспрединговых островов; II – базальты вулканических дуг и активных континентальных окраин; III – базальты срединно-океанических хребтов; IV – базальты океанических островов; V – континентальные базальты

породы идентифицируются как толеитовые базальты зон спрединга.

Судя по минеральному составу, петрографии и петрохимии исследуемых пород, можно сказать, что данные долериты относятся к внутриплитным базальтам континентальной зоны спрединга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Е. В. Скляр и др.; Под ред. Е. В. Склярова. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
2. Изверженные горные породы / А. Н. Заварицкий – М.: Издательство АН СССР, 1955. – 479 с.

фигуративные точки изучаемых пород попали в область базальтов и долеритов, а на диаграмме $\text{FeO}_{\text{общ}} - \text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ в область базальтов вулканического комплекса рядом с границей области долеритов дайкового комплекса.

Геохимический спектр пород характеризуется надкларковыми концентрациями таких элементов, как: Be, Ge, Sb, Te, Ba, Hf, Re, Os, Ir, Au, Bi, P и группы тяжелых РЗЭ – La, Pr, Nd, Sm, Eu, Dy, Er, Tm, Yb. Анализируя график РЗЭ нормированных к хондриту, можно сказать, что для изучаемых долеритов характерно преобладание легких элементов над тяжелыми.

Для выяснения геодинамической природы изучаемых пород применялись диаграммы Дж. Пирса и Дж. Канна. На части диаграмм ($\text{Ti}-\text{Zr}-\text{Y}$ и $\text{Th}-\text{Hf}-\text{Ta}$) фигуративные точки попали в область известково-щелочных базальтов, близко к границе с областью внутриплитных базальтов. На других диаграммах ($\text{Ti}-\text{Zr}$, $\text{Zr}/\text{Y}-\text{Zr}$, $\text{Zr}-\text{Nb}-\text{Y}$, $\text{FeO}_{\text{общ}}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2-\text{K}_2\text{O}$) фигуративные точки расположились в области внутриплитных базальтов (см. рисунок), на диаграмме $\text{Ti}/\text{Cr}-\text{Ni}$

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ БАССЕЙНА Р. ЛОНГОТЪЕГАН (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

ФРОЛОВА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Гранитоиды, являющиеся материнскими породами для постмагматических рудных месторождений, несут следы метасоматических преобразований (альбитизация, пертитизация, слабое окварцевание и др.)*. Отмечено, что образование многих месторождений редких элементов, в частности, Та и Nb, связано с процессами натриевого метасоматоза. В большинстве случаев Na является ведущим элементом, сопутствующим постмагматическому рудообразованию. Рядом исследователей для доказательства этого положения использовалось отношение Na к K, которое в применении к отдельным массивам указывало на степень альбитизации пород. Но если это отношение рассматривать в совокупности для всех типов гранитоидов, то в породах среднего состава оно будет высоким за счет преобладания плагиоклаза над калиевыми минералами. Для исключения влияния состава плагиоклаза и выявления степени натриевого метасоматоза использованы сочетания величин $A=(Na+K)-Ca$ и $B=(Na-Ca)/K$, позволяющие расчленить гранитоиды с выделением из них пород, материнских для различных типов рудопроявлений. Рудоносность гранитов определяется коэффициентом B, который служит дополнительным параметром, подтверждающим генетическую связь оруденения с магматическими комплексами [1].

Все породы со значением $B>0,7$ являются рудоносными и образуют следующие группы:

А. Адамеллиты и гранодиориты ($B>0,7$; $A=110-165$). С ними связаны полиметаллические, молибденовые, вольфрамовые (шеелитовые), оловянные (касситерит-сульфидной и частично силикатной формации) месторождения и рудопроявления.

Б. Биотитовые и лейкократовые граниты ($B>0,85$). С этой группой связаны месторождения W, Mo, Be, Sn, а также слюдоносные и частично редкометалльные пегматиты.

В. Аляскиты ($B>0,95$; $A=200-220$). Являются материнскими для редкометалльных и хрусталоносных пегматитов, для танталоносных пород.

Г. Танталоносные метасоматически измененные гранитоиды ($A>220$; $B>1,1$) [1].

Материал, положенный в основу работы, был получен при работах ГДП-200 листов Q-42-VII, VIII. Для определения рудоносности гранитов рассматривались 10 химических анализов гранитоидов, отобранных в районе бассейна р. Лонготъеган. Породы представлены лейкогранитами, гранито-гнейсами, плагиогранитами и микроклиновыми гранитами розовато-серого цвета аллотриоморфнозернистой структуры массивной текстуры, для гранито-гнейсов характерны лепидогранобластовые структуры и гнейсовые текстуры. Минеральный состав: кварц, микроклин, плагиоклаз (альбит-олигоклаз), биотит, мусковит. Акцессорные минералы представлены цирконом, гранатом, апатитом, ксенотимом, сфеном, корундом, рутилом, ильменитом, монацитом, антимонитом, магнетитом и пиритом. Из вторичных минералов отмечается мусковит, хлорит и эпидот. Химический состав соответствует щелочным и субщелочным гранитоидам. Содержание кремнезема составляет от 67,73 в гранито-гнейсах до 75,73 в микроклиновых гранитах, $K_2O-1,67-6,89$; $Na_2O-2,2-5,6$; $TiO_2-0,04-0,19$; $MnO-0,038-0,064$; $MgO-0,15-4,27$; $P_2O_5-0,01-1,49$; $CaO-0,49-0,81$; $Al_2O_3-11,99-14,65$. При изучении микроэлементного состава установлено, что в гранитах присутствуют (г/т): Be-2,8; Y-17,6-62,8; Zr-109,8-188; Ga-12,4-31,4; As-0,35-1,65; Rb-103,4-459; Sr-29-301,7; Nb-16,5-38; Mo-0,97-1,17; Sn-1,9-9,4; Sb-5,65; Ce-16-151,3; Ba-до 1048,8; Ta-1,4-16,6; Tl-0,58-2,4; Th-10,7-19,6; U-2,6-20; $\Sigma TR-44,9-378,7$; $\Sigma ЭПГ-0,21-0,76$. В пробах отмечается четко выраженный европиевый минимум с преобладанием легких элементов над тяжелыми.

Далее был произведен расчет атомных количеств натрия, калия и кальция, на основе которого получены коэффициенты A и B (см. таблицу).

* Караева З. Г. Петрохимические особенности рудоносности гранитоидов // Докл. АН СССР. – 1968. – Т. 179. – № 6. – С. 1436-1439.

Результаты расчета атомных количеств натрия, калия и кальция

№ п/п	№ пробы	Порода	Na ₂ O, %	Na, атом.	K ₂ O, %	K, атом.	CaO, %	Ca, атом.	A	B
1	09-19	Гранито-гнейс	2,8	90	4,41	92	1,76	32	150	0,63
2	09-19-1	Лейкогранит	5,6	179	4,27	90	0,64	11	258	1,87
3	09-8-3	Микроклиновый гранит	4,8	153	5,04	161	0,31	5	309	0,92
4	09-12-4	Микроклиновый гранит	3	96	6,09	128	0,57	10	214	0,67
5	09-12-1	Гранит	2,2	70	6,48	136	0,52	9	197	0,45
6	09-11-5	Микроклиновый гранит	4,2	134	6,26	131	0,49	9	256	0,95
7	08-228-3	Микроклиновый гранит	3,2	102	1,67	35	2,25	40	97	1,77
8	08-18	Микроклиновый гранит	4,8	153	4,19	88	0,81	14	227	1,58
9	08-18-1	Микроклиновый гранит	6	192	6,89	144	3,82	69	267	0,85
10	08-12-3	Плагиогранит	2,8	90	4,94	103	0,97	17	176	0,71

Анализ таблицы показал, что с гранитоидами района руч. Мелкорыбного (09-12-4, 09-12-3) могут быть связаны полиметаллические, молибденовые, вольфрамовые (шеелитовые), оловянные (касситерит-сульфидной и частично силикатной формации) месторождения и рудопоявления.

С микроклиновыми гранитами среднего течения р. Лонготъеган (08-18-1) могут быть связаны месторождения W, Mo, Be, Sn, а также слюдоносные и частично редкометалльные пегматиты.

Микроклиновые граниты района руч. Мелкорыбного (09-11-5) и его слияния с р. Лонготъеган (09-8-3) – возможно, являются материнскими для редкометалльных и хрусталеносных пегматитов, для танталоносных пород.

Микроклиновые граниты среднего течения (08-18) и нижнего течения р. Лонготъеган (09-19-1) – это, по-видимому, танталоносные метасоматически измененные гранитоиды.

Гранито-гнейсы (09-19), граниты (09-12-1) и микроклиновые граниты среднего течения р. Лонготъеган (08-228-3) относятся к безрудному типу гранитоидов.

УДК 550.42

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МАГМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

КУРЧАВОВ В. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Радиоактивные элементы, в частности уран и торий, являются чувствительными индикаторами геологических процессов. Изучение этих элементов позволяет дать радиогеохимическую характеристику формаций с дальнейшим выходом на металлогенические исследования. Такие работы помогут выявить на исследуемой территории объекты радиоактивных руд и, возможно, восполнить минерально-сырьевую базу урана в России, которая на сегодняшний день испытывает нехватку радиоактивного сырья.

В работе использованы материалы Северной научно-исследовательской геологической экспедиции, полученные при изучении Полярного Урала. По данным 377 анализов, выполненных в центральной лаборатории Зеленогорской экспедиции методом РСА, В. А. Душиным [1] были сделаны выборки по формациям. На основе этой информации автором построены графики зависимости содержания урана и тория в разновозрастных магматических формациях и произведена их интерпретация.

Анализируя полученную информацию (рис. 1, 2), можно сказать, что наименьшая концентрация радиоактивных элементов наблюдается в раннепротерозойское время. Содержание урана в кислых породах последовательно увеличивается до венд-кембрийского времени, особенно

заметно увеличение на отрезке рифей – венд, далее происходит незначительное снижение. Колебания содержания урана в средних породах более контрастные; наблюдается интенсивный рост до раннепалеозойского времени, а затем резкий спад содержания более чем на порядок в позднем палеозое. Наиболее заметное увеличение, в отличие от кислых пород, на интервале кембрий – ранний палеозой. Иначе ведет себя уран в основных породах: незначительное увеличение к рифейской эпохе сменяется постепенным спадом к раннему палеозою, после чего опять увеличивается в позднем палеозое (рис. 1).

Концентрация тория в кислых породах повышается к раннепалеозойскому времени более чем в 2 раза, где и наблюдается её пик, затем следует незначительное снижение, причем наиболее интенсивный рост происходил с рифея по ранний палеозой. В средних породах повышение содержания заметно до раннего палеозоя, наиболее интенсивное оно с кембрия, после чего резко спадает более чем на порядок. Эволюция содержания тория в основных породах сложнее: рост на интервале нижний протерозой – рифей, снижение к раннему палеозою и опять незначительное возрастание к позднему палеозою (рис. 2).

Таким образом, анализ приведенной информации позволяет сделать следующие выводы:

- 1). Наибольшие содержания радиоактивных элементов наблюдаются в кислых породах магматических формаций.
- 2). Максимумы концентраций радиоактивных элементов отмечены в венд-раннекембрийское время, соответствующее коллизионной геотектонической обстановке, и в раннепалеозойскую эпоху, когда существовала геотектоническая обстановка континентального рифтогенеза [1].

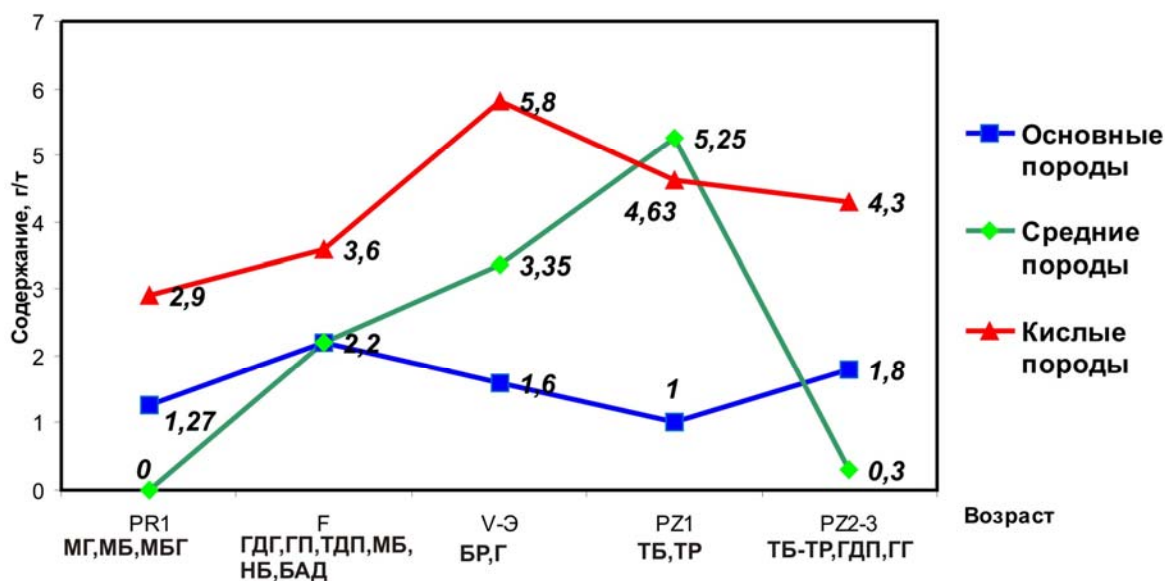


Рис. 1. Содержание урана в магматических формациях Полярного Урала

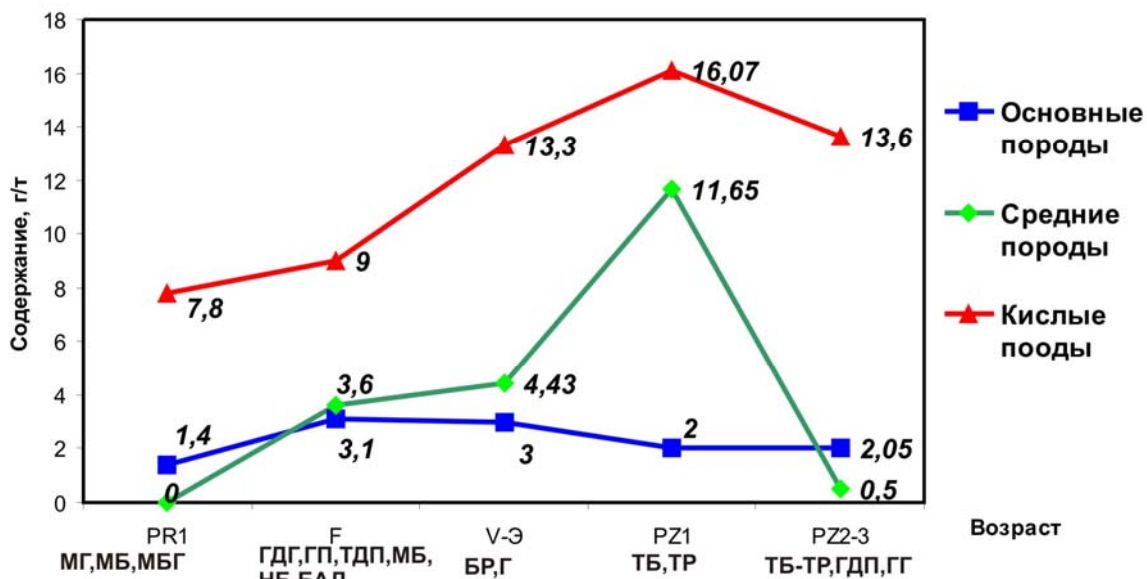


Рис. 2. Содержание тория в магматических формациях Полярного Урала

Условные обозначения к рис. 1, 2:

Индексы магматических формаций

МГ – Метабазит-гипербазитовая, МБ – Метабазальтовая, МГ – Мигматит-гранитовая, ГДГ – Габбро-диорит-гранодиоритовая, ТДП – Трахидолерит-пикритовая, МД – Метабазальт-долеритовая, НБ – Натриевых базальтов, БАД – базальт-андезит-дацитовая, БР- базальт-риолитовая, Г – гранитовая, ТР – трахиолилитовая, ТБ – толеит-базальтовая, ТБ-ТР – трахибазальт-трахириолитовая, ГДП – габбро-диорит-плагиогранитовая, ГГ – граносиенит-гранитовая

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Душин В. А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. – Москва: Недра, 1997. – 215 с.
2. Смыслов А. А. Уран и торий в земной коре. – Ленинград: Недра, 1974. – 231 с.

УДК 502.55

ОЦЕНКА ОБЛАСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «УРАЛМАШЗАВОД» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СНЕГОВОЙ СЪЕМКИ

ЩУКИН С. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Цель выполненной работы – изучение воздействия и оценка области распространения в окружающей среде техногенных выбросов металлов, вызванных промышленной деятельностью ОАО «Уралмашзавод» по результатам снеговой съемки.

Территория, находящаяся в непосредственной близости от промплощадки «Уралмашзавода», является площадью устойчивых выбросов металлов в атмосферу, что негативно влияет на экологическое и санитарное состояние г. Екатеринбурга. Тяжелые металлы, попадающие в организм человека, имеют пагубное влияние на состояние здоровья, приводят к длительным заболеваниям органов и практически не выводятся из организма [1]. Снежный покров является средой, которая накапливает техногенные загрязнители. Существует прямая связь между содержанием металлов в атмосфере и снежном покрове на определенной территории. В среднем

длительность существования снежного покрова на Урале 5-6 месяцев, что достаточно для накопления загрязнителей в количествах, необходимых для проведения химического анализа с выявлением концентрации загрязнителя.

Частицы пыли, содержащиеся в атмосферном воздухе, имеют преимущественно техногенное происхождение, следовательно, снег является своеобразным индикатором техногенного загрязнения территории. Методика снегового опробования сравнительно проще опробования состава атмосферного воздуха и подземных вод.

Наряду с вышеперечисленными возможностями при опробовании снежного покрова следует учитывать ряд особенностей метода снеговой съемки. Во-первых, даже частичное таяние снега приводит к «потере» содержания легко растворимых элементов, поэтому отбор проб должен производиться до начала таяния снега. Во-вторых, направление воздушных потоков в г. Екатеринбурге в летнее и зимнее время различно. Так, зимой на территории г. Екатеринбурга – юго-западные и юго-восточные ветры. Летом же данная ориентация «розы ветров» выражена слабее. Таким образом, картирование на основе снегового опробования дает отображение распределения загрязнителей в зимний период [2].

На изучаемой территории отбор проб снега проводился по равномерной сети пунктов наблюдения. Общее количество точек опробования – 10. Площадь исследования – 42 км². Сроки опробования – первая декада января 2010 г. Спектральный анализ проб пылевых остатков послужил основой для картирования и выделения концентраций загрязнителей по площади изучаемой зоны.

Выявленное распределение пылевой нагрузки и повышенной концентрации тяжелых металлов в пределах изученной территории Орджоникидзевского района показывает, что загрязнение распределяется довольно равномерно, за исключением повышенных концентраций, характерных для некоторых элементов (Cu, Pb, Ti, V).

Зоны распределения повышенных содержаний тяжелых металлов напрямую связаны со структурой воздушных потоков, так как по данным аналогичных исследований на территории города Екатеринбурга в районе преобладают юго-западные и юго-восточные ветры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – М: ИМГРЭ.
2. Емлин Э. Ф. Геохимические аспекты процесса урбанизации на Урале / Э. Ф. Емлин, Конюхова Н. П., Ипанов В. Ю. – Свердловск: НТО «Горное».
3. Нормативные требования РД 52.04.186-89 (п. 5).

УДК 550.41

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ ОАО «СУМЗ»

МУСИНА О. М., БАШАРОВ Р. М.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Пески строительные образуются при переработке отвальных шлаков медеплавильного производства на обогатительной фабрике ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», расположенном в г. Ревде Свердловской области. При этом получают медный концентрат и отходы обогащения – пески. В дробильном отделении фабрики после измельчения и классификации шлак подвергается флотации, полученный медный концентрат с содержанием твердого вещества 50-60 % и концентрацией меди от 10 до 25 % по трубопроводам поступает в шихтовальное отделение медеплавильного цеха. Магнетитсодержащий песок отфильтровывается и складировается в сухие отвалы – открытые склады хранения строительных песков (см. рисунок).



Отвалы строительных песков

Минеральный состав строительных песков во многом определяет их свойства, в том числе и миграционные особенности содержащихся в них тяжелых металлов. Минеральный состав песков следующий (%): фаялит – 49; кварц – 20; магнетит – 10; феррит – 8; пирротин – 1; борнит – 0,5; халькопирит – 0,4; ковеллин – 0,05; прочие – 11,05.

Данные о химическом составе песков строительных по результатам различных исследований приведены в таблице.

Химический состав песков строительных ОАО «СУМЗ»

Химический состав	ОАО «СУМЗ»	Котельникова А. Л., 2006	ФГУ «ЦЛАТИ» по УрФО	ООО «Уралгеопроект»
SiO ₂	30-36	Si-16,7	48,6	32,5
Al ₂ O ₃	4,0-5,0	Al-2,4	Al-6,71	4,8
CaO	3,0-5,0	Ca-3,1	Ca-0,77	2,8
Fe	38-40	35,5	29,72	39,4
Mg		1,02	0,88	
K		0,5		
Na		0,4		
P		0,12		
Cu	0,4-0,5	0,44	0,33	0,45
Zn	3,0-4,0	3,3	2,85	3
Pb	0,09-0,16	0,44	0,07	
As	0,02-0,16	0,1	0,03	
Sb	0,01-0,05	0,03	0,006	
S	0,2-0,5	1,3	2,03	
Σ		65,35		

Из этих данных следует, что в химическом составе преобладают кремнезем и железо при менее значимой роли других компонентов, что соответствует минеральному составу песков строительных.

Главными опасными примесями в песках строительных являются тяжелые металлы, которые вследствие особенностей технологического процесса медеплавильного производства и обогащения шлаков не могут быть извлечены из них.

Выполненными ранее исследованиями в строительных песках в концентрациях, превышающих ПДК для почв, установлены, помимо Cu, Zn, Pb, As, Cd, также Sn, Mo, Cr, Co, P, W, Bi и Sb. Высокие концентрации ряда химических элементов, принадлежащих к 1 (Al, Cd, Pb, Zn) и 2 классам опасности (Co, Mo, Cu, Sb, Cr) свидетельствуют о высокой потенциальной опасности строительных песков.

