

---

**ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ  
В СВЯЗИ С РАЗВЕДКОЙ  
И РАЗРАБОТКОЙ  
НЕФТЯНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

---

---

---

---

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

551.5

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ  
В СВЯЗИ С РАЗВЕДКОЙ  
И РАЗРАБОТКОЙ  
НЕФТЯНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» · МОСКВА 1970



В сборнике рассмотрены две основные проблемы – особенности трещинных и гранулярных коллекторов, влияние изменения их литологии на коллекторские свойства. Часть статей посвящена результатам геофизических и литологических исследований карбонатных трещинных коллекторов в связи с их пористостью и оценкой запасов нефти. В сборнике освещаются результаты детальной корреляции разрезов скважин Туймазинского и Узеньского месторождений, а также влияние литологической неоднородности продуктивного пласта на нефтеотдачу. Большое место в сборнике занимают методические работы. Помещены статьи, посвященные методике количественного литологического изучения песчано-алевроитовых пород в связи с оценкой их коллекторских свойств, а также работы, иллюстрирующие применение этой методики на примере юрских отложений Южного Мангышлака в целом и ХУП продуктивного горизонта месторождения Узень. Сборник представляет интерес для геологов, литологов и геофизиков научных и производственных организаций, занимающихся поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений.

О т в е т с т в е н н ы й   р е д а к т о р  
кандидат геолого-минералогических наук  
М.В.МАКАРЕНКО

Авторский коллектив: Алексин А.Г., Везирова А.Д., Вендельштейн Б.Ю., Владимирская Р.А., Еникеев В.Р., Жабрера П.С., Зубайраев В.Л., Ключарев В.С., Козлов Ю.А., Куренков А.И., Пасько П.И., Лысянская О.Н., Макаренко М.В., Могилевская Т.М., Осипов В.А., Парамонова Е.С., Райская Ю.А., Сабанеева З.М., Филина Н.Ф., Хо Ван Тинь, Черников О.А., Шендерей Л.П., Скрынник З.Б.

Высокие темпы развития нефтяной промышленности требуют усиления научно-исследовательских работ, связанных как с открытием новых, так и с рациональной разработкой уже открытых месторождений нефти. Успешное решение этих задач невозможно без детального изучения естественных вместилищ нефти — пород-коллекторов, емкостные и фильтрационные свойства которых определяются их литологическими особенностями.

При оценке перспектив нефтегазоносности территории и при определении направления поисково-разведочных работ одним из решающих условий является выяснение пространственного размещения пород-коллекторов. Эта задача решается на основе анализа изменения комплекса литологических характеристик пород на исследуемой территории. Изучение изменения литологических особенностей нефтяного пласта в пределах отдельных залежей позволяет определить неоднородность его строения, что необходимо для рациональной разработки залежей и для определения эффективных запасов нефти в них.

Широко распространенные экспериментальные исследования движения флюидов в пористой среде, моделирование нефтяного пласта в лабораторных условиях дают возможность выявить лишь основные тенденции процессов фильтрации и не могут дать исчерпывающего ответа на вопросы, поставленные практикой разработки того или иного месторождения. Это и понятно, так как создание моделей удовлетворительного подобия природным условиям невозможно без учета многообразия характера неоднородности последних по площади залежи, а это оказывается пока практически нерешенной задачей, что объясняется, по нашему мнению, недостаточным вниманием, которое уделяется литологическим исследованиям пород-коллекторов. Лишь детальное изучение петрографо-минералогического состава, структурных особенностей пород, слагающих нефтяной пласт, выявление изменения их в пространстве будут способствовать решению этой задачи.

Перед литологическими исследованиями пород-коллекторов возникают такие сложные задачи, как выявление и оценка связи между литологическими особенностями и коллекторскими свойствами пород, выявление влияния вещественного состава коллектора на нефтеотдачу и т.д. Естественно, что простая описательная характеристика пород

не может удовлетворительно решить эти задачи, для этого требуется количественное выражение всех литологических особенностей.

В настоящем сборнике помещены статьи сотрудников лаборатории нефтепромысловой геологии Института геологии и разработки горючих ископаемых, которые, в той или иной степени, отражают современные направления литологических исследований, проводимых в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений.

Так, в статье А.Г.Алексина, Б.Ю.Вендельштейна и др. на основании усовершенствованного варианта комплексной интерпретации диаграмм электро- и радиометрии с учетом литологической характеристики пород проведено уточнение начальных запасов нефти по Малгобек-Вознесенскому месторождению.

Статьи Е.С.Парамоновой и В.Л.Зубайраева имеют описательный характер, в них впервые приведен фактический материал, позволяющий уточнить литологические особенности и физико-химические свойства карбонатных пород-коллекторов Малгобек-Вознесенского и Карабулак-Ачалукского месторождений.

Ряд статей посвящен детальной корреляции разрезов продуктивных горизонтов, изменению литологической характеристики пород и их коллекторских свойств на примере месторождений Туймаза, Узень и Западного Предкавказья.

Следует отметить, что не все исследователи разделяют мнение авторов ряда статей (О.А.Черникова, В.А.Владимирской и др.) о возможности широкого применения методов математической статистики при обобщении результатов литологического изучения песчано-алевритовых пород в связи с оценкой их коллекторских свойств. Однако эти статьи представляют определенный интерес и поэтому они помещены в данном сборнике.

Значительное внимание уделено в сборнике влиянию особенностей терригенных пород продуктивных отложений на нефтеотдачу и продолжительность безводной эксплуатации скважин.