По результатам химического анализа главных элементов примесей (Cu, Zn, Pb, As) методом атомной адсорбции, а также приближенно-количественного спектрального анализа песков строительных, установлен в повышенных концентрациях следующий комплекс химических элементов: медь (2900-3900 мг/кг – 29-39 ПДК для почв), цинк (26800-31700 мг/кг – 89,3-105,6 ПДК), свинец (500-1000 мг/кг – 15,6-1,2 ПДК), мышьяк (30-210 мг/кг – 15 – 105 ПДК) и сурьма (500-900 мг/кг – 111-200 ПДК). В меньших концентрациях фиксируются олово (60-100 мг/кг – 6-10 ПДК), хром (200- 300 мг/кг – 2-3 ПДК), молибден (70 -200 мг/кг – 7-20 ПДК) и кадмий (10 мг/кг – 5 ПДК).

Определение подвижных форм тяжелых металлов песков строительных показывает, что превышают ПДК почв только содержание цинка в пробе П-1 (76,1 мг/кг – 3,3 ПДК для почв). Содержание подвижных форм цинка в пробе П-2 – 3,96 мг/кг, П-3 – 1,04 мг/кг. Содержание подвижных форм свинца – 0,714-0,892 мг/кг, меди – 0,156-0,781 мг/кг, мышьяка – 0,0023-0,0130 мг/кг, что соответствует нормативам нахождения этих элементов в почвах.

Таким образом, пески строительные характеризуются повышенными концентрациями тяжелых металлов, рассеянными в минеральной части песков и поэтому не оказывающие значительного экологического воздействия на компоненты природной окружающей среды. Это подтверждается результатами биотестирования водной вытяжки объединенных проб песков строительных, согласно которому пески строительные отнесены к 5 классу опасности.

С целью исследования возможностей и степени миграции тяжелых металлов из песков строительных ОАО «СУМЗ» автором проводилось исследование взаимодействия строительных песков с водой и водными растворами в изменяющихся физико-химических условиях при различных соотношениях песок-вода. Для учета влияния элементного состава воды в опытах использовались дистиллированная вода и талая снеговая вода, характеризующая состав атмосферных осадков на исследуемой территории. Лабораторные эксперименты проводились при комнатной температуре и атмосферном давлении в закрытых поливиниловых стаканах (во избежание испарения растворов) в течение 30 суток при следующих соотношениях: песок/вода=1/10 (100 г песка к 1 л воды); песок/вода=1/5 (200 г песка к 1 л воды). Физико-химические параметры эксперимента соответствовали климатическим условиям таежно-лесной зоны. Имитация проточной системы, существующей на рассматриваемых объектах-аналогах, достигалась практически полной заменой растворов через 10, 20 и 30 суток.

В ходе эксперимента проводились измерения физико-химических параметров растворов (рН, температура, окислительно-восстановительный потенциал). По прошествии 10, 20 и 30 суток от начала эксперимента отбирались пробы фильтрата для определения рН, Zn, Pb, Cd, Cu, As.

Выполненные эксперименты показали зависимость содержания элементов в фильтрате от времени и физико-химических параметров раствора. В условиях застойного и проточного режимов фильтрации в течение 30 сут происходило закономерное увеличение величины рН 7,8-9,0 и уменьшение значений Eh при взаимодействии песков строительных ОАО «СУМЗ» как с талой снеговой водой, так и с дистиллированной водой. Практически по всем элементам, за исключением мышьяка, наблюдается тенденция стабилизации выноса на тридцатые сутки опыта. Причем содержания подвижных форм металлов в растворе меньше, чем в исходной снеговой воде, что говорит об осаждении части металлов на пылеватых частицах песка. Колебания содержаний мышьяка находятся на уровне погрешностей их определения. Вынос зависит от объема песка и режима увлажнения: в проточной воде интенсивность выноса несколько меньше, следовательно, наиболее благоприятно использовать пески на поверхностных площадях, чем в карьерах. В целом надо отметить невысокие концентрации металлов в растворе, что позволяет рассматривать пески строительные в качестве рекультивационного материала.

Таким образом, по результатам выполненных исследований можно сделать вывод, что строительные пески можно применять для рекультивации нарушенных земель, а также в качестве микроэлементной добавки для повышения урожайности почв [А. Л. Котельникова, 2006].

ПРОГНОЗ ПРИТОКОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАРЬЕР ВОЛКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДНО-ЖЕЛЕЗО-ВАНАДИЕВЫХ РУД

ФИЛИЧКИН С. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Основным условием ведения горных работ является необходимость осушения массива горных пород. Поэтому разработка всех месторождений ведется под завесой дренажа. Волковское месторождение комплексных медно-железо-ванадиевых руд относится к месторождениям с простыми гидрогеологическими и горнотехническими условиями. Основным водоносным горизонтом месторождения являются грунтово-трещинные воды кор выветривания. Мощность водоносного горизонта в среднем составляет 80 м [6].

Волковское месторождение начали исследовать еще с 1940 годов. На нем планировалась разработка трех карьеров, которые в дальнейшем должны были объединить в один. Промышленное освоение месторождения начато в 1982 г. Красноуральским медеплавильным комбинатом вводом в эксплуатацию I очереди – Лавро-Николаевского карьера с годовой производительностью 700 тыс. т/г. В 1988 году кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии был составлен отчет о снижении отрицательного влияния на геологическую среду горнодобывающего предприятия Красноуральского медеплавильного комбината. В данном отчете Лавро-Николаевский карьер рассматривался как начальный этап развития месторождения. Были сделаны прогнозы и предложены различные решения в отношении всего месторождения в целом, а именно расчет притока подземных вод [7].

В настоящее время разработка I очереди карьера подходит к концу, его глубина на данный момент достигла 110 м. Для восполнения выбывающих мощностей планируется ввести в эксплуатацию Северо-Западный карьер Волковского месторождения, для которого требуется сделать прогноз притоков подземных вод. Расчеты водопритоков в карьеры выполняются преимущественно аналитическими методами [3], но в данном случае мы будем использовать метод гидрогеологических аналогий, поскольку проектируемый объект расположен в районе, идентичном по геологическому строению с районом разработки первой очереди карьера [7].

Под методом аналогии мы понимаем совокупность способов прямой экстраполяции достигнутых величин для закономерностей водопритока. Этот метод предполагает действующий (аналог) и прогнозируемый объекты, период проявления прогнозируемого качества, т. е. период набора информации в пределах объекта-аналога и период прогнозной экстраполяции. Метод аналогии включает варианты прямой временной и пространственной экстраполяции водопритока известного объекта [1, 3, 5].

Признаками аналогии в данном случае являются:

1. Достижение предельного водопритока на действующем карьере.
2. Единство граничных условий Северо-Западного (проектируемого) карьера и Лавро-Николаевского (действующего) карьера и неизменность их в прогнозируемый период.
3. Близость значений показателей обводненности [2, 4].

На основе данных по разработке Лавро-Николаевского карьера и проектируемого Северо-Западного карьера была составлена таблица.

Среднегодовой водоприток Лавро-Николаевского карьера составляет 40-60 м³/ч.

Теперь, используя собранный материал, можно рассчитать предполагаемый приток подземных вод в проектируемый карьер. Для этого воспользуемся методом гидрогеологических аналогий, представленным в Справочнике по охране окружающей среды [2].

Прогнозный водоприток можно рассчитать по величине понижения уровня воды из напорных горизонтов

$$Q = Q_1(S_0/S_1),$$

где Q_1 – водоприток Лавро-Николаевского карьера; S_0 – величина понижения уровня воды проектируемого Северо-Западного карьера; S_1 – величина понижения уровня воды Лавро-Николаевского карьера.

Таблица показателей характеристик Волковского месторождения

Параметры карьера	Единица измерения	Показатели Лавро-Николаевского (действующего) карьера	Показатели Северо-Западного (проектируемого) карьера
Глубина карьера	м	110	160
Длина карьера по поверхности	м	935	1035
Ширина карьера по поверхности	м	497	450
Годовая производительность	тыс. м ³	1100	1000
Мощность водоносного горизонта	м	80	80
Величина понижения уровня воды	м	80	140

Рассчитав по данной формуле, получаем $Q \sim 2000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Также водоприток можно рассчитать по формуле Дюпюи и сделать аналогию для проектируемого карьера. Таким образом, мы получаем $Q \sim 2000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ [1].

Данные способы применяются при небольших различиях производительности проектируемого и действующего объекта, но лишь на первых стадиях изучения месторождения[2].

Полученные значения можно считать заниженными, поскольку 1) при расчетах учитывались не все показатели; 2) по данным, полученным С. Н. Тагильцевым и представленным в отчете кафедры в 1988 г., среднегодовой водоприток предполагался $650 \text{ м}^3/\text{ч}$ [7]. Эти данные рассчитывались для всей территории месторождения в целом, т. е. для Лавро-Николаевского, промежуточного и Северо-Западного карьеров. Таким образом, можно предположить, что водоприток в Северо-Западный карьер будет $\sim 4000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гавич И. К. Гидрогеодинамика: учебник / И. К. Гавич. – М.: Недра, 1988. – 349 с.
2. Справочник по охране геологической среды: в 2 т. / Под ред. Г. В.
3. Войткевича, Т. 2. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 512 с.
4. Методические рекомендации по расчету водопритоков в горные выработки при подработке водоносных горизонтов: методические рекомендации / Министерство черной металлургии СССР, Управление горного производства, Всесоюзный науч.– исслед. и проектно-конструкторский ин-т по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу; ред. В. М. Чуйко. – Белгород: ВИОГЕМ, 1988. – 28 с.
5. Лушникова О. Ю. Контроль и управление состоянием массива при защите горных выработок от водопритоков / Лушникова О. Ю., Лагунов В. А., Шилин Г. Ф. – М.: Недра, 1995. – 236 с.
6. Самсонов Б. Г. Приток подземных вод к разведочным горным выработкам: научное издание / Б. Г. Самсонов. – М.: Недра, 1991. – 159 с.
7. Трофимов В. Т. Закономерности изменения инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических условий при интенсивном воздействии / В. Т. Трофимов [и др.]. – М.: Наука, 1988. – С. 37-61.
8. Тимохов К. Д. Геологический отчет с подсчетом запасов медно-железо-ванадиевых руд Волковского месторождения на Среднем Урале по состоянию на 1960 г. – Свердловск. – 1960. – Фонды УТГФ.

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ОВРАГООБРАЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ХАНТЫ-МАНСКИЙСКА

ТАКТУЕВ Е. М.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Территории северных городов являются участками земной коры, в пределах которых влияние природного и техногенного факторов на развитие инженерно-геологических процессов проявляется в исключительной мере. На урбанизированных территориях формируются особые природно-технические системы, в пределах которых динамика развития инженерно-геологических процессов отличается от естественных условий.

Город Ханты-Мансийск в последнее десятилетие интенсивно застраивается. Изыскателям и проектировщикам пришлось столкнуться с рядом опасных природных и техно-природных процессов. Это, прежде всего, сложно разветвленная овражно-балочная сеть.

Для оценки и прогноза устойчивости Самаровского останца было выполнено инженерно-геологическое обследование территории. Инструментальные замеры морфометрических характеристик выполнены по 20 оврагам.

При оценке развития овражной эрозии на территории г. Ханты-Мансийска были вычислены или получены полевыми методами различные характеристики: длина и объем оврагов, размеры по тальвегу и бровке и углы наклона бортов оврагов. Также были проанализированы и сопоставлены карта 30-летней давности и современная. Главная цель работы: рассчитать нарастание объема оврагов во времени.

Методика определения объема оврага по морфологическим характеристикам заключается в расчете объема оврага с использованием таких характеристик, как длина и ширина оврага.

В поперечном сечении овраг на разных стадиях своего развития имеет треугольную или трапециевидную форму. В продольном сечении овраг имеет трапециевидную форму. Так, для 1 и 2 стадий развития форма в поперечном сечении представляет собой треугольник, а для оврагов 3 и 4 стадий – трапецию.

Для определения объема оврага необходимо учитывать, что по всей длине его ширина может меняться, следовательно, надо разбить его на блоки, максимально приближающиеся по форме к трапецеобразной или треугольной усеченной пирамиде. Рассчитывается объем каждого блока по формуле

$$V = \frac{h}{3} \times (S_1 + S_2 \times \sqrt{S_1 \times S_2}),$$

где S_1 – площадь поперечного сечения основания блока; S_2 – площадь поперечного сечения вершины блока; h – длина блока.

Объем оврага получается при суммировании полученных объемов каждого блока.

Анализ карт подразумевал поиск изменения линейных размеров каждого оврага в целом. При сравнении карт как таковой разницы не обнаружено, можно только отметить в 2-3-х местах незначительное изменение в уклоне бортов или дна оврагов. Очевидно, за 30 лет видимых существенных изменений не произошло даже у оврагов 2 стадии развития.

При определении прироста объема оврага за определенный период времени была задействована формула

$$V^2/V = 2,5(t^2/T)^{0,87},$$

где V^2 – современный объем оврага; t^2 – время выработки современного объема; T – общее время.

Полученные результаты изменения объема оврагов во времени были занесены в сводные таблицы (табл. 1, 2).

Таблица 1

Прирост объема оврагов за 10 лет

№ оврага	Стадия развития	Объем оврага, м ³	V полн	Время выработки совр. объема	Общее время	Прогнозное время	Изменение объема, м ³	Прирост объема, %
1	4	1057056,43	1062542,19	1000	1010	10	5485,76	0,52
2	4	814192,22	818417,60	1000	1010	10	4225,38	0,52
3	2	6563,29	6721,50	200	210	10	158,21	2,41
4	2	889,25	910,69	200	210	10	21,44	2,41
5	2	520,06	532,59	200	210	10	12,54	2,41
6	2	1995,05	2043,14	200	210	10	48,09	2,41
7	2	11196,66	11466,56	200	210	10	269,90	2,41
8	3	67736,84	68145,45	850	860	10	408,61	0,60
9	4	200403,18	201443,21	1000	1010	10	1040,02	0,52
10	3	17466,59	17571,96	850	860	10	105,36	0,60
11	2	56302,14	57659,32	200	210	10	1357,18	2,41
12	3	130015,03	130799,32	850	860	10	784,29	0,60
13	3	22225,29	22359,36	850	860	10	134,07	0,60
14	3	159060,10	160019,60	850	860	10	959,50	0,60
15	2	12123,99	12416,24	200	210	10	292,25	2,41
16	2	55734,63	57078,13	200	210	10	1343,50	2,41
17	2	14709,29	15063,86	200	210	10	354,57	2,41
18	2	6198,04	6347,44	200	210	10	149,41	2,41
19	2	16817,42	17222,81	200	210	10	405,39	2,41
20	2	11135,53	11403,96	200	210	10	268,43	2,41

Таблица 2

Прирост объема оврагов за 100 лет

№ оврага	Стадия развития	Объем оврага, м ³	V полн	Время выработки совр. объема	Общее время	Прогнозное время	Изменение объема, м ³	Прирост объема, %
1	4	1057056,43	1106981,63	1000	1100	100	49925,20	4,72
2	4	814192,22	852646,85	1000	1100	100	38454,63	4,72
3	2	6563,29	7976,63	200	300	100	1413,33	21,53
4	2	889,25	1080,74	200	300	100	191,49	21,53
5	2	520,06	632,04	200	300	100	111,99	21,53
6	2	1995,05	2424,66	200	300	100	429,61	21,53
7	2	11196,66	13607,74	200	300	100	2411,08	21,53
8	3	67736,84	71480,07	850	950	100	3743,22	5,53
9	4	200403,18	209868,30	1000	1100	100	9465,12	4,72
10	3	17466,59	18431,82	850	950	100	965,23	5,53
11	2	56302,14	68426,21	200	300	100	12124,07	21,53
12	3	130015,03	137199,83	850	950	100	7184,80	5,53
13	3	22225,29	23453,48	850	950	100	1228,20	5,53
14	3	159060,10	167849,96	850	950	100	8789,86	5,53
15	2	12123,99	14734,76	200	300	100	2610,77	21,53
16	2	55734,63	67736,49	200	300	100	12001,86	21,53
17	2	14709,29	17876,77	200	300	100	3167,49	21,53
18	2	6198,04	7532,72	200	300	100	1334,68	21,53
19	2	16817,42	20438,87	200	300	100	3621,45	21,53
20	2	11135,53	13533,45	200	300	100	2397,92	21,53

Меняя в столбцах время выработки и общее время, можно увидеть изменение объема за 10 и 100 лет, стоит отметить, что изменения происходят нелинейно. Данная формула применима только для долгосрочных прогнозов и не может применяться для показания изменения объема менее чем на 10-15 лет.

По оценке изменений объема видно, что наибольший прирост будет у оврагов 2 стадии развития, в процентном отношении он будет составлять от 2,41 до 21,53, в то время как у оврагов 4 стадии развития этот показатель будет меняться от 0,52 до 4,72 за то же время.

УДК 551

ОБЗОР МЕТОДОВ И ПРИЕМОВ ОЦЕНКИ ВОДОПРИТОКОВ В КАРЬЕРЫ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА (ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СУЛТАНОВСКОМУ РУДНИКУ)

ЛОГИНОВА Н. Ю.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Прогнозная оценка водопритоков в карьеры является сложной задачей в связи с воздействием на них комплекса природных и горнотехнических факторов, проявляющихся в процессе отработки месторождений твердых полезных ископаемых.

Для оценки водопритока воды в открытые горные выработки применяются различные методы. В каждом конкретном случае используются те из них, которые в наибольшей мере позволяют учесть гидрогеологические условия исследуемых месторождений, а также характер и степень полноты исходной информации. Могут быть применены гидродинамический, аналитический, гидравлический, балансовый, вероятностно-статистический методы и метод аналогии.

Гидродинамический метод включает аналитические расчеты по известным уравнениям фильтрации, полученным для определенных расчетных схем, и моделирование на аналоговых и цифровых вычислительных машинах (АВМ и ЦВМ).

Метод математического моделирования целесообразно применять на месторождениях со сложными гидрогеологическими условиями, когда водоносные горизонты характеризуются большой неоднородностью по фильтрационным свойствам, сложными границами распространения, изменяющимися источниками формирования эксплуатационных запасов дренажных вод.

Метод гидрогеологических аналогий основан на подобию геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разведываемых и эксплуатируемых месторождений. Наиболее надежно привлекать в качестве аналогов месторождения, на которых горнорудное предприятие вышло на проектную производительность, и имеется достаточно полная информация о фактических водопритоках в горные выработки и об отборе дренажных вод.

Гидравлический метод заключается в определении запасов дренажных вод по опытным данным изменения водопотока в шахту или рудник в зависимости от увеличения глубины отработки, т. е. от величины понижения уровня подземных вод.

Вероятностно-статистические методы используют для эксплуатируемых месторождений, по которым имеется длительный период наблюдений за водопритоками в систему горных выработок. Эти методы дают хорошие результаты в том случае, когда активный рост водопритоков уже закончен, в режиме водопритоков отмечается квазистабильзация, изменения водопритоков в ту или другую сторону зависят в основном от климатического фактора.

Балансовый метод расчета эксплуатационных запасов состоит в количественной оценке источников формирования дренажных вод в пределах депрессионной воронки и на основе определения приходных и расходных статей водного баланса. Этот метод дает определенные результаты в условиях, когда рудное или шахтное поле находится внутри структур, в которых могут быть определены величины притока (включая площадное питание) и оттока подземных вод.

Объектом данной работы является Султановский медноколчеданный рудник, расположенный в Кунашакском районе Челябинской области.

Основными источниками формирования водопритоков в будущий карьер являются естественные запасы и естественные ресурсы подземных вод вскрытых водоносных горизонтов палеоген-меловых отложений и водоносных зон палеозойских образований, формирующиеся в пределах водосборной площади участка.

На данном этапе разработка месторождения приостановлена, отработана лишь часть вскрышных отложений и ведётся откачка дренажных вод из зумфа, расположенного в центральной части карьера.

Ранее ожидаемые притоки из вскрышных отложений рассчитывались аналитическим методом по формулам, использованным авторами отчета по разведке Султановского месторождения.

По формуле В. Д. Бабушкина, соответствующей условиям полуограниченного пласта с контуром постоянного напора, за который принимается долина ручья Безымянного:

$$Q = \frac{\pi k K x H^2}{0,5 \ln \frac{1 + (2\bar{L} - \bar{b})^2}{1 + b^2} + (2\bar{L} - \bar{b}) \operatorname{arctg} \frac{1}{2\bar{L} - \bar{b}} - \bar{b} \operatorname{arctg} \frac{1}{\bar{b}}}, \quad [3]$$

где K – коэффициент фильтрации, 3,71 м/сут; H – мощность водоносного горизонта, 47,0 м; L – расстояние центра проектного карьера до лога, 1125 м; d – половина наибольшей длины карьера по верху, 460 м; b – половина средней ширины карьера по верху, 300 м.

Таким образом, максимально ожидаемый водоприток составлял 323 м³/ч. Фактические данные значений водопритока за 2010 год (см. таблицу) колеблются в пределах 100-102 м³/ч.

Данные водопритоков за 2010 год

Дата	08.01.10	30.01.10	04.02.10	27.02.10	01.03.10	15.03.10
Водоприток, м ³ /сут	100	101	100	100	102	100

Используя формулу Дюпюи для безнапорного пласта

$$Q = \frac{2,73K(2h - m)m}{\lg \frac{R}{r}},$$

можно уточнить радиус развития депрессионной поверхности откачиваемой воды на данном этапе отработки R и тем самым определить гидравлическую связь водоносного горизонта с поверхностными водами. В нашем случае радиус депрессии $R=1843$ м, что свидетельствует о наличии такой связи с р. Безымянным.

Расстояние от центра карьера до ручья 1125 м, следовательно, депрессионная поверхность захватывает данный ручей, который является границей с постоянным напором, что подтверждает теорию о том, что водоносный горизонт имеет схему полуограниченного пласта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биндемман Н. Н., Язвин Л. С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. – М.: Недра. – 1970.
2. Методические рекомендации по оценке эксплуатационных запасов подземных дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых. – Москва: 1992.
3. Гуман О. М. Отчет о инженерно-экологическом мониторинге Султановского медноколчеданного месторождения. – 2006.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. НАДЫМ)

ЕМЕЛЬЯНОВА И. А., САВИНЦЕВ И. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Изменение теплового баланса городских территорий криолитозоны вызывается совокупностью многих причин, таких как изменение альbedo дневной поверхности, представленной на большей части площади асфальтовыми покрытиями и кровлями зданий; степень их освещенности и затененности в условиях многоэтажной застройки; сброс тепла зданий, канализационных стоков и горячей воды при протечках в системах теплоснабжения. Следствием изменения теплового баланса поверхности и непосредственного влияния зданий, сооружений и городских коммуникаций является изменение температурного режима подземного пространства в основании города.

Город Надым расположен на первой аккумулятивной надпойменной террасе и высокой пойме р. Надым. Литологически их разрез представлен песчаными и супесчаными породами, находящимися как в талом, так и мерзлом состоянии. Мерзлые породы содержат в своем составе лед в форме основного цемента, а также шлировых выделений, ледяных линз. С поверхности аллювиальные пески и супеси местами перекрыты озерно-болотными отложениями, представленными торфами разной степени разложения. Мощность озерно-болотных отложений в пределах городской территории не превышает 5-6 м и в среднем составляет 1,2-1,5 м.

Особого внимания заслуживает температурный режим пород городской территории. Относительно всей территории г. Надым характеризуется наиболее пестрым температурным режимом пород на подошве слоя годовых колебаний. Амплитуда изменения температуры пород в пределах городского пространства составляет 8-10 °С, значения температур изменяются от (-2) до 8 °С.

Большая часть городской территории характеризуется положительными значениями температур пород на подошве слоя годовых колебаний. Породы с отрицательной температурой приурочены к области развития многолетнемерзлых пород с поверхности, либо с заглублением кровли 5-10 м (северо-западная, северо-восточная части города). По данным термометрических наблюдений температура пород на подошве слоя годовых колебаний составляет (-0,5) – (-2) °С.

По фондовым данным температура пород на подошве слоя годовых колебаний, до начала массового освоения городской территории составляла (-2)-(+2) °С; преобладали достаточно простые и стабильные геокриологические условия. В результате освоения городской территории в значительной степени изменились природные условия, обусловленные перераспределением (уничтожение и посадка) растительного покрова, планировкой поверхности, а также строительством зданий и сооружений, как жилого, так и производственного назначения.

Строительство зданий, особенно повышенной этажности, привело к изменению условий инсоляции поверхности и, как следствие, контрасту температурных условий подземного пространства – относительно понижению температур в пределах затененной поверхности дворов и ее повышению под освещенной. Наблюдениями установлено, что температура пород, в пределах затененных внутри дворовых участков, меньше, по сравнению с открытыми хорошо освещаемыми участками. Наблюдения производились на трех площадках в пределах центральной части города. Измерить температуру пород на границе слоя годовых колебаний было технически невозможно, поэтому замеры температуры производились на глубине 0,5 м от поверхности. Данная глубина обусловлена зоной влияния суточных колебаний температур. Предполагая, что породы имеют одинаковый литологический состав, а следовательно и геотермический градиент, установлена зависимость уменьшения температуры пород на 1-3 °С в пределах затененных участков (см. таблицу).

Изменение температуры пород в зависимости от освещенности территории

Место наблюдения	Дата наблюдения	Температура пород, °С	
		в пределах хорошо освещаемых участков	в пределах затененных внутри дворовых участков
Ул. Зверева, 49	07.08.2006	17	15
	14.08.2006	18	16
	21.08.2006	18	15
Ул. Зверева, 29	07.08.2006	16	15
	14.08.2006	17	15
	21.08.2006	19	18
Ул. Набережная Оруджиева, 11	07.08.2006	18	15
	14.08.2006	18	16
	21.08.2006	19	16

Ещё одним из факторов влияющим на изменение температурного режима как в большую, так и в меньшую сторону, является особый режим снегоотложения в черте города. Постоянная уборка и уплотнение снежного покрова приводят к понижению температуры на подошве слоя годовых колебаний, складирование снежных масс наоборот препятствует охлаждению грунтов, а следовательно способствует повышению температуры. По данным В. А. Кудрявцева и Э. Д. Ершова, увеличение мощности снежного покрова на каждые 20 см приводит к увеличению температуры на границе слоя годовых колебаний на 0,2-0,4 °С. Таким образом, при средней мощности снежного покрова, в пределах городской территории, равной 0,6 м, температура пород в местах его уборки может уменьшаться на 0,6-1,2 °С, по отношению к другим участкам. И наоборот, в местах искусственного скопления снега до 1,5 м температура пород увеличивается на 0,9-1,8 °С. Следовательно, влияние перераспределения снежного покрова в черте города, как отдельного фактора, приводит к изменению температуры пород на 1,5-3 °С.

Наиболее сильное влияние на температурный режим пород оказывают здания и сооружения. Оно заключается в нарушении условий теплообмена поверхности и формировании локальных тепловых полей под каждым зданием или сооружением, а иногда при плотной застройке, под целым микрорайоном. Тепловое воздействие зданий и сооружений на мерзлые породы приводит к образованию многочисленных техногенных таликовых зон – чаш оттаивания, разной мощности. В пределах чаш оттаивания температура пород на границе слоя годовых колебаний не редко достигает 8 °С. Такая ситуация просматривается на отдельных участках, где набор негативных факторов влияния является максимальным.

В заключении следует отметить, что поскольку температура грунтов на подошве слоя годовых колебаний в естественных условиях, для 1/3 части территории, характеризуется значениями, близкими к нулю 0 – (-1) °С, то при малейшем нарушении этих условий может произойти протаивание или, наоборот, новообразование мерзлой толщи. Это обстоятельство необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геокриологические опасности / Под. ред. Гарагули Л. С., Ершова Э. Д. – М.: Изд-во КРУК, 2000.
2. Трофимов В. Т. Инженерно-геологические условия территории листов Q-43-г, Q-43 и R-43-г. Москва, 1969.

ВЛИЯНИЕ ЗОН И ПОВЕРХНОСТЕЙ ОСЛАБЛЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНОГО МАССИВА РАЙ-ИЗ

АБАТУРОВА И. В., ЧЕРНЫХ О. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Теоретическими основаниями инженерно-геологических исследований является представление о том, что современные инженерно-геологические условия формируются на протяжении всей геологической истории развития района. Формирование инженерно-геологических процессов и явлений на месторождениях связано с геолого-структурными строениями, тектоническими особенностями с имеющимися в массиве горных пород зонами и поверхностями ослабления различного генезиса. При этом преобладающее влияние имеют: их ориентировка относительно горных выработок; мощность, степень дробления материала; минеральный состав заполнителя.

Единственное в России месторождение хромитов расположено в пределах горного массива Рай-Из (Полярный Урал, абсолютные отметки 700-800 м). В состав месторождения входят несколько рудных объектов, каждый из которых характеризуется своими особенностями геолого-структурного и тектонического строения.

Рассмотрим один из крупных объектов «Центральное», которое расположено в юго-восточном блоке массива Рай-Из и отделено от основного комплекса крупным Полойшорским разломом, принадлежащим системе отрывов запад-северо-западной ориентировки. В южной части объекта преобладают субширотные разломы – сколы Пологий, Серпентинитовый, Талькитовый. Породы месторождения заморожены, температура пород на подошве слоя годовых теплооборотов 1-2°. Породы, слагающие разрез месторождения: дуниты, гарцбургиты, серпентиниты, хромитовые руды.

Оценка геолого-структурного строения, степени трещиноватости и раздробленности пород проводится на всех этапах изучения: разведка – отработка (открытым подземным способом).

Еще на поисково-оценочной стадии анализ кернового материала позволил выделить в массиве пород несколько типов и зон ослабления, с которыми при отработке будут связаны инженерно-геологические процессы, а при отработке определить элементы их залегания и выполнить верификацию данного прогноза.

Были выделены:

1. Зоны дробления (рис. 1), представленные дресвой и щебнем пород с глиной трения либо тальком.

2. Трещины скольжения, покрытые тальк-карбонатным материалом либо киммереритом.

Инженерно-геологическое обследование карьера показало массовое развитие инженерно-геологических процессов, которые развиваются по выделенным зонам ослабления. Основными типами деформаций являются: обрушения, оплывания, плоские смещения блоков, камнепады, вывалы глыб (рис. 2), осыпи, также происходит и суффозионный вынос заполнителя трещин (рис. 3).

Внешние признаки проявления деформаций носят непрерывный характер и активизируются в весенне-летний период, поражают значительные по высоте и протяженности участки до 100 м. Также в бортах карьера можно наблюдать систему зеркал скольжения (рис. 4), при этом поверхности отрыва обрушившихся пород совпадают с системами кососекущих крутопадающих трещин (углы наклона 65-80°) именно по ним и происходит смещение пирамидальных блоков пород и вывалы. Кроме того трещины, заполненные тальком, серпентинитом, серпофитом, хлоритом, тальк-серпентинитовым материалом при увлажнении практически полностью теряют сцепление, что способствует быстрому перемещению масс. Наличие Полойшорского разлома и сформированными им системами трещин привели к формированию в северном и северо-восточном бортах карьера блоков пород от 30×40 см до 1×2 м. Упавшие глыбы формируют шлейфы размером 0,5×0,7×1,2 м³.

Необходимо отметить, что активизация всех видов обрушений связана с поступлением в карьер по поверхности и по трещинам талых вод.



Рис. 1. Зона дробления и прожилковой серпентинизации



Рис. 2. Вывал глыбы (Восточный борт карьера)



Рис. 3. Суффозионный вынос заполнителя (Северный борт карьера «Южный»)



Рис. 4. Поверхности скольжения в юго-восточном борту

УДК 624.131.1

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

АБАТУРОВА И. В., ПУГОВКИНА Е. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Трещиноватость является важнейшей инженерно-геологической характеристикой скальных пород, определяющей состояние массива, его неоднородность, анизотропию физико-механических свойств [1].

В зонах повышенной трещиноватости интенсивней выражены процессы гипергенеза, вызывающие снижение прочности горных пород, и значительно более активно протекают экзогенные процессы, и возрастает роль антропогенного фактора [2].

Инженерно-геологическая оценка степени трещиноватости базируется на результатах полевых исследований, включающих в себя замеры элементов залегания трещин на естественных и искусственных обнажениях (азимута падения, азимута простираения и угла падения трещин), среднего линейного размера элементарных блоков, на которые массив расчленен трещинами,

зависящий от прерывистости трещинных систем. Также дается характеристика поверхности трещин и типа заполнителя (его минеральный состав, состояние и физико-механические свойства).

Критерием количественной оценки степени трещиноватости выбирают показатели, учитывающие размеры и густоту трещин.

Различают три вида показателей: 1) линейные (количество и размеры трещин на единицу длины обнажения, горной выработки, скважины); 2) распределенные по площади (количество, размеры и раскрытость трещин на единицу площади); 3) объемные (количество, площадь стенок и объем трещин на единицу объема породы).

По керну скважин определяются, в основном, количественные показатели: модуль кусковатости M_k (количество кусков керна на 1 пог. м), модуль трещиноватости $M_{тр}$ (количество трещин на 1 пог. м керна), RQD -показатель состояния пород, характеризующий сумму длин кусочков керна более 10 см к длине исследуемого интервала. К качественным показателям относят направление трещин (к оси керна), анализ минералов-заполнителей, наличие зон дробления и блочность пород [2].

Обработка данных по оценке степени трещиноватости пород заключается в построении диаграмм трещиноватости, статистической обработке количественных данных, установлении корреляционных зависимостей между трещиноватостью и геологическими факторами.

Район месторождения «Центральное» находится в пределах горного массива Рай-Из на восточном склоне Полярного Урала. В геологическом плане располагается в зоне Центрального Уральского поднятия. Породы развитого гипербазитового массива представлены разномасштабными дунитами и гарцбургитами, затронутые в разной степени серпентинизацией, с линзовидными и платообразными телами хромитовых руд. Массив пород заморожен. О площадном распространении мерзлых пород свидетельствуют ярко выраженные криогенные процессы: каменные потоки, каменные моря, солифлюкционные потоки и т. д. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 425 м. Температура пород на подошве слоя годовых теплооборотов (-3,5) °С.

Месторождение «Центральное» характеризуется сложностью и разным временем действия процессов формирования трещиноватости под влиянием многих факторов (тектонические напряжения, выветривание и разгрузка, техногенез). Их совместное действие привело к формированию систем трещин с похожими морфологическими особенностями (поверхностям трещин с зеркалами скольжения, покрытыми корочками серпентинита, тальк-серпентинитового агрегата, редко шероховатыми с глиной трения).

Тектонические ослабленные зоны представлены древесно-щебнистым материалом мощностью от 0,3 до 3,3 м. Максимальная глубина, на которой зафиксированы зоны дробления, составляет 90-100 м.

Огромное влияние на прочность и устойчивость массива пород будет оказывать морфология поверхности трещин, состав заполнителя.

С инженерно-геологической точки зрения наибольший интерес представляют гладкие поверхности с зеркалами скольжения, которые указывают на то, что по данным типам трещин происходило перемещение, и они являются наиболее опасными среди ослабленных зон [3].

На основании анализа показателей трещиноватости с учетом классификации, разработанной ВСЕГИНГЕО [4], было проведено деление массива пород на классы (см. таблицу).

Классификация пород по степени трещиноватости

Категория пород по степени трещиноватости	$M_{тр}$ тр/м	M_k кус/м	RQD	Размер элементарного структурного блока	Данные кавернометрии
Слаботрещиноватые	<3	<5	40	<0,15	<130
Среднетрещиноватые	3-7	5-10	20-40	0,08-0,15	130-150
Сильнотрещиноватые	7-15	10-15	5-20	0,05-0,08	
Раздробленные	>15	>15	5	<0,05	>150

Огромное значение для условий отработки месторождения играют техногенные трещины, формирующиеся в результате взрывных работ. Здесь процесс трещинообразования идет в двух направлениях: первое – трещины взрыва накладываются на существующие системы, расширяя их, либо раскрывая, второе – формируются новые трещины, тонкие, ветвящиеся, которые усиливают

интенсивность трещиноватости и неоднородность массива пород. По вновь сформированным трещинам активно идет процесс криогенного выветривания.

В связи с тем, что под действием поверхностных вод происходит «размокание» заполнителя, обладающего и без того малым сцеплением, происходит раскрытие трещин и смещение горных масс по ним.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красилова Н. С. Анализ характера трещиноватости скальных пород при мелкомасштабной инженерно-геологической съемке части территории, прилегающей к трассе БАМ // Инженерная геология, 1979, № 4.
2. Абатурова И. В., Афанасиadi Э. И. Комплексная оценка степени трещиноватости и прогноз устойчивости бортов проектируемых карьеров на стадиях разведки месторождений // Известия вузов. Геология и разведка, 1992, № 6.
3. Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Отчет «Изучение инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических условий глубоких горизонтов месторождения «Центральное»».
4. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых. ВСЕГИНГЕО. – М.: Недра, 1986. – 171 с.

УДК 550.853

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

НЕКРАСОВ С. М.

Качканарский горно-обогатительный комбинат «Ванадий»

НАХТИГАЛ Д. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Собственно-Качканарское месторождение титаномагнетитовых руд приурочено к одноименному пироксенитовому массиву, входящему в состав сложной габбро-пироксенитовой Качканарской интрузии, относящейся к Платиноносному поясу Урала.

Пироксениты слагают крупное тело северо-западного простирания, залегающее среди габбро. Длина тела 7,5 км, максимальная ширина – 4,0 км.

Породы, слагающие Собственно-Качканарский массив, характеризующиеся наибольшей интенсивностью оруденения, обладают повышенной по сравнению с вмещающими габбро значениями магнитной восприимчивости (от 10 до 50 тыс. $\times 10^{-6}$ при средней около 25 тыс. $\times 10^{-6}$ ед. СГСМ) и поэтому сопровождаются повышенными магнитными аномалиями с напряженностью поля в 3 тыс. и более гамм. Это позволило довольно четко выделить участки развития ультраосновных пород как на дневной поверхности, так и в слепом залегании.

В плане тело пироксенитов имеет форму сложно ветвящейся на флангах изогнутой линзы, обращенной выпуклостью на юго-запад. Наибольшая ширина линзы установлена в средней ее части. В соответствии с общей формой массива наблюдается постепенное изменение с севера на юг направления простирания его контактов и внутренних структурных элементов (полосчатости, мелких линз и тел, оливиновых пироксенитов, оливинитов, верлитов, габбро и т. д.) от северо-восточного через субмеридиональное до юго-восточного и субширотного.

Уже несколько лет на ОАО «Ванадий» проводят доработку программного обеспечения фирмы «*Surpac*» под нужды предприятия. Технически доработка производится за счет написания макрокоманд и использования встроенного языка программирования. Необходимость этого вызвана тем, что производственная схема работы большинства иностранных предприятий существенно отличается от российской. В частности, взрывание блоков характеризуется большим смещением горной массы (развал буровзрывных блоков может втрое превышать изначальную ширину).

Основным методом каротажа скважин является магнитометрический метод опробования. Он основан на использовании статистической зависимости величины магнитной восприимчивости горных пород и руд от количества в них магнитных минералов.

Характер этой зависимости обуславливается рядом факторов: концентрацией магнетита, наличием изоморфных примесей, формой и размерами зёрен магнетита, количеством и распределением других магнитных и немагнитных минералов, текстурой руд и т. д.

Основным прибором для определения содержания железа магнитного является рудничный измеритель магнитного влияния среды РИМВ-1. На этом же принципе изготовлен опытный образец каротажной станции «КАРЬЕР-2М» для проведения каротажа методом магнитной восприимчивости взрывных скважин шарошечного бурения на железорудных месторождениях, разрабатываемых открытым способом.

Изучение геофизических, геологических, петрографических и гидрогеологических условий месторождения жизненно необходимо для решения задач недельно-суточного планирования. Основные задачи:

- обеспечение исходными материалами, необходимыми для технически правильной и экономически целесообразной эксплуатации месторождения;

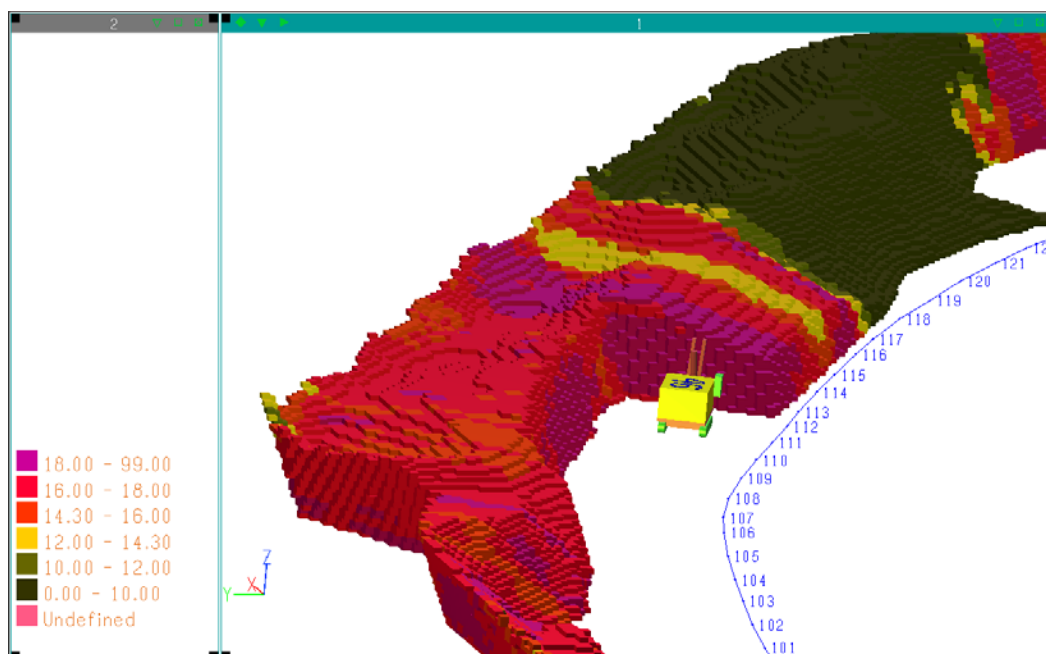
- обоснование количественных, качественных и технологических показателей добычи и обогащения руд в соответствии со стандартами предприятия, регулирующими качество сырья, поставляемого на обогатительную фабрику;

- обеспечение наиболее полного извлечения из недр полезных ископаемых.

Результатом работы с современным техническим (лазерная сканирующая система *LMS-420*, каротажная станция Карьер-2М) и программным обеспечением (*Surpac 5*) и его доработкой стал полный переход на планирование горных работ в геоинформационной системе, что повлекло за собой множество положительных эффектов.

Во-первых, это возможность быстрого и в то же время достоверного подсчета качественных показателей в планируемом месте. Достоверность подсчета достижима благодаря использованию интервальных проб (интервалы от 10 см).

Во-вторых, обеспечивается необходимая для работы наглядность (см. рисунок), в том числе обеспечен просмотр в 3-х направлениях и под любым углом, просмотр вдоль интересующего участка работ (вдоль ж/д пути), цветовая раскраска по содержанию полезного компонента, а также использование вертикальных разрезов.



Внешний вид развала горной массы с цветовой раскраской по содержанию Fe общего в руде

В-третьих, благодаря тому, что съемка блока производится до взрыва и после, очень детально видно, где у блока имелся подпор, а где его не было. В дальнейшем при создании блочной модели развала дополнительно используются данные геофизического опробования скважин блока, формирующего подпор.

В-четвертых, учитывается развал горной массы. Как было сказано ранее, в России и за рубежом существует огромная разница формирования развала горной массы. Это очень усложняет планирование качественных показателей руды и отбивку контактов руда-вскрыша. Для решения этой проблемы специалистами отдела управления качеством добываемой руды ОАО «Ванадий» был проведен ряд теоретических и технологических исследований, по результатам которых был выбран наилучший способ заполнения блочной модели развала. Его проверка показала, что контакты руда-вскрыша стали отбиваться гораздо более точно, что дает возможность отработать их более детально, а смещение данных каротажа дает возможность очень точно оценить качественные показатели руды в весьма небольшом объеме (около 0,3 т м³ при использовании программы учета угла отработки).

В заключение отметим, что, как и во многих работах, в целях дополнительной страховки может применяться альтернативный вариант планирования (стандартный полигональный метод).

Ключевыми во внедрении подобных технологий являются экономические эффекты, основанные на расчете стабильной укладки качественных показателей руды и уменьшении засорения вскрышными и жильными породами.

УДК 551.34

КРИОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОРИДОРЕ ТРАССЫ ПОЛЯРНО-УРАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

ПЕТРОВА И. Г., ТУРЫГИН А. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Транспортный коридор Полярно-Уральской железной дороги, проходящий по долине реки Сось до станции Обской, затем сворачивающий на Лабытнанги, на данный момент времени является единственной магистралью, связывающей Ямало-Ненецкий автономный округ с «большой» землей. К нему будет примыкать намечаемый к строительству новый транспортный коридор железной дороги Салехард – Надым. Основной транспортной магистралью президентской программы «Урал промышленный – Урал Полярный» является Восточно-Уральская железная дорога, она проходит по восточному склону Уральского хребта и свяжет промышленный Урал с лесопромышленной зоной Севера, месторождениями твердых полезных ископаемых Югры, зоной нефтегазодобычи Ямала. Создание транспортного коридора позволит не только обеспечить доступ к месторождениям Полярного и Приполярного Урала, но и будет способствовать экономическому росту населенных пунктов автономного округа, расположенных у восточных склонов Урала, повышению комфортности проживания населения, развитию социальной инфраструктуры.

Для предотвращения или минимизации негативного влияния промышленно-хозяйственной деятельности человека на окружающую среду перед введением в действие нового объекта необходимо тщательное изучение геологических, геоморфологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий, а также выполнение прогноза изменений геологической среды под воздействием техноприродных процессов.

Приуроченность территории к открытым горно-складчатым структурам криолитозоны обусловило развитие на Полярном Урале широкого комплекса экзогенных геологических процессов. Развитие и степень проявления экзогенных процессов определяется взаимодействием группы природных факторов: климатических условий, литологических особенностей пород, льдистости грунтов, температуры многолетнемерзлых пород, степени дренированности территории и т. д. Для Полярного Урала доминирующими являются криогенные геологические процессы и явления.

Особенности криогенных геологических процессов обусловлены периодичностью процессов промерзания и оттаивания, охлаждения и нагревания верхних горизонтов отложений, спецификой

свойств промерзающих, мерзлых и оттаивающих пород, временной периодической изменчивостью их напряженного состояния.

Морозобойное растрескивание играет весьма существенную роль в формировании ландшафта. Причиной морозного и диагенетического растрескивания является напряжение в массиве горных пород под воздействием градиентов температур.

Морозное пучение. Процесс пучения развит весьма широко и приводит к образованию бугров пучения различного размера и генезиса. По генезису выделяются: сезонные бугры пучения и многолетние бугры пучения.

Пятнообразование. В результате многолетних процессов пучения и наложения на него морозобойного растрескивания в районах межгорных депрессий и плоских равнин происходит формирование специфических структурных форм в виде «сортированных полигонов» – пятен-медальонов, каменных колец, каменных полос и многоугольников.

Деградация многолетнемерзлых пород обусловлена продолжительностью и интенсивностью положительных температур в летний период и увеличением техногенной нагрузки. Проявляется, в первую очередь, в возрастании температуры ММП. Протаивание ММП активизирует ряд экзогенных геологических процессов, таких как термокарст, солифлюкция, оползни - оплывины, овраги. При проектировании и эксплуатации промышленных и гражданских сооружений необходимо учитывать изменения физико-механических свойств, несущей способности протаивших и прогретых ММП, термокарстовых осадков земной поверхности [2].

Термокарст. Один из наиболее распространенных криогенных процессов в зоне развития ММП. Широко представлен на аккумулятивных равнинах аллювиального, озерно-аллювиального генезиса, на поверхности речных террас. При определении степени устойчивости территории необходимо учесть, что карстовые образования на исследуемой территории имеют различный генезис. Карстовые и термокарстовые воронки часто заполнены водой и называются в этом случае озерами. Термокарстовые процессы на Полярном Урале имеют значительное распространение и интенсивность.

Наледообразование вызвано сезонными изменениями температур сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоя, сопровождаемого формированием грунтовых и речных наледей. Кроме речных наледей на площади в районах межгорных депрессий широко развиты наледи, связанные с разгрузкой подземных вод [3].

Развитие на территории Полярного Урала многолетнемерзлых пород осложняет ее геологические условия. Широкое распространение опасных экзогенных процессов обуславливает чрезвычайную ранимость геологической среды. Спровоцировать непоправимые нарушения могут не только техногенные, но и природные факторы, такие как изменение температуры многолетнемерзлых пород, ожидаемое глобальное потепление и т. д.

Территория характеризуется сложными природными условиями, что обуславливает крайне неустойчивое состояние геологической среды и при дальнейшем увеличении техногенных нагрузок это необходимо учитывать [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абатурова И. В., Петрова И. Г. Экзогенные процессы и их влияние на экологическую обстановку территории Полярного Урала // Сергеевские чтения. Вып. 4. Мат-лы годичной сессии РАН. – М.: ГЕОС, 2002. – С. 89-92.
2. Оберман Н. Г., Шеслер И. Г. Современные и прогнозируемые изменения мерзлотных условий европейского северо-востока Российской Федерации. – Сыктывкар: 2008. – 11 с.
3. Петрова И. Г. Оценка экологического состояния геологической среды Собско-Райизской площади Полярного Урала на ранней стадии урбанизации: дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Екатеринбург, 2004, 180 с.

МОДЕЛЬ МАРМУЗИ ДЛЯ ОПРОБОВАНИЯ ПРОЦЕДУР ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

ЗАЙДУЛЛИНА А. М.

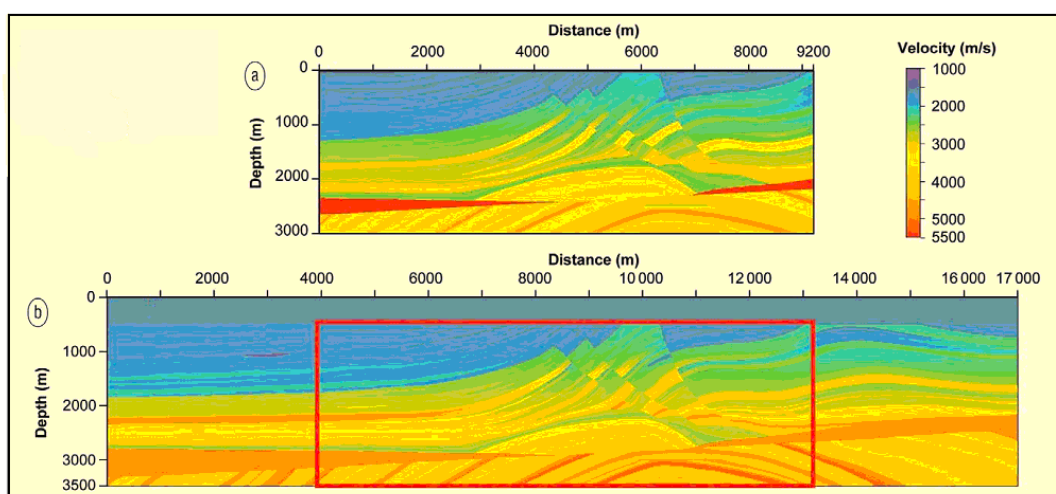
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В сейсморазведке при создании и опробовании новых технологий обработки и интерпретации данных важную роль играют скоростные модели сред. Такие модели составляются на основе данных детально изученных и интересных геологических объектов [1].

Одна из таких тестовых моделей была создана в 1988 году группой исследователей из *Institut Francais du Petrole* (Института нефти Франции). Она получила название Мармузи (*Martin et al., 2006*). За основу были положены результаты морских сейсмических исследований по технологии 2D одного хорошо изученного участка шельфа Анголы.

Сегодня эта модель усовершенствована, она представляет собой упрощенную литолого-структурную геологическую модель сложного разреза, включающую и простые, и сложные структурные элементы, а также тектонические нарушения. За основу взяли структуру модели Мармузи и, условно, расширяя, увеличили размеры ее по ширине от 9,2 до 17 км и по глубине – от 3 до 3,5 км. К расширенной модели добавили 41 новый горизонт, получив общее количество горизонтов в 199 слоев. Модель получила название Мармузи 2 (см. рисунок).

Для морской сейсмической съемки, съемки с донными косами и ВСП с регистрацией вертикальных и горизонтальных компонент поля были рассчитаны теоретические волновые поля. В результате был составлен набор сейсмограмм, временных разрезов, мгновенных снимков фронтов волн и многокомпонентных записей ОВС и ВСП.



Характер распределения скоростей продольных волн в разрезах моделей Мармузи (вверху) и Мармузи 2 (внизу)

Составление различных сейсмических и сейсмогеологических моделей, соответствующих изучаемым геологическим средам, является важнейшим элементом в сейсморазведке. В зависимости от того, насколько правильно составлены необходимые сейсмогеологические модели, может решаться вопрос об успешности применения различных методов обработки данных сейсмической разведки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В. И. Сейсморазведка: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 690 с.
2. *The Leading Edge*, February 2006, pp. 156-256.

ВОЗМОЖНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ В МЕТОДЕ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

КАХОРОВ А. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Миграционные преобразования в МПВ позволят применять к сейсмическим данным не только кинематическую, но и динамическую обработку. Целесообразно осуществлять в данном методе процедуру миграции на основе преобразования Кирхгофа.

Особенностью применения миграции в МПВ является то, 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 учетом проницания.

Для миграции преломленных волн, используя дифференциальное преобразование Кирхгофа, можно использовать уравнения

$$t = \frac{h_n}{V_1 \cos i} + \frac{\sqrt{\left(x_d - x_n \pm \frac{h_n \sin(i \pm \varphi)}{\cos i}\right)^2 + \left(\frac{h_n \cos(i \pm \varphi)}{\cos i} - h_d\right)^2}}{V_r} + \frac{\sqrt{(x_n - x_d)^2 + h_d^2}}{V_1}$$

или

$$t \approx \frac{h_n}{V_1 \cos i} + \frac{\sqrt{(x_d - x_n \pm h_n \operatorname{tgi})^2 + (h_n - h_d)^2}}{V_r} + \frac{\sqrt{(x_n - x_d)^2 + h_d^2}}{V_1},$$

где x_n и x_n – координаты источника и приемника на профиле; h_n и x_d – координаты точки дифракции; i – угол падения сейсмического луча; φ – угол наклона преломляющей границы; знак $\pm h_n$ – (-) для точки входа под источником по падению и (+) по восстанию границы.

При миграции по приближенной формуле достаточно знать только граничные скорости в зависимости от вертикального времени или t_0 преломленных волн.

Рассматриваемый способ позволяет в рамках одной процедуры миграции построить динамический разрез по всем зарегистрированным преломленным волнам, т. е. по всей глубине изучаемого разреза, в масштабе двойного времени по вертикали до преломляющих границ. Амплитуды динамического разреза зависят от коэффициентов преломления или «головления» в точках входа и выхода волны, а также от распространения в покрывающей среде и преломляющем пласте.

Миграция записей многократных наблюдений преломленных волн со скоростными параметрами для всех преломляющих границ позволяет не только построить преломляющие границы, но и ослабить волны-помехи.

При миграции записей только первых вступлений преломленных волн уменьшается эффект наложения преломленных волн, но при этом, соответственно, сокращается интервал построения преломляющих границ по сравнению с интервалом преломляющих границ по полному годографу.

На основе миграции по кинематическим и динамическим параметрам преломленных волн определяются значения граничной скорости, кроме того, упрощается сопоставление и совместное использование результатов МОВ и МПВ в концепции многоволновой сейсморазведки геологических сред.

Миграция преломленных волн позволяет перевести в динамический разрез волновую картину, связанную с разрывными нарушениями преломляющих границ и погребенных контактов, когда образуется сложная система преломленных и преломленно-дифрагированных волн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Телегин А. Н. Сейсморазведка методом преломленных волн. – СПб: Изд-во: С.-Петербургского ун-та, 2004. – 187 с.
2. Бондарев В. И. Сейсморазведка. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 690 с.

УДК 550.834

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛЕЙ ВРЕМЕН И ГОДОГРАФОВ

КОРЕПАНОВ А. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Понятие «поле времен» впервые было введено Ю. В. Ризниченко для решения задач интерпретации годографов отраженных и преломленных волн на основе принципа Гюйгенса. При этом под полем времен он понимал функцию $t(x, y, z)$, описывающую распределение времен приходу той или иной волны в пространстве. В последующем Н. Н. Пузыревым было проведено обобщение систематизации этих понятий применительно к современным системам наблюдения.

В современной трактовке *поле времен* – это функция, описывающая зависимость времени распространения сейсмической волны того или иного типа от координат источников и приемников, при условии знания функции, характеризующей распределения упругих свойств в среде. Различают обобщенные и локальные поля времен. Обобщенные поля времен в пространстве P_{33} являются функцией шести переменных

$$P_{33} = t(x_0, y_0, z_0, x, y, z),$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты источника; x, y, z – координаты приемника.

Понимание и изображение обобщенных полей времен весьма затруднительно, поэтому в сейсморазведке чаще используют более простые поля времен.

Так, например, в двухмерной среде обобщенное поле времен P_{22} , естественно, уже является функцией четырех переменных

$$P_{22} = t(x_0, z_0, x, z).$$

Если источник сейсмических волн закрепить в точке или разрешить перемещаться ему по какой-либо линии или поверхности, то обобщенное поле времен переходит в локальное поле времен, соответственно нулевого P_{03} , первого P_{13} или второго P_{23} порядков. Расположение сейсмоприемников на некоторой заданной линии или поверхности позволяют получать временные функции, характеризующие сечение локальных полей времен. Эти функции принято называть обобщенными годографами. Сечение локальных полей времен нулевого P_{03} , первого P_{13} или второго P_{23} порядков. При расположении сейсмоприемников на линии ($\Gamma_{01}, \Gamma_{11}, \Gamma_{21}$) или плоскости ($\Gamma_{02}, \Gamma_{12}, \Gamma_{22}$) годографы принято называть соответственно обобщенными годографами нулевого, первого или второго порядков. Поля времен могут быть совмещенными, если области точек расположения источников и приемников совпадают полностью или частично. Такие поля времен наиболее широко применяются на практике, поскольку чаще всего источники приемники располагаются на поверхности наблюдения. В этом случае используются обобщенные годографы нулевого порядка. Γ_{01}, Γ_{02} , которые называются соответственно линейными и поверхностными годографами. Линейные годографы подразделяются на продольные, если источники сейсмических колебаний находится на профиле наблюдения, или непродольные, если источники вне этой линии. Линейные непродольные годографы выражаются либо в виде функции расстояния «источник-приемник», либо в виде в функции «координат точек приема». Среди линейных годографов особую роль играют вертикальные сейсмические годографы. При сейсмических исследованиях с использованием скважин сейсмоприемники чаще всего располагают внутри среды, а источники – поблизости от поверхности земли. Зависимость времен регистрации сейсмических волн от глубины в этом случае принято называть вертикальным сейсмическим годографом. Продольные вертикальные годографы получаются в случае, если источник находится вблизи устья скважины. Если же источник

располагается на достаточно большом расстоянии от устья скважины, то получают непродольные вертикальные годографы.

Поверхностные годографы представляют собой зависимость времени прихода волны или ее какой-либо фазы от координат точек поверхности наблюдения. Чаще всего поверхностные годографы изображают в виде карт изохрон – линий равных времен прихода конкретной волны на плоскость приема. В методе отраженных волн линейные продольные годографы подразделяются на годографы общей точки взрыва – ОТВ, общей точки приема – ОТП, общей средней (глубинной) точки – ОСТ (ОГТ).

Годографы ОТВ формируются из материалов сейсмических наблюдений при фиксированном вложении источников и переменном положении приемника. Годографы ОТП строятся по сейсмограмме, полученной при фиксированном положении приемника и переменном положении источника наблюдений. Годографы ОСТ (ОГТ) представляют собой зависимости времен прихода отраженных волн от величины базы наблюдений при симметричном ее расположении относительно центра базы «источник-приемник».

УДК 550.834

ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА НА ПОПЕРЕЧНЫХ *SH*-ВОЛНАХ

КРЫЛЕВСКАЯ А. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Для решения геологических, гидрогеологических, геокриологических и геоэкологических задач при инженерных изысканиях необходимо детальное изучение верхней части разреза (ВЧР). Объектом изучения инженерной геофизики является, главным образом, зона малых скоростей. В сейсморазведке широко распространён метод преломленных волн с использованием продольных волн. Однако этот метод недостаточно эффективен для детального изучения ВЧР.

Установлено, что инверсия скоростей сейсмических волн, связанная с наличием в разрезе маломощного высокоскоростного поверхностного слоя, создаёт благоприятные условия для изучения верхней части геологического разреза с помощью отражённых поперечных *SH*-волн (контрастность скоростного разреза при использовании поперечных волн выше, чем при использовании продольных волн). В качестве такого слоя может выступать сезонный слой промерзания грунтов, асфальтовое или бетонное покрытие, слой засоленной почвы, утрамбованная отсыпка. Для изучения особенностей строения подобных сейсмогеологических разрезов в институте криосферы Земли СО РАН разработана методика высокоразрешающей сейсморазведки на поперечных *SH*-волнах (ВСПВ) с оригинальной технологией проведения полевых наблюдений. В условиях инверсных скоростных разрезов методика ВСПВ позволяет получить отражённые сейсмические волны от геологических границ с глубин от первых метров до первых сотен метров.

Основным элементом метода ВСПВ являются наземные наблюдения. Особенности технологии наземных наблюдений:

- Для проведения работ используются высокочастотные специализированные сейсмостанции.
- Применяется технология многократных перекрытий. Предпочтительным является использование центральной системы наблюдения.
- Исследования проводятся по схеме *Y-Y*.
- Регистрация сейсмических колебаний осуществляется одиночными горизонтальными сейсмоприемниками.
- Шаг между точками наблюдений составляет 1-5 метра.
- При наличии твердого поверхностного слоя закрепление сейсмоприемников на профиле производится небольшими грузами.
- Возбуждение сейсмических колебаний осуществляется ударным способом, как правило, с помощью металлического или пластмассового молотка массой 0,5-2 кг. При глубинности

исследований 200 м и более масса молота может быть увеличена до 10-12 кг, а расстояние между сейсмоприемниками – до 10 м.

– Используется режим накопления сейсмического сигнала.

– Для устранения из структуры волнового поля регулярных волн-помех с вектором поляризации в вертикальной плоскости применяется система суммирования с вычитанием.

Дополнительный вид исследований – вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП).

– Первой задачей скважинных наблюдений является получение опорной информации о скоростном строении исследуемой геологической среды. Для этого используется продольное ВСП (сейсмический каротаж).

– Вторая задача ВСП – идентификация отраженных волн, зарегистрированных при наземных наблюдениях. Она решается с использованием как продольного, так и непродольного ВСП.

– Скважинные исследования проводятся с помощью скважинных одноточечных трехкомпонентных сейсмических зондов прижимного типа с ортогональным расположением сейсмоприемников.

– Способ возбуждения колебаний тот же, что и при наземных наблюдениях.

Методика ВСПВ была опробована в различных регионах страны. Методика проста и универсальна, и обладает большими разведочными возможностями, что позволяет значительно повысить эффективность и достоверность инженерно-геологических изысканий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скворцов А. Г. Высокорастворимая сейморазведка на поперечных *SH*-волнах (ВСПВ) – новое направление в инженерной геофизике: презентация на 4-й Международной научно-практической конференции и выставке «Инженерная и рудная геофизика – 2008».

2. Галиуллин Р. Р. Использование высокоразрешающей сейморазведки для изучения инженерно-геологических условий на территории Татарстана, Известия КГАСУ, 2005, № 2 (4).

УДК 550.834

ВРЕМЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ «НАПРАВЛЕННОГО ВИДЕНИЯ»

КРЫЛЕВСКАЯ Т. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Получение временных разрезов «направленного видения» следует начинать с формирования дополнительного массива асимметрично построенных сейсмограмм – сейсмограмм метода общей глубинной площадки (МОВ-ОГП), в которых пункты возбуждения и пункты приема произвольно расположены относительно общей расчетной точки.

Далее необходимо уточнение значений статических поправок. При этом следует учесть, что эти значения отличаются от значений статических поправок сейсмограмм ОСТ. Это связано с тем, что на сейсмограммах МОВ-ОГП трассы данного удаления могут быть связаны с другими пунктами возбуждения, нежели на сейсмограммах ОСТ. Аналогичным образом должны быть подготовлены и новые кинематические поправки.

Сейсмограммы МОВ-ОГП с введенной кинематикой ОСТ называют *a*-сейсмограммами МОВ-ОГП-2Д. Ось синфазности любой отраженной волны на *a*-сейсмограмме МОВ-ОГП-2Д с достаточной точностью может быть уподоблена прямой линии, что открывает возможности для автоматизированного ее анализа.

Задав параметры регулируемого направленного анализа, можно приступить к формированию «суммомент РНА-МОВ-ОГП-2Д». Каждая из трасс такой суммы представляет собой сумму всех трасс *a*-сейсмограммы МОВ-ОГП-2Д с предварительно введенными в каждую трассу линейными сдвигами, величины которых определяются углом наклона текущей линии суммирования. Получается, что любая трасса суммоменты РНА-МОВ-ОГП-2Д отображает суммарную амплитуду волнового поля как функцию времени регистрации и угла подхода волнового фронта к профилю наблюдения.

Суммоменты РНА-МОВ-ОГП-2Д позволяют по углу наклона каждой оси синфазности производить определение соответствующего ей угла наклона элемента отражающей границы.

Теперь можно формировать временные разрезы «направленного видения». Для этой цели достаточно выбрать из полученных на каждом пикете профиля суммомент РНА-МОВ-ОГП-2Д одну трассу или совокупность трасс, просуммировать их и поставить полученную новую сумотрассу в соответствие выбранному пикету профиля. Кратность получаемого временного разреза при этом может быть весьма высокой.

Важным на пути построения временных разрезов нового типа является решение вопроса о принципах выбора из суммоменты РНА сейсмических трасс. Можно обозначить два принципиально различных варианта. Первый заключается в выборе одной или нескольких соседних трасс во всем временном интервале исследований. Второй предполагает выбор трасс, различных для каждого временного окна в пределах выбранного интервала исследований. Число трасс и ширина временных окон должны подбираться экспериментально в соответствии с характером решаемых задач.

Если использовать сумму всех трасс каждой суммоменты РНА-МОВ-ОГП-2Д во всем временном интервале, то получаемые сумматрассы будут эквивалентны трассам временного разреза метода ОСТ. Когда в составлении разреза участвуют только трассы, которые соответствуют близкому к нулю временному сдвигу на базе наблюдений, то формирование разреза происходит только из компонент волнового поля, приходящих субвертикально к профилю. Вообще обработчик-интерпретатор может на каждой из суммомент провести произвольную линию последующего суммирования по своему усмотрению. Каким образом и в каких целях этот инструмент может быть использован на практике – зависит от квалификации и опыта интерпретаторов, которые им будут пользоваться.

Полученные временные разрезы в результате моделирования достаточно сильно отличаются от разрезов метода ОСТ. Разрезы нового типа контрастно подчеркивают те части временного разреза метода ОСТ, которые имеют углы наклона отражающей границы по знаку и величине, соответствующие заданным диапазонам временных сдвигов. Можно предположить, что такие разрезы, подвергнутые процедурам миграции, могут давать существенно более объективное представление о сложно построенной геосейсмической среде. Однако, проверка такого вывода требует значительных объемов моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В. И., Крылатков С. М. Новые технологии анализа данных сейморазведки. Научное издание. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 126 с.
2. Смирнов А. С. Применение временных разрезов направленного видения, полученных по сейсмограммам одинакового удаления, для изучения сложнопостроенных сред: дис. ...канд. геол.-минер. наук. Екатеринбург, 2008. – 127 с.

УДК 550.834

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ

КУЗЬМИНА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Перед сейморазведкой, проводимой на стадиях детальных работ в районах со сложными сейсмологическими условиями, в настоящее время все чаще ставится широкий круг задач, направленных на детальное изучение характера распределения физических свойств в геологическом разрезе.

Для эффективного выполнения задач геологического истолкования (интерпретации) данных сейсмической разведки на этапе интерпретационной обработки принято получать некоторые количественные и качественные характеристики волнового поля, на базе которых определяют физические и фильтрационно-емкостные свойства изучаемой геологической среды. Это и есть *сейсмические атрибуты*.

По своей физической природе все сейсмические атрибуты условно можно разделить на две группы (Бондарев, 2007)*. К первой группе – группе кинематических атрибутов – будем относить атрибуты, происхождение которых преимущественно связано с кинематическими свойствами волновых полей. Вторая группа сейсмических атрибутов – группа динамических атрибутов, обязана своим происхождением динамическим свойствам сейсмической записи.

Кинематические характеристики записи – это времена регистрации, эффективные скорости, интервалы между отражениями, глубины и мощности слоев, их углы наклона и др.

К динамическим характеристикам записи относят амплитуду записи, энергию сейсмических сигналов, их частотные и фазовые особенности, особенности затухания и др.

Атрибуты, извлекаемые из информации о времени прихода сейсмических волн:

1) По горизонту:

- остаток;
- наклон;
- азимут;
- кривизна и шероховатость;
- острота;
- освещенность;
- мгновенная фаза и др.

2) Во временном окне:

- когерентность;
- непрерывность;
- подобие;
- ковариация;
- различие трасс;
- индикатор параллельности и индикатор хаотичности слоев;
- сигнал/шум и др.

Атрибуты, извлекаемые из информации о поглощении сейсмических волн:

- мгновенный фактор добротности;
- крутизна спектральной характеристики;
- крутизна графика мгновенной частоты.

Атрибуты по амплитуде и частоте:

- амплитуда отражения;
- композитная амплитуда;
- акустическая жесткость, акустический импеданс;
- сила отражения;
- отношение амплитуд;
- время половины энергии;
- средняя мгновенная частота;
- средняя квадратическая мгновенная частота;
- вторая доминантная частота;
- спектральная декомпозиция.

Смешанные *гибридные* атрибуты объединяют в себе влияние амплитуды и частоты. Примеры таких атрибутов:

- форма волны;
- площадь под графиком;
- длина дуги.

Количество атрибутов, используемых при интерпретации данных сейсморазведки, уже сейчас довольно велико (порядка 60) и продолжает непрерывно расти. Здесь названы атрибуты, которые имеют наибольшее применение на практике в производственных организациях.

* Бондарев В. И. Сейсморазведка: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 690 с.

МОДЕЛЬ НАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

МЕРЗЛЯКОВА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Одним из важнейших типов гетерогенных горных пород являются насыщенные пористые породы (породы-коллекторы), служащие объектом сейсмических исследований при поисках и разведке месторождений нефти, газа, воды.

Насыщенные пористые среды (НПС) состоят из фаз, или компонентов: твердой фазы и флюида, заполняющего поры. Флюид может быть однородным – газ, вода, нефть, или являться смесью указанных компонентов. Твердая фаза образует скелет породы. Структура скелета определяет его интегральные параметры: пористость k_n , проницаемость $k_{пр}$, упругий модуль $K_{ск}$.

Для расчета упругости скелета используют модели (шаровые упаковки и др.), а также эмпирические формулы. Несмотря на значительную идеализацию свойств реальных зернистых сред, шаровые упаковки отражают их основные особенности: передачу напряжений через контакты, уменьшение числа контактов, приходящихся на одну частицу, с увеличением пористости, повышение жесткости контактов с ростом напряжений (глубины).

Если рассматривать шаровые упаковки, находящиеся под действием собственного веса, то представляется возможным рассчитать скорость упругих волн в зависимости от параметров шаров и глубины залегания z (или величины вертикальных напряжений).

Формула Гиртсма позволяет рассчитывать модуль всестороннего сжатия скелета песчаников в мегапаскалях в зависимости от пористости, давления $\rho_{эф}$ и сжимаемости твердой фазы $\beta_{ТВ}$

$$1/K_{ск} = \{ \beta_{ТВ} + k_n [500 \rho_{эф} + (50 \beta_{ТВ})^{-3/2}]^{-2/3} \} 0,1.$$

Формула Гамильтона позволяет рассчитывать модуль всестороннего сжатия скелета песков в зависимости от пористости (близ поверхностное залегание)

$$\log K_{ск} = 2,71 - 4,254 \cdot k_n,$$

где $K_{ск}$ измеряется в 10^9 дин/см².

При насыщении скелета флюидом, т. е. для насыщенных пористых сред, необходимо учитывать их взаимодействие. Обычно при моделировании НПС считается, что свойства скелета при насыщении не меняются. При анализе распространения упругой волны в НПС используют модели двух типов: с совершенной и несовершенной связью. Если упругая волна вызывает смещения флюида относительно скелета, то связь несовершенна. Если фазы колеблются как единое целое, и относительно смещения нет, то связь совершенна. Последнее допущение можно использовать в случае отдельных изолированных пор и для низкочастотных колебаний ($f \rightarrow 0$). Модели для сред данного типа наиболее просты.

Модели НПС с совершенной связью между фазами. Эти модели можно разделить на две группы. К первой группе относятся модели, в которых интегральные характеристики НПС связываются только с параметрами фаз.

Вторая группа моделей характеризуется использованием параметров не только фаз, но и скелета пористой породы, что значительно усложняет расчеты, но позволяет изучать основные типы пористых горных пород от песков до песчаников с учетом изменчивости свойств скелета при изменении пластовых условий.

Рассмотрим изотропную среду с упругими параметрами $K_{ск}$ и $\mu_{ск}$ пористостью k_n и плотностью $\rho_{ск} = \rho_{ТВ} (1 - k_n)$, насыщенную флюидом с модулем сжатия $K_{ф}$. Для случая низкочастотных волн, когда относительным смещением фаз можно пренебречь, упругие параметры НПС определяют по уравнениям Гассмана:

$$\bar{K} = K_{ТВ} \cdot \frac{K_{ск} + K_{ф}(K_{ТВ} - K_{ск})/k_n(K_{ТВ} - K_{ф})}{K_{ТВ} + K_{ф}(K_{ТВ} - K_{ск})/k_n(K_{ТВ} - K_{ф})}, \quad \bar{\mu} = \mu_{ск}.$$

Для пород-коллекторов с равномерной системой пор, одинаково проницаемых во всех направлениях, наибольшее применение получила модель Френкеля-Био. Модель учитывает вязко-

инерционный эффект: относительное смещение скелета и флюида (за счет разных инерционных свойств), приносящее к поглощению упругой энергии в результате вязкого трения флюида.

Низко- и среднечастотные приближения (Гиртсма, Смит, 1961) теоретических формул Био для определения частотно-зависимой скорости насыщенных пород через параметры ненасыщенной среды могут быть выражены формулой

$$V_p^2 = \frac{V_{p\infty}^4 + V_{p0}^4 \cdot \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}{V_{p\infty}^2 + V_{p0}^2 \cdot \left(\frac{f_c}{f}\right)^2},$$

где V_p – скорость продольной волны насыщенной породы; V_{p0} – низкочастотная скорость продольной волны Био-Гассмана; $V_{p\infty}$ – высокочастотная скорость Био продольной волны; f – частота; f_c – относительная частота Био, которая определяет низко- и высокочастотный диапазоны ($f < f_c$, или $f \gg f_c$).

$$f_c = \phi \eta / 2\pi r k,$$

где ϕ – пористость; ρ – плотность флюида; η – вязкость порового флюида; k – абсолютная проницаемость породы.

Формулы Гиртсма-Смита могут использоваться для оценки скорости насыщенной породы через параметры ненасыщенной, а также для оценки зависимости скорости горной породы от частоты.

УДК 550.834

ДИСПЕРСИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЯХ

НИГАМАТШИНА А. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Дисперсия – зависимость фазовой скорости гармонических волн от их частоты. Она определяется физическими свойствами той среды, в которой распространяются волны.

В упругих твердых средах объемные волны распространяются в виде двух типов колебаний – продольных и поперечных, которые различаются направлением смещения частиц. Объемные волны не демонстрируют дисперсионных свойств в диапазоне частот, используемом в сейсморазведке и сейсмологии. В отличие от них поверхностные волны Релея и Лява обладают дисперсией.

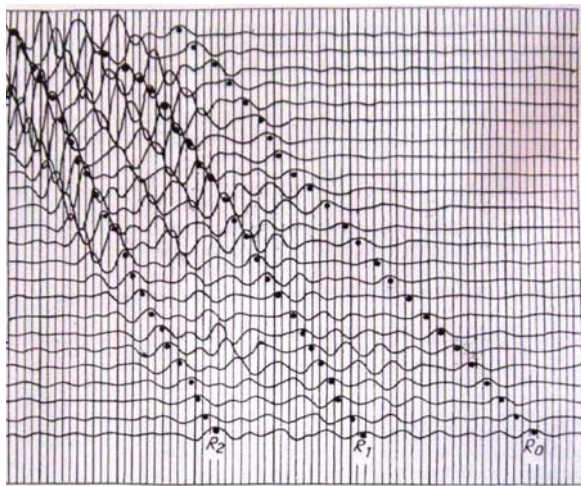
Волна Релея образуется вблизи свободной поверхности. Движение частиц в ней имеет эллиптическую форму, перпендикулярна поверхности и содержит смещение в направлении распространения. Амплитуда волны экспоненциально уменьшается с глубиной. Толщина слоя, частицы которого вовлечены в движение поверхностными волнами, пропорциональна частоте колебаний или длине волны.

При распространении поверхностных волн типа Релея при наличии слоистости полупространства или в случае возрастания с глубиной скоростей распространения продольных и/или поперечных волн будут регистрироваться несколько поверхностных волн релеевского типа. Эти волны принято называть гармониками (модами, обертонами) и присваивать им номера, начиная с нулевого. При этом нулевой называют ту гармонику релеевских волн, которая по своим свойствам близка к волне Релея. Отличительной чертой всех гармоник релеевских волн в этом случае является дисперсия, т. е. зависимость их фазовой и групповой скоростей от частоты регистрации. При специальных методиках сейсмических исследований, когда релеевские волны используются в качестве полезных волн, на записях можно достаточно четко разделять две или более гармоник этих волн (см. рисунок).

Количество надежно прослеживаемых на сейсмограммах гармоник релеевских волн в различных сейсмогеологических условиях различно. Обычно на сейсмограммах метода отраженных волн может наблюдаться группа (цуг) гармоник релеевских волн, которые затрудняют прослеживание полезных волн.

На реальных сейсмограммах записях волны релеевского типа выделяются по следующим характерным признакам:

- отчетливо выделяется расходящийся из источника веер (конус) колебаний;
- наблюдаются интенсивные амплитуды колебаний в пределах выделенного веера;
- низкие (300-800 м/с) фазовые и групповые скорости;
- низкие (5-30 Гц) преобладающие видимые частоты колебаний;
- наблюдаются интенсивные амплитуды колебаний в пределах выделенного веера.



Пример одновременной раздельной регистрации трех гармоник релеевских волн на сейсмограммах, получаемых в инженерной сейсморазведке

Волны Лява наблюдаются в случае распространения сейсмической энергии в слоистой среде, когда скорость поперечных волн в верхнем слое ниже, чем в подстилающем. Волны Лява – поляризованные поперечные волны, движение частиц в которых параллельно поверхности и перпендикулярно направлению распространения.

Возникновение и распространение волн Лява можно представить как результат суперпозиции многократных закритических отраженных от границ слоя волн SH . Основная доля энергии волн Лява распространяется вдоль слоя, излучения энергии в глубь среды не происходит. Колебания в нижележащем полупространстве представляют собой неоднородные волны, экспоненциально затухающие с глубиной. Скорости распространения волн Лява V_L имеют промежуточные значения между V_{s2} и V_{s1} . Волны характеризуются нормальной дисперсией – их фазовая скорость при возрастании частоты колебаний уменьшается, асимптотически стремясь к значению V_{s1} в слое. За счет дисперсии форма волны меняется с расстоянием, а вступление отсутствует, первоначальный импульс постепенно растягивается и в его начальной части начинают преобладать низкочастотные составляющие, в то время как последующая часть колебания оказывается более высокочастотной.

Поверхностные волны в многослойных средах, более соответствующих условиям применения сейсморазведки, имеют сложную интерференционную структуру. Излучение таких волн, а также сходных с ними волн, образующихся внутри многослойных сред при больших углах падения на границы раздела сред, проводится путем анализа интерференционных волновых полей.

При изучении волновых полей, распространяющихся в направлении напластования, используется принцип конструктивной интерференции. Он постулирует, что при определенных соотношениях между количеством слоев, их параметрами, положением источника и приемника упругих колебаний возможна такая суперпозиция элементарных волн, в результате которой в близкие моменты времени в некоторых областях пространства образуются устойчивые волновые группы (пакеты), называемые интерференционными волнами. Их специфические свойства связаны с параметрами групповой и фазовой скорости, а также с дисперсией, выражающей зависимость этих характеристик от длины волны λ .

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АТРИБУТОВ В МЕТОДЕ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

ТАГИРОВА З. Р.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Под сейсмическими атрибутами понимаются некоторые количественные и качественные характеристики волнового поля, на базе которых возможно определение физических фильтрационно-емкостных свойств изученной части геологической среды. По своей физической природе все сейсмические атрибуты можно разделить на динамические и кинематические. Кинематические атрибуты связаны с кинематическими свойствами волнового поля (скорость, время). Динамические атрибуты (амплитуда, частота) отражают фациальные и литологические особенности строения геологического разреза, связаны с составом и трещиноватостью пород.

При работах МПВ в качестве кинематических атрибутов записи предлагаются: времена регистрации, временные интервалы между фазами, между осями синфазности, интегральные или локальные углы наклона осей синфазности и производные от этих параметров. В качестве динамических атрибутов волновых записей предложены интегральная, интервальная и мгновенная амплитуды, их частотные и фазовые характеристики, а также различные производные параметры (энергия сейсмических сигналов, коэффициенты затухания и градиенты этих характеристик по вертикали и по латерали).

В таблице показаны рекомендуемые сейсмические атрибуты на основе информации о времени регистрации сейсмических волн, их амплитуде, частоте и затухании. Атрибуты определяются для некоторой преломляющей границы (оси синфазности) или в некотором временном окне. Внутри окна изучаемый параметр (атрибут) может быть описан средним, экстремальным, доминирующим значением, а также как параметр статистического распределения.*

Атрибуты, рекомендуемые для применения в МПВ

Базовые атрибуты	Способы вычисления атрибутов	
	в точке регистрации волн на трассе или вдоль границы	в окне
Время	Нормированное время первых вступлений, наклон изолиний (полей времен, скоростей), кривизна изолиний (полей времени, скоростей)	Подобие (корреляция), различие времен пиковых значений
Амплитуда	Размах амплитуды, максимальная амплитуда	Полная энергия, число пересечений нуля, среднеквадратический разброс амплитуд
Частота	Доминантные частоты	Средняя частота в окне, максимальная амплитуда спектра, ширина спектра на уровне 0,7 от амплитудного максимума, площадь амплитудного спектра
Затухание	Отношение амплитуд на двух или трех периодах	Отношение энергий двух типов волн

Особенностью атрибутов МПВ является то, что они получаются по сейсмограмме, а не по временному разрезу как в МОГТ. Поэтому при практическом использовании следует отдать предпочтение более надежно определяемым оконным или комплексным атрибутам.

Для подчеркивания той или иной особенности геологического строения в конкретных условиях вычисляются наиболее чувствительные атрибуты или их производные, а также конструируются комплексные атрибуты. Комплексные атрибуты могут состоять из атрибутов сейсмических волн одного типа или разных типов волн, отличающихся как по поляризации, так и по траектории распространения. Использование гибридных (комплексных) атрибутов, учитывающих многообразие геологического

* Крылаткова Н. А. Атрибуты сейсмических полей и их использование при решении задач инженерной геологии: дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 2008, 102 с.

строения в конкретных условиях, повышает устойчивость получения сейсмической информации о среде и ее детальность.

Атрибутные параметры сейсмической записи позволяют получить более подробную дополнительную информацию о физико-механических свойствах (неоднородность, трещиноватость) горных пород, и о физико-геологических явлениях (карст, оползни, ноголетняя мерзлота).

УДК 550.834

ТОНКОСЛОИСТАЯ СРЕДА И ЕЕ АМПЛИТУДНАЯ ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

ШИЧИНОВА К. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В тонкослоистой среде колебания обусловлены интерференцией множества волн, испытывающих отражения и преломления на границах слоев. Условия интерференции зависят от мощности слоев, их упругих свойств и от угла падения волн на границы.

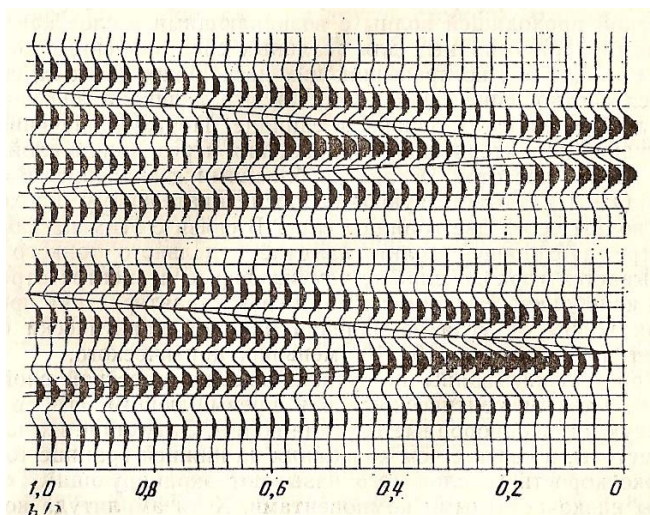
При направлении падения, близком к нормальному, тонкослоистую среду удобно рассматривать как фильтр, изменяющий спектр отраженных и проходящих волн. Амплитудная частотная характеристика (АЧХ) одного идеально-упругого однородного слоя для отраженных от него по нормали плоских волн обычно записывается следующей формулой

$$K(f) = \sqrt{\frac{A_0^2 + A_1^2 + 2A_0A_1 \cos(4\pi h / \lambda)}{1 + A_0^2 A_1^2 + 2A_0A_1 \cos(4\pi h / \lambda)}}$$

где h – мощность слоя; λ – длина волны в слое; v – скорость ее распространения; A_0 и A_1 – коэффициенты отражения волны соответственно от кровли и подошвы слоя.

Величина $K(f)$ имеет тот же физический смысл, что и коэффициент отражения от границы, но, в отличие от него, зависит от частоты колебаний. Коэффициент отражения от слоя $K(f)$ представляет собой периодическую (с периодом $0,5 h / \lambda$) функцию, колеблющуюся между двумя экстремальными значениями $K1$ и $K2$: $K1 = (A_0 + A_1) / (1 + A_0 \cdot A_1)$, $K2 = (A_0 - A_1) / (1 - A_0 \cdot A_1)$, соответствующими сложению отраженных волн от границ слоя гармонических волн «в фазе» и «противофазе».

Для импульсов, отраженных от кровли и подошвы слоя, интерференционные эффекты приводят к усилению или ослаблению колебаний в центральной части волнового пакета по мере приближения к значениям h / λ , кратным 0, 2,5 (см. рисунок)*



Влияние на динамику отраженных волн отношения толщины слоя к преобладающей длине волны

При наклонном падении волны на тонкий слой в нем, помимо монотипных, возникают обменные волны, в связи с чем картина интерференционных явлений усложняется, особенно при углах падения свыше 45-60°.

* Сейсморазведка: справочник геофизика – под ред. В. П. Номоконова, кн. 1. – М.: Недра, 1990. – 336 с.

Амплитудные частотные характеристики прохождения через пакки слоев детально исследованы для волн, распространяющихся по нормали к границам. Слоистость оказывает двойное воздействие на амплитуду проходящих колебаний. С одной стороны, интенсивность колебаний постепенно убывает при последовательном отражении части энергии от границ слоев, с другой стороны, эти потери в значительной мере могут восполняться за счет многократно-отраженных волн (волн-спутников), распространяющихся в том же направлении, что и породившая их волна, с малым по отношению к ней запаздыванием во времени.

УДК 624 121.3

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАСОМАТИТОВ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

ГУМАН О. М., ВОРОЖЕВ А. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В практике инженерно-геологических изысканий под специфическими грунтами изыскатели привыкли понимать грунты, изменяющие свою структуру и свойства в результате замачивания, динамических нагрузок и других видов внешних воздействий, обладающие неоднородностью и анизотропией (физической и геометрической), склонные к длительным изменениям структуры и свойств во времени. В перечень специфических грунтов попали просадочные, набухающие, органоминеральные и органические, засоленные, элювиальные и техногенные грунты (СП 11-105-97). В то же время отсутствует понятие специфических грунтов, представленных скальными породами. При изучении инженерно-геологических свойств пород Юбилейного месторождения медноколчеданных руд на Южном Урале на значительных глубинах были вскрыты метасоматические породы, kern которых в поверхностных условиях саморазрушался вследствие физико-химического влияния среды и изменения напряженного состояния.

Обобщенный ряд метасоматических образований на колчеданных месторождениях Урала может быть представлен в следующем виде: пропилиты – вторичные кварциты – кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты – колчеданное оруденение [1].

Вмещающие породы Юбилейного медно-цинкового колчеданного месторождения интенсивно изменены метасоматическими процессами: серицитизацией, окварцеванием, хлоритизацией и превращены в серицито-кварцевые, серицито-хлорито-кварцевые, хлорито-кварцевые и кварцитовидные породы кварц-серицитовой метасоматической формации. Мощность зоны метасоматитов колеблется от сантиметров до 350 м. В лежачем боку она составляет в среднем 150-200 м, иногда достигая 300 м. В метасоматитах лежачего и, реже, висячего боков рудных залежей наблюдается неравномерно распределенная сульфидная минерализация. Контакты руд с вмещающими породами висячего бока, как правило, резкие. В лежачем боку преобладают постепенные переходы.

Физико-механические свойства таких пород определяются процессами метасоматоза и наличием сульфидной минерализации. Преобладание процессов окварцевания увеличивает прочностные свойства пород, а процессов хлоритизации, серицитизации – уменьшает, плотность окварцованных пород, наоборот, меньше, например: базальты ($2,90 \text{ г/см}^3$) – базальты окварцованные ($2,88 \text{ г/см}^3$). Самая высокая плотность у метасоматитов с высокими содержаниями пирита – более $3,06 \text{ г/см}^3$.

Полученные результаты свидетельствуют, что изученные горные породы представляют собой достаточно плотные малопористые образования. При общей пористости пород от 1,8 до 5,6 % их максимальная влагоемкость не превышает 3,7 %. Обращает на себя внимание широкий интервал варьирования естественной влажности пород (влажность воздушно-сухого состояния в условиях лаборатории). В одних и тех же условиях эта величина колеблется от 0,17 до 2,37 %. Это свидетельствует о значительном различии минерального состава пород, в частности, содержании гидрофильных минеральных зерен, адсорбирующих на своей поверхности молекулы воды. По результатам рентгенофазового анализа проб это гидрослюды политипа 1М с разбухающими слоями до 15-20 %.

Для выяснения причин изменения прочности пород при увлажнении методом рентгенофазового анализа выполнено изучение минерального состава ряда проб. Падение прочности пород обусловлено наличием смешанно-слоистых минералов (гидрослюда, хлорит) с разбухающими слоями, которые под действием влаги легко увеличивают первоначальный объем и способствуют дезинтеграции породы. Это явление наблюдалось в 30 % проб, отобранных на полный анализ физико-механических свойств пород, и при документации керна (рис. 1, 2).

Аномальные значения прочностных свойств метасоматитов можно объяснить, основываясь на особенностях минерального состава, строения или состояния пород. Аномально большие значения связаны в основном с окварцеванием или гематитизацией пород, минимальные значения – с большим количеством вторичных минералов (хлорита, серицита, гидрослюды).

Потеря прочности пород происходит и в интервалах оруденения (рис. 3).

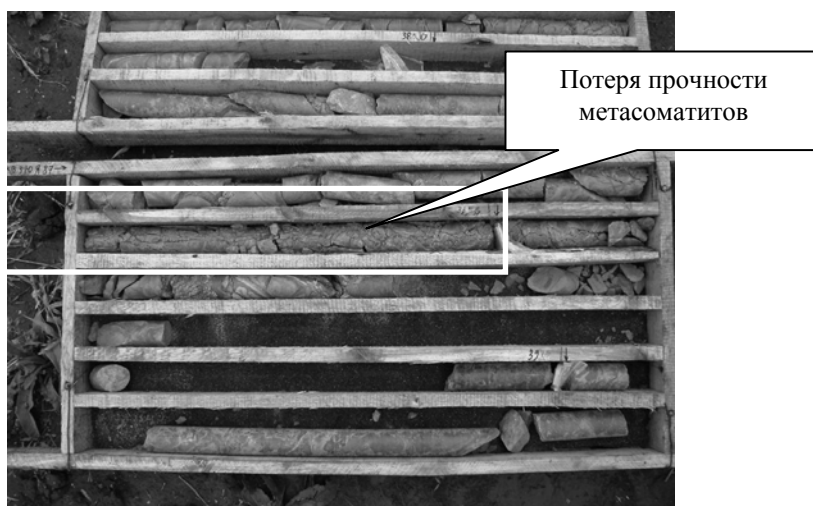


Рис. 1. Потеря прочности метасоматитов при взаимодействии с атмосферным воздухом в течение 2-х месяцев

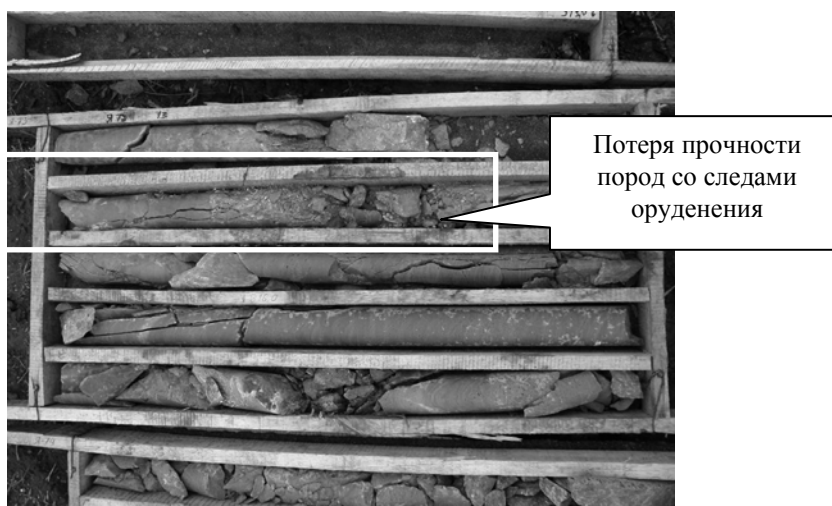


Рис. 2. Потеря прочности пород рудного интервала при взаимодействии с атмосферным воздухом в течение 2-х месяцев

Специфические свойства метасоматитов определяют поведение пород при вскрытии горными выработками (см. таблицу).

Горно-геологические процессы на месторождениях Южного Урала, обусловленные наличием метасоматических пород

Месторождение	Название пород и руд, аналогичных породам и рудам Юбилейного месторождения	Горно-геологические процессы	Тип крепления
Гайское	Вулканогенные породы с разноориентированными крупными трещинами, выполненными глиной трения и серицитовым материалом	Вывалы крупных блоков размером до 6-12 м ³	Подвесная, НДО вразбежку
	Хлорит-серицитовые метасоматиты интенсивно рассланцованные	Систематические обрушения	НДО вразбежку
	Существенно серицитовые метасоматиты, преимущественно рассланцованные, в т. ч. и так называемые «мыльники» (т. е. серицит-каолиновые метасоматиты, скользкие на ощупь)	Увеличение пород в объеме в результате увлажнения, пучение пород кровли, стенок и подошвы подземных горных выработок, частые вывалы из кровли обрушения	НДО сплошную, железобетонная крепь
Сибайское	Существенно пиритовые и медноколчеданные «сыпучие» интенсивно микротрещиноватые руды, обладающие низкой прочностью	Обрушения	НДО сплошную

По нашему мнению, в состав специфических грунтов необходимо включить грунты кварц-хлорит-серицовой метасоматической формации, а также рассмотреть методику их изучения в нормативных документах.

При изучении и выделении метасоматических пород любой фации необходимо учитывать три фактора: 1) развитие определенной ассоциации вторичных минералов, 2) их количество, 3) структуру и текстуру пород*. Исследования физико-механических свойств должны выполняться с учетом фактора времени: при вскрытии метасоматических пород и в течение периода распада с его фиксацией. В лабораторных условиях обязательно отмечать падение прочности как в воздушной среде, так и при водонасыщении этих пород.

УДК 550

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ НА ОБРАЗЦЕ МОНОКРИСТАЛЛА МАГНЕТИТА (ОЛЬХОВСКОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ)

ИВАНЧЕНКО С. В.

ГОУ ВПО «Уральский горный государственный университет»

Измерения магнитоакустической эмиссии проводились на природном монокристалле магнетита из зеленых кристаллических сланцев (Ольховское рудопроявление). Образец – практически правильный октаэдр с размером ребра 23 мм (рис. 1, б). Поверхность граней однородна с небольшим количеством трещинок, по которым развивается гематит. Микротвердость по граням кристалла магнетита меняется от 6,21-10 до 6,95-10 Па. Ось легкого намагничивания для магнетита – (111) (рис. 1, а).

* Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. – М.: Недра, 1992. – 256 с.

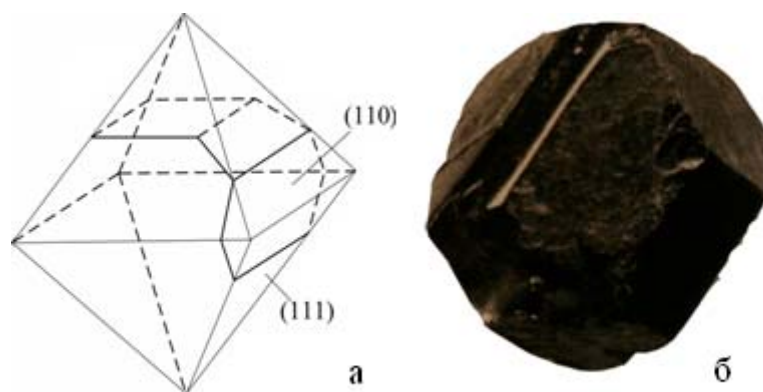


Рис. 1. а) Форма монокристалла магнетита и направление кристаллографических осей. Магнетит (FeOFe_2O_3), Ольховское рудопроявление; б) образец монокристалла магнетита

Работа установки осуществляется следующим образом. В зазор электромагнита помещается исследуемый образец. С помощью электромагнита создается переменное магнитное поле в образце. Намагничивание проводилось перпендикулярно оси (110). В данной работе перемагничивание проходило с частотой 0,10 Гц. С помощью акустического датчика снимается сигнал магнитоакустической эмиссии. Данные выводятся графически, в виде зависимости амплитуды сигнала от величины поля. На рис. 2, а приведена зависимость сигнала МАЭ от поля для образца монокристалла Ольховского месторождения.

На основе многочисленных экспериментов [2] выяснилось, что явление магнитоакустической эмиссии (МАЭ) связано с двумя процессами: смещением доменных границ (МАЭ 1-го рода), вращением векторов магнитных моментов (МАЭ 2-го рода). По оценкам Лорда [3], минимальное скачкообразное изменение домена, регистрируемое с помощью явления магнитоакустической эмиссии, составляет $2,5 \cdot 10^{-16} \text{ м}^3$.

При изучении магнитоакустической эмиссии кристалла магнетита ставилась задача изучения механизма и особенностей проявления магнитоакустической эмиссии на образце монокристалла магнетита.

Если образец полностью размагничен, то векторная сумма намагниченностей отдельных доменов равна нулю [4]. Энергия образца складывается тогда из собственной энергии (если имеются внутренние полюсы), магнитостатической энергии и энергии доменных стенок. Домены, векторы намагниченности которых составляют малый угол с направлением поля, дадут значительно меньший вклад в энергию, чем те, у которых этот угол велик. Поскольку в состоянии равновесия полная энергия должна быть минимальной, будет происходить перераспределение доменных объемов, и в направлении поля \vec{H} появится результирующий магнитный момент. Это перераспределение будет происходить таким образом, что «благоприятно» ориентированные домены будут увеличиваться в объеме за счет менее благоприятно ориентированных доменов в результате перемещения доменных границ.

Рассмотрим подробнее кривую, описывающую зависимость намагниченности M от поля H (рис. 2, б). В размагниченном состоянии векторы намагниченности доменов располагаются в общем случае вдоль всех возможных осей легкого намагничивания случайным образом, так что результирующий магнитный момент образца равен нулю. При приложении постепенно увеличивающегося внешнего магнитного поля, направленного под некоторым углом 60° к оси легкого намагничивания (111), результирующая намагниченность будет плавно возрастать. В слабых полях домены, векторы намагниченности которых лежали вдоль именно этой оси легкого намагничивания и имели в поле минимальную магнитную энергию, начнут увеличиваться в размерах за счет других доменов. Этот процесс при возрастании поля будет длиться до тех пор, пока весь объем образца не превратится в один большой домен с вектором намагниченности, направленным вдоль этой оси легкого намагничивания. Тогда намагниченность M в направлении поля H станет равна $M_{\text{нас}} \cos(60)$ и состояние образца будет описываться точкой а на кривой намагничивания

(рис. 2, б). Дальнейшее возрастание поля H приведет к повороту вектора $M_{\text{нас}}$ от направления легкого намагничивания к направлению поля H .

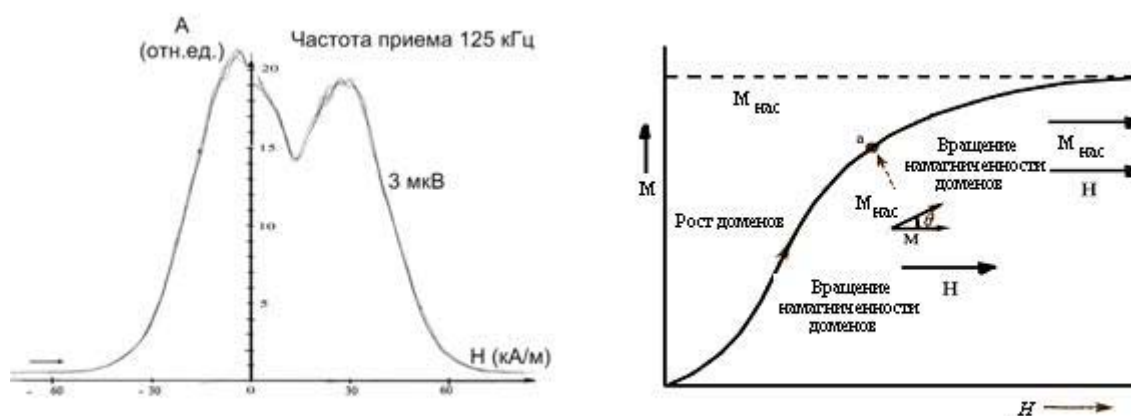


Рис 2. а) Зависимость сигнала магнитоакустической эмиссии от поля для магнетита б) Кривая, описывающая зависимость намагниченности M от поля H

Рассмотрим подробнее кривую, описывающую зависимость намагниченности M от поля H (рис. 2, б). В размагниченном состоянии векторы намагниченности доменов располагаются в общем случае вдоль всех возможных осей легкого намагничивания случайным образом, так что результирующий магнитный момент образца равен нулю. При приложении постепенно увеличивающегося внешнего магнитного поля, направленного под некоторым углом 60° к оси легкого намагничивания (111), результирующая намагниченность будет плавно возрастать. В слабых полях домены, векторы намагниченности которых лежали вдоль именно этой оси легкого намагничивания и имели в поле минимальную магнитную энергию, начнут увеличиваться в размерах за счет других доменов. Этот процесс при возрастании поля будет длиться до тех пор, пока весь объем образца не превратится в один большой домен с вектором намагниченности, направленным вдоль этой оси легкого намагничивания. Тогда намагниченность M в направлении поля H станет равна $M_{\text{нас}} \cos(60)$, и состояние образца будет описываться точкой а на кривой намагничивания (рис. 2, б). Дальнейшее возрастание поля H приведет к повороту вектора $M_{\text{нас}}$ от направления легкого намагничивания к направлению поля H .

Размагничивание из состояния насыщения представляет собой в определенной степени обратный процесс. При уменьшении поля вектор намагниченности единственного большого домена начинает поворачиваться от направления поля. Затем вектор намагниченности устанавливается вдоль одной из ближайших к направлению поля осей легкого намагничивания, и внутренний объем образца начинает дробиться на отдельные домены.

Намагниченность насыщения магнетита равна $4,8 \cdot 10^{-2}$ Тл, или 38 кА/м. Следовательно, намагниченность в точке а, в которой весь объем образца превратится в один большой домен с вектором намагниченности, направленным вдоль этой оси легкого намагничивания (111) при угле между внешним магнитным полем и осью легкого намагничивания равным 60° рассчитывается $M = M_{\text{нас}} \cos(60)$ и будет равной 19 кА/м.

Магнитное поле внутри образца, с учетом эффекта размагничивающегося фактора, примерно равно $1/3$ намагниченности внешнего поля [1]. Следовательно, намагниченность насыщения достигается при интенсивности внешнего поля 120 кА/м, а прекращение роста доменов – при 60 кА/м. Как видно на графике, магнитоакустическая эмиссия монокристалла магнетита практически прекращается при напряженности внешнего поля 60 кА/м. Из этого можно сделать вывод, что МАЭ создается в основном в результате роста доменов и движения доменных стенок с помощью МАЭ 1-го рода.

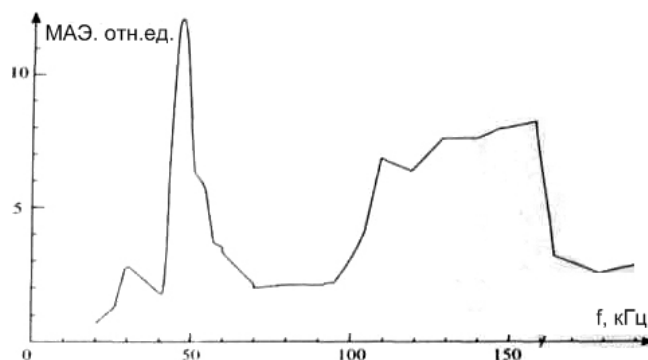


Рис. 3. Частотный спектр для монокристалла магнетита

В ходе работы с помощью селективного нановольтметра было произведено измерение магнитоакустической эмиссии на разных частотах приема. С пьезодатчика сигнал подается на узкополосный перестраиваемый усилитель, и исследуется амплитуда и форма сигнала в диапазоне частот от 3 до 250 кГц. Частота перемагничивания составляет 0,1 Гц. Частотный спектр для монокристалла магнетита приведен на рис. 3. Он имеет два максимума: при частотах 50 кГц и 100-160 кГц.

Длина волны определяется отношением скорости звука к частоте. Скорость звука в магнетите примерно равна 5000 м/с. Следовательно, получаем, что длина волны, образующаяся в образце магнетита при перемагничивании, изменяется от 100 мм на частоте 50 кГц до 30 мм – на частоте 160 кГц. Что же является источником акустического сигнала, учитывая, что среднее минимальное скачкообразное изменение домена, регистрируемое с помощью явления магнитоакустической эмиссии, составляет $2,5 \cdot 10^{-16}$ м³? Логично предположить, что акустические сигналы, связанные с МАЭ, должны происходить на частоте порядка 10^{12} Гц или 109 кГц. Возможное объяснение этому феномену кроется в том, что с помощью акустического датчика измеряется изменение формы самого образца (так называемая [4] динамическая магнитострикция).

Другой причиной образования акустического сигнала на столь низких частотах есть многократное отражение звуковой волны от границ образца (возникает 'эхо - сигнал'). Устранить эту причину можно, уменьшая частоту перемагничивания.

Напряженность магнитного поля на поверхности Земли в целом невелика, на полюсах она равна 24-40 А/м (30000 нТл – 50000 нТл). Но напряженность непостоянна: она колеблется по суткам, месяцам, годам. Во время магнитных бурь, продолжающихся от минут до суток, напряженность магнитного поля Земли значительно возрастает. Как видно из рис. 2, а, сигнал МАЭ при 30 А/м (37500 нТл) имеет довольно большое значение, на некоторых частотах измерения он имеет даже амплитудное значение. Для небольшого месторождения магнетита массой примерно миллион тонн даже незначительное изменение магнитного поля приведет к возникновению магнитоакустического шума, которое в принципе должно восприниматься аппаратурой.

Выводы:

1. Магнитоакустическая эмиссия в изучаемом монокристалле магнетита (Ольховское рудопроявление) создается в основном в результате роста доменов и движения доменных стенок, с помощью МАЭ 1-го рода.

2. Намагниченность насыщения достигается при намагниченности внешнего поля, равного 120 кА/м, а прекращение роста доменов – при 60 кА/м. 3. Частотный спектр для монокристалла магнетита имеет два максимума: при частотах 50 кГц и 100-160 кГц, а длина волны изменяется от 100 мм на частоте 50 кГц до 30 мм на частоте 160 кГц. 4. Наблюдаемые магнитоакустические сигналы образуются за счет изменения линейных размеров самого образца или за счет многократного отражения звуковой волны от границ образца. 5. Во время резкого изменения земного магнитного поля (магнитные бури) можно будет установить зависимость между амплитудой сигнала МАЭ и изменением земного магнитного поля, что поможет более точно понять методы образования, особенности строения минералов и, возможно, помочь в поиске месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глухих И. И., Иванченко В. С. Связь магнитоакустической эмиссии природных ферромагнетиков с напряженно-деформированным состоянием горных пород // Геодинамика и напряженное состояние земных недр, г. Новосибирск, СО РАН, 1999.
2. *Buttle D. J., Sakubories J. P., Briggs G. A. Magnetoacoustic and Barkhausen emission from domain wall interaction with precipitates in Jucoloy 904 // A, 1987, 55, 6; 735-756.*
3. *Lord A. E., Vatchev R., Robinson M. Acoustic emission associated with changes of magnetization in think nickel rods.// Letter Apply Eng. Sci.,1974, v.2.,N 9, p.1-9.*
4. *Charles A. Wert, Robb* Физика твердого тела.

УДК 550

ВЛИЯНИЕ ВАНАДИЯ НА СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В РУДАХ ГУСЕВОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ЛУЗЯНИН П. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Руды Гусевогорского месторождения нельзя отождествлять с магнетитовыми рудами других богатых месторождений железных руд, так как месторождение довольно специфично во многих отношениях. Специфика качканарских руд заключается, во-первых, в низком содержании железа – до 20 %, с бортовым содержанием 14 %, и еще более малых количественных элементов – примесей ванадия и титана.

По химическому составу руды Гусевогорского месторождения относятся к бедным малотитанистым ванадий содержащим, с очень низким содержанием вредных примесей, серы, фосфора, хрома. Железо в рудах связано с титаномagnetитом, а также входит в состав породообразующих силикатов. Для определения содержания железа в руде на месторождении применяется метод каротажа магнитной восприимчивости (КМВ). На рис. 1, 2 показана взаимосвязь содержаний железа и окиси ванадия в руде и гистограмма распределения окиси ванадия в руде.

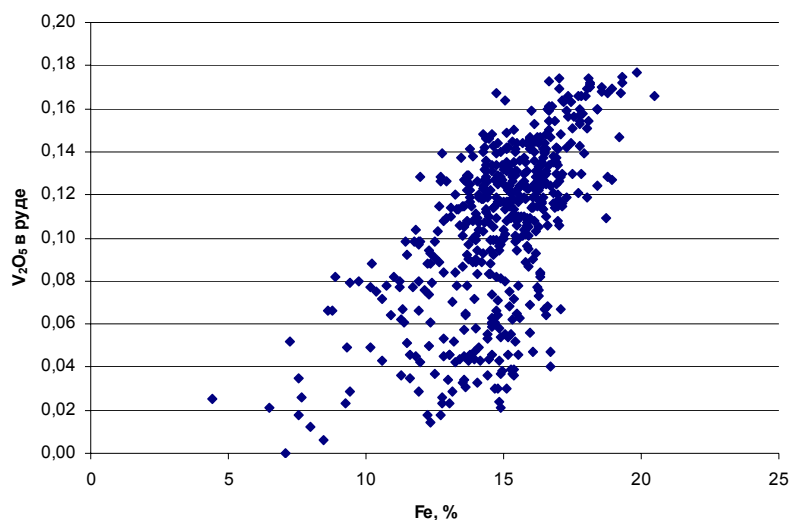


Рис. 1. Взаимосвязь содержаний железа и окиси ванадия в руде

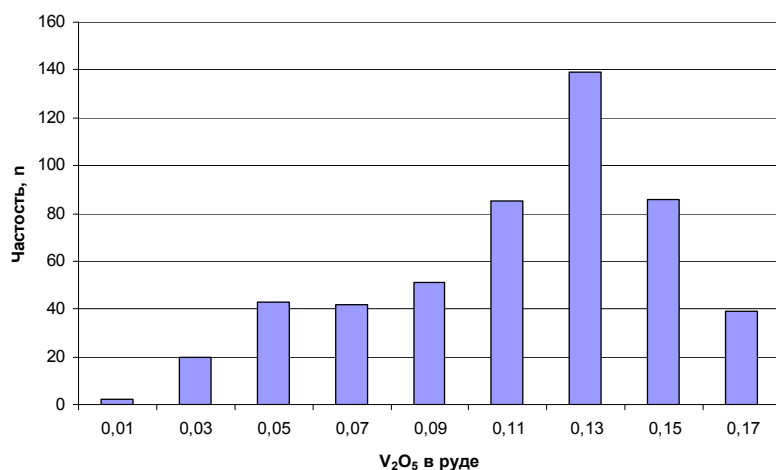


Рис. 2. Распределение окиси ванадия в рудах Гусевогорского месторождения

По данным химических анализов установлено, что ванадий присутствует в рудах в виде изоморфной примеси в магнетите, незначительная часть его связана с ильменитом и силикатами. При магнитной сепарации извлекается железо, связанное с титаномагнетитом, составляет 8-14 %. Количество силикатного железа колеблется от 4 до 8 %. Ванадий присутствует в рудах в виде изоморфной примеси в магнетите, незначительная часть его связана с ильменитом и силикатами. Содержание его колеблется от 0,01 до 0,18 %. Для рассмотрения влияния ванадия на результаты измерений КМВ необходимо рассматривать ванадий, который присутствует в магнитной фракции. По данным химических анализов (515 шламовых проб), рассчитано отношение β -содержание ванадия в концентрате к содержанию железа общего в концентрате (рис. 3).

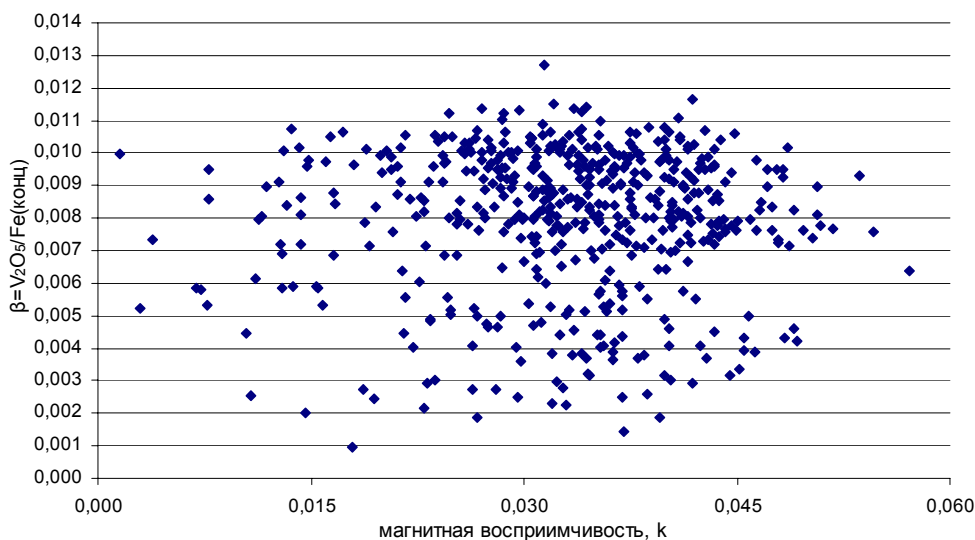


Рис. 3. Зависимость величины $V_2O_5/Fe_{\text{конц}}$ от магнитной восприимчивости

Из рис. 3 видно, что на границе $\beta = 0,065$ отмечается разделение на две области распределения ванадия в магнетите, на высокое и низкое содержание ванадия.

На основании выше изложенного построены два корреляционных уравнения – для низких и высоких распределений содержания ванадия в руде (рис. 4).

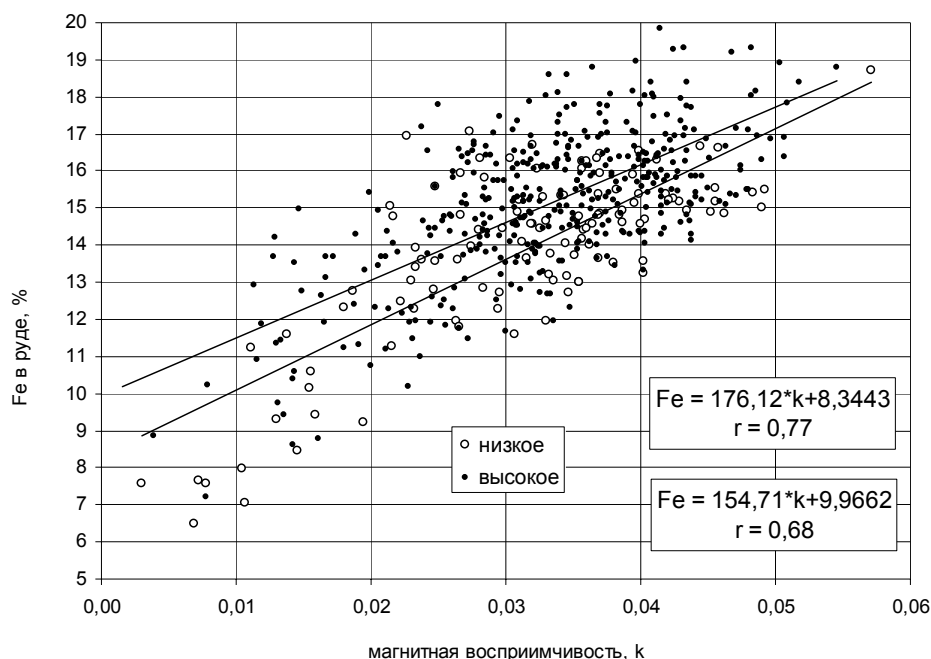


Рис. 4. Зависимость содержания железа в руде от магнитной восприимчивости для руд с низким и высоким содержанием ванадия

По полученным формулам рассчитаны содержания железа в соответствии с низким и высоким содержанием ванадия и рассчитаны среднеквадратические погрешности. Отмечается понижение среднеквадратической погрешности железа при разделении на низкое и высокое содержания ванадия. Применение двух зависимостей $Fe = 176,12 \cdot k + 8,3443$ для низкого содержания и $Fe = 154,71 \cdot k + 9,9662$ для высокого содержания ванадия в руде позволяет повысить точность расчета определения содержания железа в руде по результатам КМВ.

УДК 550.837 (075.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ АНОМАЛИИ ОТ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СФЕРОИДОВ В ОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

БОБРОВНИКОВ В. Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

С целью разработки методики определения аномального потенциала от точечного источника в присутствии локальных объектов конечной электропроводности рассмотрено влияние электропроводности на аномальный потенциал в случае однородного поля.

Суммарный потенциал поля U состоит из слагаемых, одно из которых представляет потенциал первичного поля U_0 , а другое выражает аномальный потенциал сфероида U_a . Наиболее просто в безграничном пространстве U_a вычисляется в случае ориентировки вектора напряженности E_0 первичного однородного поля вдоль одной из полуосей сфероида. Например, для сжатого сфероида в поле, параллельном большой полуоси, аномальный потенциал будет рассчитываться по формуле:

$$U_a = U_0 \frac{\arcsin \varepsilon - \varepsilon \sqrt{1 - \varepsilon^2}}{\frac{2\mu\varepsilon_0^3}{(\mu - 1)\sqrt{1 - \varepsilon_0^2}} - \arcsin \varepsilon_0 + \varepsilon_0 \sqrt{1 - \varepsilon_0^2}},$$

где $\mu = \rho_2 / \rho_1$; $\varepsilon = c/a$ – эксцентриситет; a – большая полуось; c – радиус фокального круга.

При произвольной ориентировке вектора E_0 его следует разложить на составляющие по осям O_x и O_y . Аномалия равна сумме возмущающих потенциалов, вызванных этими составляющими. При рассмотрении идеального проводника $U_{a\max}$ значение потенциала при $\mu = 0$, для изолятора $U_{a\max}$ – значение потенциала при $\mu = \infty$.

По теоретическим формулам (одна из которых приведена выше) рассчитаны и построены графики зависимости относительной интенсивности аномалии ($U_a/U_{a\max}$) от относительной электропроводности (μ) для сжатого сфероида с различным соотношением радиусов эллипсоида (b/a) в однородном поле. Расчеты проведены над центром сфероидов для идеального проводника (рис. 1) и относительно высокоомного объекта (рис. 2). В случае наклонного залегания объекта для расчета необходимо разложить вектор E_0 на составляющие, параллельные осям сфероида.

На графиках наглядно видны пределы коэффициентов ослабления в зависимости от степени сжатия эллипсоидов. Пунктиром выделены графики для случая положения эллипсоида во внешнем поле, параллельном его малой оси. Сплошными линиями – графики для случая, когда внешнее поле параллельно большой оси.

Зная характер изменения коэффициентов ослабления аномалии в зависимости от электропроводности, можно решать задачи подбора модели. Это возможно сделать, рассчитав поле от объекта нужной формы, затем внести поправку, учитывающую электрические свойства модели.

Есть сравнительно простые аналитические решения для моделей идеального проводника, а при конечной электропроводности задача усложняется. Возможно создание относительно простой технологии применения коэффициента ослабления. Для использования этой методики на практике необходимо тщательное изучение пределов, в которых изменяются коэффициенты ослабления, чему посвящено данное исследование.

Из решения задачи о сфероиде в однородном поле следует ряд методических выводов, имеющих значение для общего случая расположения источника относительно включения.

1. Структура аномального поля сфероида не зависит от параметра μ , влияющего только на интенсивность аномалии. Можно выполнять расчеты для идеальных проводников, а конечную электропроводность тела учитывать через коэффициент ослабления аномалии. Он является постоянным для всего пространства и равен

$$2. \beta = U_{a\mu}/U_{a0}.$$

3. Ослабление аномального поля с ухудшением электропроводности сфероида особенно заметно при больших значениях отношения полуосей, когда поле ориентировано вдоль большей из них. В случае же совпадения направления поля с малой полуосью степень сжатия или вытянутости сфероида влияет мало и даже при больших значениях a/b ослабление аномалии с ростом μ происходит медленнее, чем, например, для шара.

4. При прочих равных условиях интенсивность аномального поля возрастает с приближением точки наблюдения к поверхности сфероида и пропорциональна разности потенциалов первичного поля между наиболее удаленными точками на поверхности сфероида в направлении поля. Так, отношение максимальных значений аномального потенциала сфероида, наблюдаемых при ориентировке поля вдоль большой и малой полуосей, равно a/b . Следовательно, максимальный эффект сфероид создает тогда, когда поле направлено вдоль его большой полуоси.

5. При использовании рассмотренного решения для расчета аномалий на дневной поверхности, создаваемых сфероидом, в поле точечного источника тока прежде всего требуется определить каким-либо способом некоторое среднее значение E_0 . Один из способов заключается в вычислении в центре сфероида горизонтальной составляющей напряженности первичного поля, учитывающей действие заданного источника и его отображения.

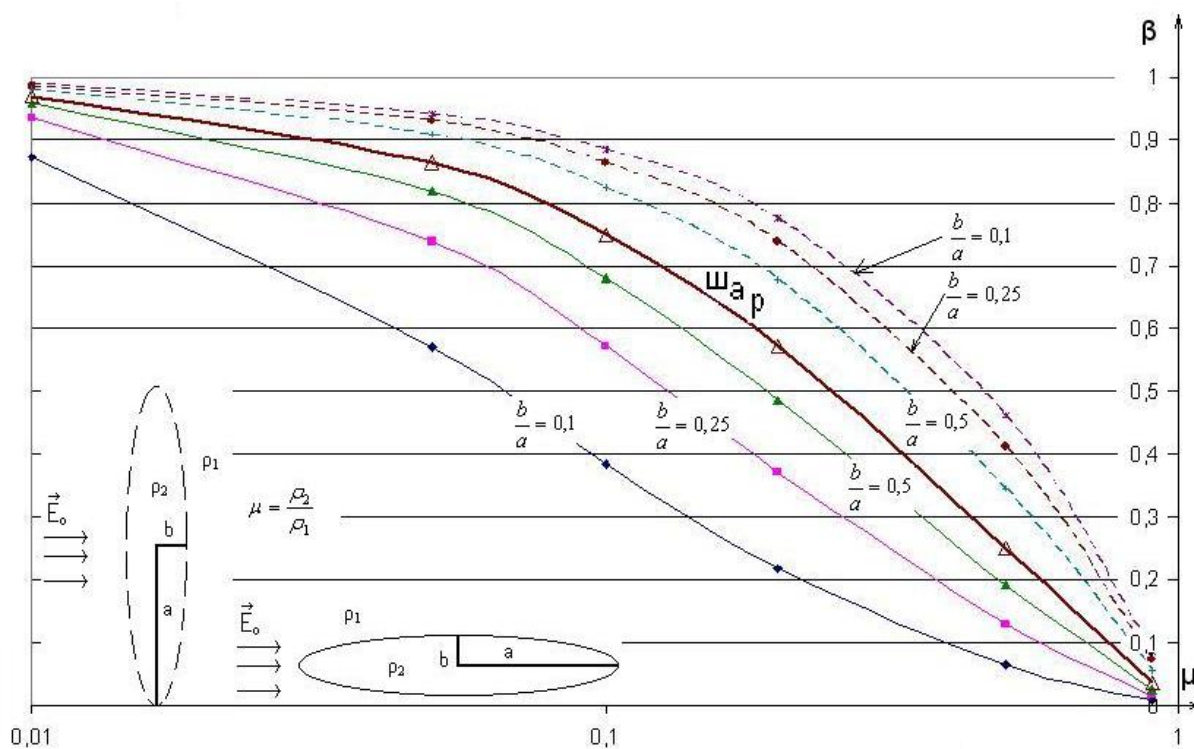


Рис. 1. Графики зависимости относительной интенсивности аномалии ($U_a/U_{a\max}$) от μ для сжатого сфероида в однородном поле относительно идеального проводника

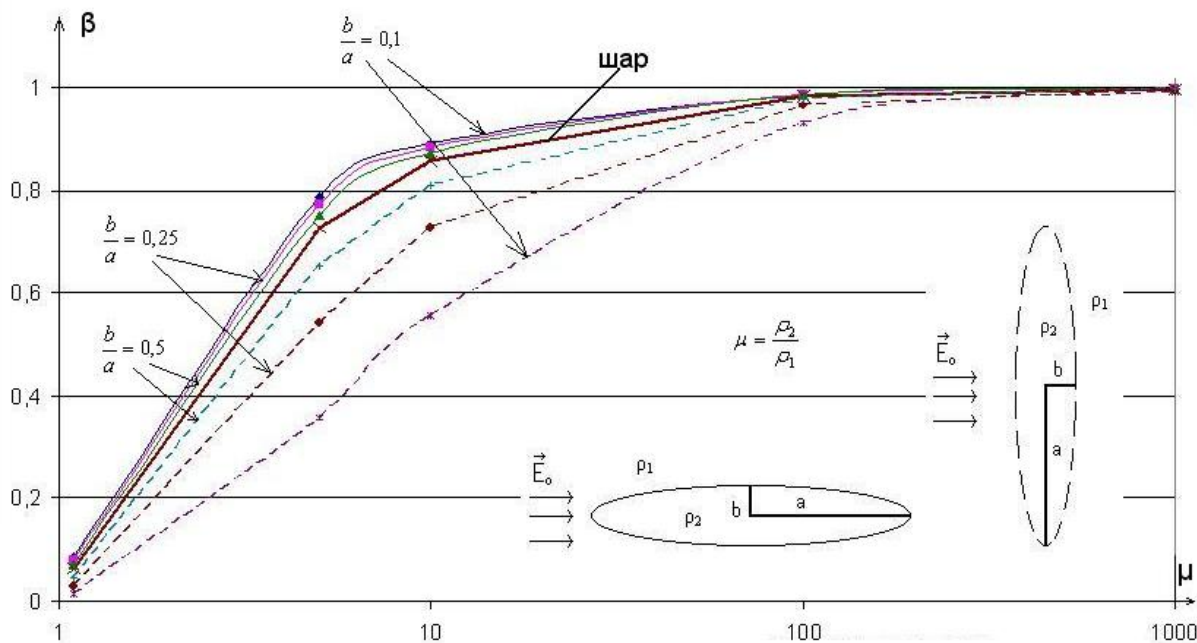


Рис. 2. Графики зависимости относительной интенсивности аномалии ($U_a/U_{a\max}$) от μ для сжатого сфероида в однородном поле относительно идеального изолятора

Выводы:

– Изучены коэффициенты ослабления для различных положений сфероидов относительно внешнего поля и контрастности по электропроводности, которые показывают, как влияет этот фактор.

– Можно смоделировать разнообразные случаи, возникающие при различных условиях залегания тела и разном отношении электропроводностей, упростить решение прямой задачи.

– Моделирование необходимо для разработки методики расчета аномалий для неконтрастных объектов, например, вдали от источника поля в методе заряда. Имея теоретические примеры, можно точнее интерпретировать неоднозначные полевые материалы.

– Данные исследования позволяют определить степень влияния ориентировки объекта на аномалию.

– На основании простых решений для совершенных проводников планируется перейти к рассмотрению частных случаев для точечного источника. Это один из этапов разработки методики. Далее могут быть рассмотрены другие объекты.

УДК 550

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

КОЩЕЕВА Е. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В настоящее время на железорудных месторождениях геофизические методы на стадии эксплуатационной разведки представлены наземной магниторазведкой и каротажем магнитной восприимчивости в буровзрывных скважинах. Этот комплекс не дает полного представления о рудных телах, находящихся на значительной глубине. Эти задачи могут быть решены гравиразведкой. Для решения геологических задач в условиях карьера удобно использовать модификацию редукции Буге

$$\Delta g = \Delta g_{\text{набл}} - g_0 + 0,3086H - 0,0419H_0\sigma + \Delta g_p,$$

где g_0 – значение поля силы тяжести на опорном пункте, находящемся за пределами карьера на расстоянии, примерно равном диаметру карьера, H_0 – абсолютная высотная отметка дна карьера.

Для определения наблюдаемого значения силы тяжести лучше всего использовать современные гравиметры, такой как CG-5 компании *Scintrex*. Этот прибор обладает высокой точностью и мобильностью. При съемке в карьере Гусевогорского месторождения площадь исследования мала (около 3 км²), поэтому нет необходимости привязываться к государственной гравиметрической сети. Съемка по горизонтам по сети 25×25 м обеспечивает уверенное оконтуривание рудных тел. Общее количество пунктов наблюдения не превышает 4800.

По предварительным расчетам аномалии силы тяжести от рудных тел Главного карьера Гусевогорского месторождения достигает 1мГал. Аномалии рудного тела проявляют себя минимумами на графике силы тяжести. Безрудная порода проявляется повышением интенсивности гравитационного поля. Поправка Фая для условий карьера достигает 32 мГал.

Чтобы вычислить поправку за рельеф, необходимо с большой точностью знать высотные отметки исследуемой территории. Это обеспечивается с помощью лазерного сканера *RIEGL LMS-Z420i*. Сканирование карьера выполняется с помощью электронного тахеометра, закрепленного на базисной точке. Лазерное сканирование имеет много преимуществ: трехмерность данных (все собираемые данные имеют трехмерную координатную привязку), высокая точность и детальность (точность 0,5 см; фиксируются объекты размером от нескольких сантиметров), оперативность съемочных работ (в несколько раз быстрее тахеометрической съемки), возможность построения детальных моделей и планов, создание ведомостей геометрических параметров.

После сканирования данные обрабатываются в программе *Surpac*, что позволяет получить численное значение высотных отметок и цифровую модель поверхности карьера. Программа *Surpac* может представить данные съемки карьера в виде кубов размером 5×5×5 м. Эти данные позволяют

создать объемную цифровую модель карьера. Для упрощения расчетов кубы одинаковой плотности объединяют в прямоугольные параллелепипеды. Поправка за рельеф может быть вычислена по известным формулам и технологиям. Согласно проведенным расчетам, величина поправки за рельеф изменяется от 1 мГал на поверхности вблизи от карьера до – 15 мГал – на дне карьера, т. е. в несколько раз превышает аномалии рудных тел.

Для более эффективной работы по истолкованию поля силы тяжести целесообразно создать программы истолкования полей на рельефе. Такие расчеты можно проводить с помощью математических пакетов *Mathcad* и *Mathematica*.

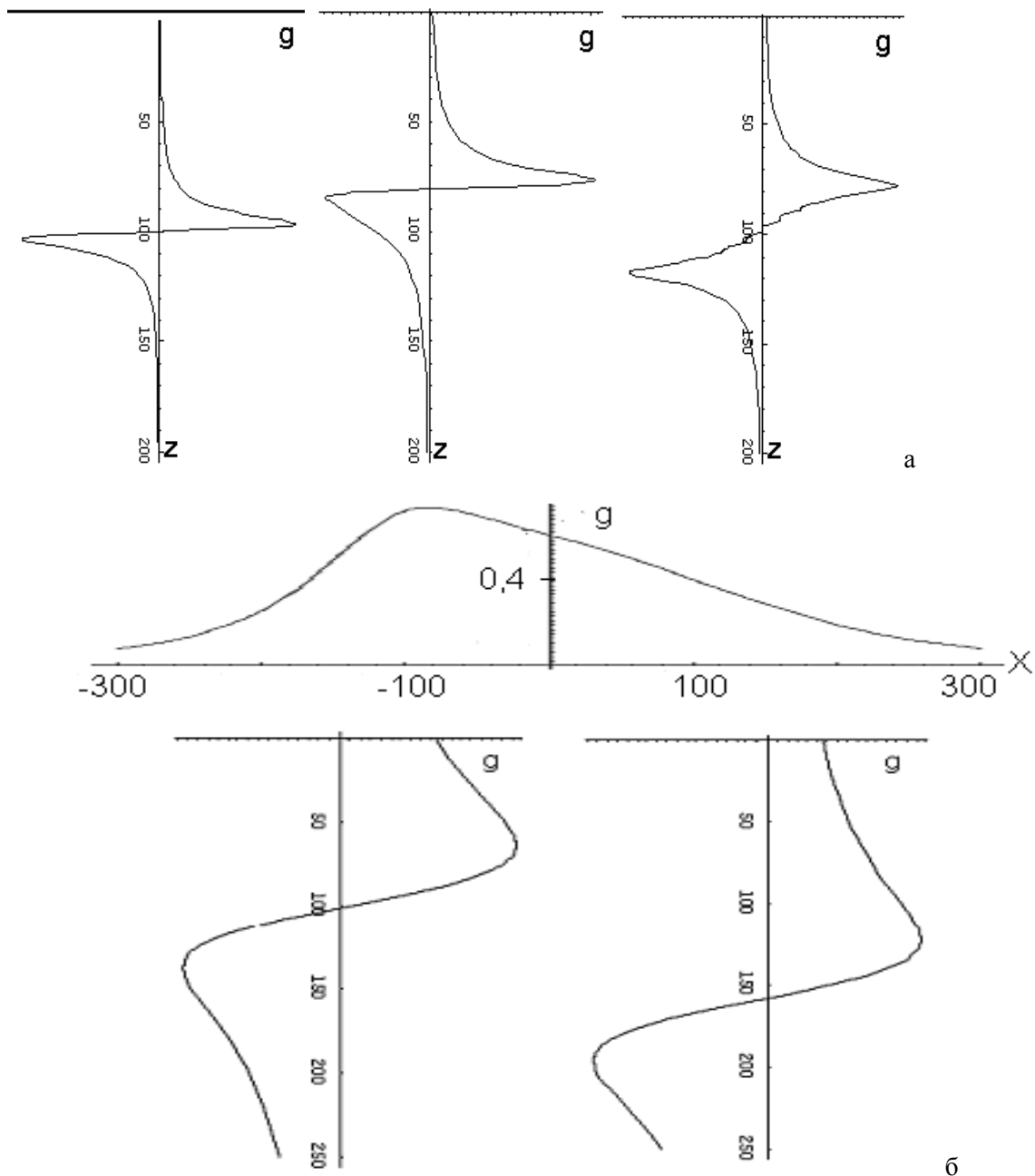


Рис. 1. Графики силы тяжести шара наклонного пласта, вертикального цилиндра вдоль осей скважины (а). Аномалии силы тяжести наклонного пласта на поверхности и вдоль осей скважин, находящихся к западу и востоку от объекта (б). Масштаб графиков силы тяжести одинаковый, оцифровка в мГал

В ближайшие несколько лет предполагается начало разработки собственно Качканарского месторождения. Эксплуатационную разведку месторождения можно проводить с помощью наземной гравиразведки и гравитационного каротажа (ГК) разведочных скважин. ГК до настоящего времени используется, главным образом, на месторождениях нефти для осадочных комплексов. Результаты ГК принято представлять в виде кажущейся плотности вдоль оси скважины. В рудных районах используются интерпретационные модели, отличные от слоистых моделей среды, используемых в нефтегазоносных районах. На рис. 1, а приведены теоретические графики аномалий силы тяжести вдоль ствола скважины для шара, наклонного пласта и вертикального цилиндра. Очевидно, что для рудных районов необходимо создавать новые методы истолкования пространственного распределения поля силы тяжести (некий аналог системы «Вектор» ПГУ). На рис. 1, б приведен пример расчета поля силы тяжести на поверхности и вдоль осей двух скважин. В данном примере скважины не пересекают наклонный пласт. Однако хорошо видно, насколько сужена область однозначности решения обратной задачи. Гравитационный каротаж лучше всего проводить скважинными гравиметрами фирмы *LaCoste & Romberg*, обладающими высокой точностью – 0,005 мГал. Для совместного анализа данных КМВ и наземной магниторазведки создана программа построения объемной магнитной модели. Аналогичная программа может быть создана для истолкования данных наземной гравиразведки и гравитационного каротажа.

УДК 550.834

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

ФАХРУТДИНОВ С. Ф.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Метод, положивший начало скважинной сейсморазведке, называется сейсмокаротажом. Его единственная задача – измерение времени пробега упругой волны по вертикали от поверхности до точек стоянки зонда в скважине. Более сложным методом скважинной сейсморазведки является метод вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Это тот метод, который объединяет и связывает каротаж, сейсморазведку и геологию. Установление соответствия между геологическими пластами и их сейсмическими образами является основной задачей ВСП. Временем создания теории методики и техники этого метода принято считать 60-е годы XX века. В дальнейшем он стал постепенно развиваться и давать новые возможности для геофизических исследований. Прогресс в этой области был бы невозможен без дальнейшего внедрения в нее новых технологий, позволяющих давать более качественный материал и достоверную информацию. В настоящее время существует огромное количество технологий проведения работ ВСП. Их создание и внедрение во многом обусловлено революцией в развитии вычислительной техники. Все они используются в зависимости от решаемой геологической задачи.

Остановимся более подробно на описании аппаратурно-программного комплекса регистрации и экспресс обработки данных скважинной сейсморазведки, разработчиками которой являются Ш. Г. Гарайшин, Р. Я. Адиев, В. А. Глушков, С. М. Васильев, В. В. Лесников (г. Уфа, ОАО «Башнефтегеофизика»).

Аппаратура предназначена для скважинных сейсмических исследований (ВСП, НВСП): приема сейсмических колебаний, преобразования их в электрический цифровой сигнал и передачи в компьютер.

Область применения – разведочные (обсаженные и необсаженные) скважины с диаметрами от 65 до 320 мм, с наибольшей рабочей температурой в зоне исследований 100°C, с максимальным рабочим давлением 60 МПа, а также углами наклона, не превышающими 15 градусов (ограничивается выбранными геофонами *GMT-12.5*).

Комплекс был разработан и прошел производственную апробацию в ОАО «Башнефтегеофизика» в районах Башкирии и Западной Сибири.

Стимулом к разработке и изготовлению данной аппаратуры послужили высокая стоимость и несоответствие производственным требованиям предлагаемых известными изготовителями

аналогичных систем. Благодаря использованию доступной сегодня современной элементной базы, за короткий период были разработаны компактные и надежные схемы с необходимым набором функций. В частности, был разработан блок геофизический со встроенным блоком питания и модуль скважинной аппаратуры. За счет использования в модуле скважинной аппаратуры однокристалльного микроконтроллера появилась возможность реализовать программную автоматическую регулировку усиления и цифровое сжатие информации. Другой отличительной особенностью скважинной аппаратуры является передача данных в реальном времени, что снимает ограничение на длину записи.

Скважинная аппаратура имеет две модификации – с автоматической регулировкой усиления и с регулировкой усиления оператором через компьютер. В первом случае скважинная аппаратура сама автоматически отслеживает изменение динамического диапазона сигнала, это особенно актуально при взрывных источниках возбуждения, когда динамический диапазон сигнала очень широк.

В отличие от многих аналогичных систем блок геофизический построен на основе однокристалльных микроконтроллеров. В результате наземная часть аппаратуры имеет очень простую реализацию, высокую надежность, полную ремонтпригодность и низкую стоимость. В блоке геофизическом с размерами 210×325×85 мм уместился и блок питания, и все схемы управления, а необходимые элементы оперативной настройки расположены на лицевой панели корпуса. Аппаратура допускает подключать к геофизическому блоку широкий спектр зондов – не только ВСП, но и ГИС-аппаратуры с самыми разными телеметрическими методами – ВИМ, ШИМ, Манчестер-2 и т. д. Блок геофизический через СОМ-порт подключается к компьютеру. Использование компьютера Манчестер-2 и т. д. Блок геофизический через СОМ-порт подключается к компьютеру. Использование компьютера позволило значительно упростить все остальные составляющие комплекса, а также объединить процессы регистрации, визуализации и препроцессинга, повысить оперативность и достоверность контроля качества геофизического материала.

Дальнейшее развитие скважинной сейсморазведки зависит в основном от технического прогресса в области создания новой многоканальной измерительной аппаратуры. Появление скважинных зондов, регистрирующих 50-100 каналов одновременно, позволит эффективно комплексовать скважинную и наземную сейсморазведку. Развитие комплексного подхода к интерпретации многоволнового акустического каротажа, ВСП и многокомпонентной наземной сейсморазведки может стать одним из основных направлений развития сейсморазведки.

Современный уровень развития ВСП позволяет решать геологические задачи прогноза разреза в окрестности скважины. Дальнейшее развитие технологии полевых работ и программ обработки данных позволит повысить эффективность и точность решения стандартных задач восстановления геологического разреза в окрестности скважины.

УДК 550.834

ПРИМЕНЕНИЕ МОНОТИПНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН

ПЬЯНКОВ А. А.

ООО «Геология резервуаров»

Сложные задачи, стоящие перед современной сейсморазведкой, требуют применения новых подходов и алгоритмов в обработке и интерпретации данных как традиционно исследуемых отраженных волн продольной поляризации (Р-тип), так и волн с другим типом поляризации наблюдений: поперечных (S-тип) и обменных PS-тип).

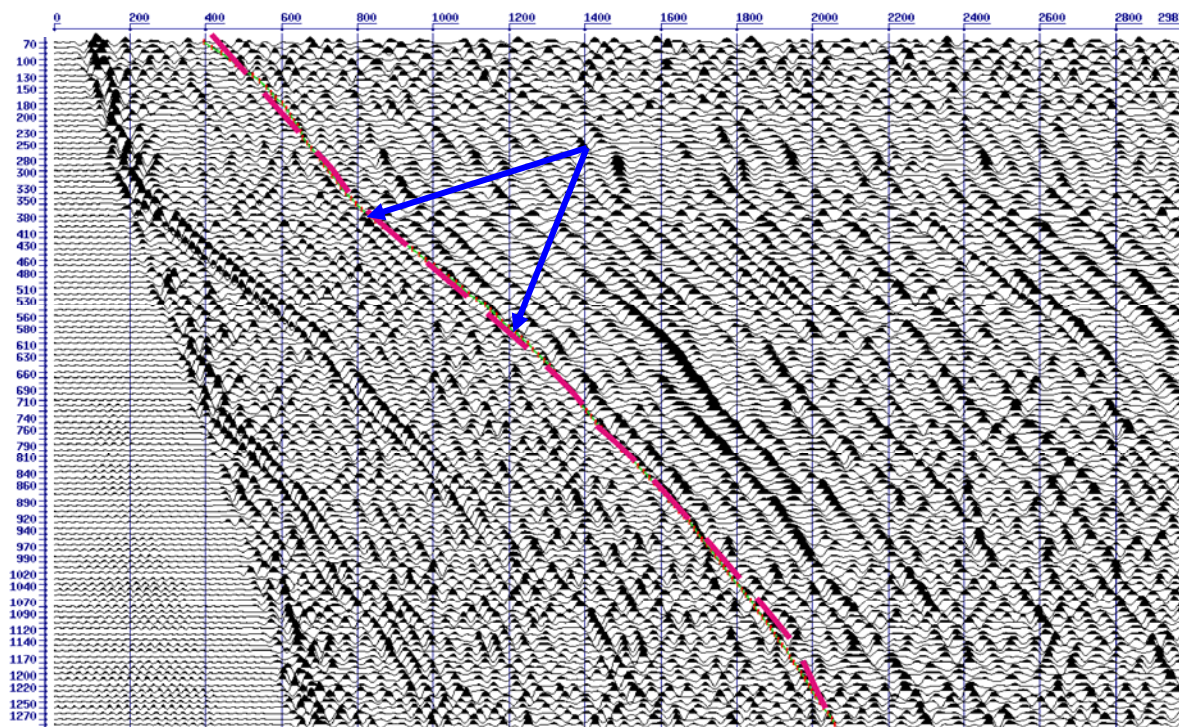
Изучение этих волн и их совместное использование позволяют решать задачи, зачастую невыполнимые в рамках какого-либо одного типа волн. В частности, можно прогнозировать наличие и тип флюидонасыщения, выделять зоны и направления упорядоченной трещиноватости и многое другое.

Во всем мире работа в этих направлениях ведется уже многие десятилетия. С 60-х годов в России данным вопросом занимался Пузырев Н. Н., который совместно с Тригубовым А. В. и Бродовым Л. Ю. издал первую в мировой геофизической литературе книгу «Сейсмическая разведка

методом поперечных и обменных волн». Значительное внимание в России и за рубежом уделялось обменным волнам, как преломленным, так и отраженным, особенно типа PS, для которых была разработана и широко внедрена специальная модификация метода общей глубинной точки с несимметричными выборками трасс при суммировании колебаний (ОГТ-PS). Однако метод монотипных поперечных волн не получил широкого применения ввиду следующих факторов:

- скорости распространения поперечных волн достаточно низкие, что, в свою очередь, мешает их выделению на общей волновой картине с ярко-выраженными кратными продольными волнами от верхних границ;
- сложности расчета статических поправок за пункты взрыва и за пункты приема – вследствие малых значений скоростей поперечных волн поправки за ПВ и ПП большие;
- слабое отношение сигнал/помеха, в данном случае помехами выступают продольные волны, которые в значительном количестве присутствуют на сейсмической записи поперечной компоненты, что обусловлено в основном неоднородностью ВЧР;
- проблемы подавления когерентных линейных помех, так как группирование сейсмоприемников при использовании трехкомпонентных приемников не применяется.

За последнее время появились алгоритмы и программы, позволяющие решить многие из этих проблем. На их основе стало возможным использование в обработке сейсмических записей поперечных монотипных волн.



Падающая поперечная монотипная волна на сейсмограмме ВСП (X-компонента)

Практика проведения работ ВСП также подтверждает пользу применения отраженных монотипных поперечных волн. На рисунке отчетливо видно (показано стрелками) падающую монотипную поперечную волну. Она образуется от взрыва в скважине за счет неоднородности ВЧР. Поскольку ее можно выделить на сейсмограммах ВСП, то можно рассчитать скорости для данного типа волн, а затем постараться выделить поперечные волны на наземных сейсмограммах ПВ, используя современные методы обработки.

БАЗА ДАННЫХ – ОСНОВА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

СТОРОЖЕНКО Л. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Решающим вопросом при выполнении геоэкологических исследований территории Северного Приобья является проблема иерархии, структурирования и формализации эколого-геологической информации, полученной на разных этапах исследований. При проведении геолого-съёмочных и поисково-разведочных работ сформировался большой объем данных, характеризующий состояние окружающей среды Северного Приобья. Препятствием для объективной и оперативной оценки экологической ситуации территории является разобщенность полученных данных, отсутствие единой системы хранения и обработки информации. Решить эту проблему можно внедрением в процесс комплексных исследований развивающихся компьютерных технологий и созданием информационной системы, решающих проблемы интеграции, актуализации и согласования оперативных данных из разнородных источников.

Созданная информационная система для решения геоэкологических задач применительно к территории Северного Приобья представлена тремя блоками: базой данных, аналитическим блоком и блоком картографического моделирования.

Ядром всей ИС является реляционная база данных, основанная на фактическом материале, который включает архивные данные и материалы собственных исследований об объектах геологической среды. Разнородность полученных данных обуславливает необходимость упорядочивания их хранения и обработки. Причем речь идет не просто о переводе данных в электронную форму, а об их унификации и формализации.

Решение данного вопроса для территории Северного Приобья осуществляется в несколько стадий: выделение основных объектов исследований, формирование набора параметров объектов, разработка структуры, формирование таблиц, формирование справочников.

Объектом исследований в работе определена геологическая среда и ее параметры с целью комплексной оценки геоэкологического состояния территории Северного Приобья.

Факторы, определяющие геоэкологическое состояние, послужили основой выбора оценочных параметров при оценке состояния геологической среды, которые и легли в основу базы данных.

Набор параметров объекта. Для объективной оценки геоэкологического состояния каждый из факторов был определен рядом параметров (см. таблицу).

Вся полученная информация была тщательно изучена и проанализирована для занесения в базу данных и скомпонована в три основных блока с учетом всех рассматриваемых факторов территории Северного Приобья (см. рисунок):

- точки наблюдений;
- кадастр скважин;
- паспорта экзогенных процессов (оврагов, оползней и др.).

В реляционной базе данных объекты геологической среды и взаимосвязи между ними представляются с помощью таблиц. Каждая таблица представляет собой один из изучаемых факторов и состоит из строк и столбцов. Каждый столбец в таблице является одним из параметров, определяющих фактор ГС. В соответствии с традиционной терминологией можно сказать, что столбцы представляют элементы данных, а строки – записи.

Ввод информации существенно облегчается за счет встроенных справочников, которые можно перестраивать и дополнять с учетом решаемых задач.

Характеристика параметров объекта

Фактор геоэкологического состояния ГС	Параметр, характеризующий фактор геоэкологического состояния
Геологическое строение	Литология, возраст
Тип ландшафта	Характер растительности, тип почв
Содержание химических элементов в почвах, грунтах и подземных водах	Тяжелые металлы, макро - и микрокомпоненты
Характер распространения ММП	Мощность, глубина залегания кровли и подошвы, криогенная текстура
Развитие экзогенных геологических процессов	Тип процесса, площадь распространения (коэффициент пораженности), морфометрические характеристики, морфология, стадия развития и др.
Гидрогеологические условия	Интервалы вскрытия водоносного горизонта, водовмещающие отложения, химический состав, гидродинамические характеристики
Радиационная обстановка	Доза радиоактивного излучения
Характер техногенного воздействия	Тип, вид и параметры воздействия



Структура базы данных

Созданная структура базы данных, в совокупности с цифровыми аналитическими картами, отражающими хранимую информацию, позволяет оперативно пополнять ее и увеличивает скорость получения интересующей информации. Разработанная и дополненная системой внутренних связей с геоинформационными программами (таких как Arc View GIS и встроенным в него модулем *Spatial Analyst, Statistical*), представленная база данных является основой интегральной оценки геоэкологического состояния ГС территории Северного Приобья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДеМерс М. Н. Географические Информационные Системы: пер. с англ. – М.: Изд-во СП Дата+, 1999. – 491 с.
2. Кошкарев А. В. Региональные геоинформационные системы / А. В. Кошкарев, В. П. Каракин. – М.: Наука, 1987. – 126 с.
3. Лурье И. К. Основы геоинформационного картографирования: учеб. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 143 с.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ *AVO*-МОДЕЛЕЙ

ФЕОКТИСТОВА О. В.

ООО «Геология резервуаров»

AVO-анализ широко применяется в мировой практике в процессе обнаружения, разведки и разработки в основном газовых месторождений, а иногда и нефтяных.

Благоприятными условиями для применения этой методики являются разрезы, сложенные относительно молодыми, слабо консолидированными терригенными породами мезозойского и кайнозойского возраста.

На основании наблюдающихся в последние годы исследований поведения сейсмических амплитуд для определения углеводородов (*УВ*), можно выделить некоторые осложняющие факторы, которые необходимо учитывать и с которыми можно связывать надежды на развитие и дальнейшие успехи этого направления:

– Влияние анизотропии среды и необходимость развития методик ее изучения и учета, основанных на реализации пространственных систем сейсмических наблюдений и многокомпонентной регистрации при ВСП;

– Зависимость используемых параметров *AVO*: разрезы параметров и их комбинаций, *AVO*-атрибуты, флюид-фактор являются сильно зависимыми между собой, и каждый из них дает недостаточно дополнительной информации. Существенный прирост информации может обеспечить переход к инверсии фундаментальных упругих параметров, а также комплексное использование волн разных типов;

– Изменение формы и амплитуды импульса, обусловленное отражением не от одиночных границ, а от пачек тонких слоев. Оценку влияния таких факторов, как потери на прохождении, тонкая слоистость разреза дают результаты моделирования с реальными данными. Здесь важным моментом для идентификации и калибровки *AVO*-аномалий является построение синтетических моделей на основе известных по скважинам упругих и петрофизических параметров в целевом интервале.

В этой связи было бы уместным привести результаты сопоставления упругих параметров, зарегистрированных разными методами в одной и той же скважине на одной из площадей Западной Сибири. А именно, была сделана попытка оценки возможности использования информации об интервальных скоростях *P*- и *S*-волн, полученных при измерениях ШАК (широкополосного акустического каротажа) и по данным ВСП.

Для оценки точности построенного по данным ВСП годографа *S*-волн и применимости его в дальнейших исследованиях было проведено сопоставление интервальных скоростей *S*-волн, полученных по данным ВСП и широкополосной акустики (ШАК), в ходе которого было отмечено, что полученные по разным методам кривые в целом ведут себя подобно, что делает вертикальные годографы *S*-волн, получаемые при проведении ВСП, вполне пригодными для их дальнейших преобразований и сопоставления их разрезов с разрезами *P*-волн.

Однако сложность точного определения положения первых вступлений *S*-волн в процессе обработки данных ВСП и наличие в некоторых интервалах разреза помех, которые не удалялись использовавшимися средствами обработки, обусловили в этих интервалах разреза весьма существенные отклонения интервальных скоростей *S*-волн по данным ВСП от значений, полученных при прямых измерениях методом ШАК.

То обстоятельство, что в традиционном *AVO* анализе для моделирования информацию об *S*-волнах извлекают из данных *P*-волн, может привести к неоднозначности их определения, что фактически и обусловило привлечение данных методов ШАК и ВСП. По мнению автора, оба метода с присущими им особенностями и преимуществами дают определенные перспективы для идентификации и калибровки *AVO*-аномалий и оценки точности построений *AVO*-моделей.