Приведенные в сборнике работы авторов охватывают широкий круг вопросов, связанных как с разведкой, так и разработкой нефтяных месторождений, и представляют несомненный интерес для геологов-нефтяников.

А.Г.Алексин, Б.Ю.Вендельштейн, А.Д.Везирова,  
О.Н.Лысянская, М.В.Макаренко, Э.Б.Скрянный

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ВЕРХНЕМЕЛОВОЙ ЗАЛЕЖИ НЕФТИ МАЛГОБЕК-ВОЗНЕСЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

---

В настоящее время на долю залежей нефти, связанных с карбонатными породами, приходится более 60% мировой добычи. Из 286 крупнейших месторождений мира, содержащих 82,5% запасов нефти, 42,2% приурочено к карбонатным коллекторам. В СССР насчитывается более 200 месторождений, связанных с коллекторами этого типа. Месторождения эти находятся в различных геотектонических условиях как складчатых, так и платформенных областей и характеризуются широким стратиграфическим диапазоном распределения продуктивных горизонтов.

Среди открытых месторождений имеются месторождения с запасами, превышающими 100 млн.т. К числу последних относится ряд месторождений, продуктивность которых связана с карбонатными коллекторами.

Имеющиеся фактические данные по нефтегазоносности карбонатных коллекторов и их широкое развитие по стратиграфическому разрезу определяют высокую их перспективность в деле дальнейшего роста запасов нефти и газа. Однако вещественный состав и структурно-текстурные особенности карбонатных пород, связанные с процессами осадконакопления и вторичными изменениями, а также определенные условия тектонического развития создают большое разнообразие типов коллекторов, поиски и изучение которых к настоящему времени связаны со значительными трудностями. Эти трудности, как известно, объясняются сложной структурой порового пространства, контролируемого трещиноватостью, кавернозностью и пустотами выщелачивания по трещинам наряду с возможным развитием и межзерновой пористости. Сложность изучения заключается также и в том, что трещины, каверны и иные пустоты, обуславливающие высокую гидропроводность и емкость карбонатных коллекторов, мало доступны для непосредственного изучения. Керн, как правило, характеризует лишь часть карбонатного разреза, которая представлена плотными практически непроницаемыми разностями, вследствие чего оценка коллекторских свойств обычно пред-

ставляется весьма заниженной. Карбонатные породы, характеризующаясь высокой неоднородностью как по разрезу, так и по площади, резко ограничивают возможность экстраполяции каких-либо особенностей разреза, установленных отдельными скважинами, на всю площадь. В связи с указанными трудностями достоверность полученных количественных показателей, характеризующих тип коллектора, фильтрационные свойства, а также значение вторичной емкости, эффективной нефтенасыщенной мощности, пока еще остается недостаточно высокой. Поэтому и достоверность производимых подсчетов запасов нефти в коллекторах указанного типа остается весьма низкой.

Основным источником информации о коллекторских свойствах таких продуктивных толщ и их нефтенасыщенности являются косвенные методы исследований — промыслово-геофизические и гидродинамические.

К настоящему времени разработаны геофизические методы определения вторичной пористости трещинных карбонатных коллекторов, под которой подразумевается объем трещин и каверн, содержащих промышленные скопления нефти и газа. При этом полагают, что сама порода, являясь непроницаемой, не содержит нефти. Однако точность определения вторичной емкости недостаточно высока ввиду исключительной сложности строения порового пространства и малых значений определяемой величины.

Гидродинамические методы позволяют оценить только интегральную проницаемость отдающих участков разреза.

Указанное положение и методика определения основных параметров приводит к невысокой точности подсчета запасов нефти в трещинно-кавернозных коллекторах и, в частности, в коллекторах карбонатной толщи верхнего мела ЧИ АССР.

Оценка запасов верхнемеловой залежи нефти проводилась на примере Малгобек-Вознесенского месторождения. В геологическом строении его участвует мезозойский осадочный комплекс отложений. В тектоническом отношении месторождение приурочено к Терскому антиклинорию и представляет собой антиклинальную складку коробчатого типа с довольно крутыми крыльями, вытянутую с северо-запада на юго-восток.

По комплексу промыслово-геофизических данных 350-метровая продуктивная толща известняков делится на шесть пачек, в различной степени глинистых и трещиноватых, переслаивающихся с мергелями и прослоями глин. Наиболее продуктивными являются пачки II, III, IV и VI. Они характеризуются относительно высокими дебитами скважин. Все шесть пачек между собой гидродинамически связаны, что подтверждается данными эксплуатации скважин. Так, наблюдения за пластовым давлением в пачках I—IV (верхних) и VI (нижней) показа-

ли, что снижение давления происходит синхронно в обеих частях разреза с очень незначительной разницей.

Таким образом, верхнемеловая залежь нефти представляет собой единый гидродинамический резервуар. Все это свидетельствует о хорошо развитой системе трещин по всему разрезу верхнемеловой толщи, в том числе и в У пачке, трещиноватость которой, а следовательно и ее продуктивность, некоторыми исследователями ставится под сомнение. Нефтенасыщенная мощность продуктивной толщи верхнего мела изменяется от 0 до 290 м. Среднее значение 104 м. Начальный ВНК несколько смещен на северо-восток и характеризуется отметками минус 2580-2650 м. Текущий ВНК представляет, по-видимому, более сложную поверхность с отметками минус 2300-2450 м на северном крыле и минус 2550 м на южном. Скорость подъема ВНК и движение контуров нефтеносности на переклиналях структуры выше, чем на крыльях ее, что связано с коллекторскими свойствами продуктивной толщи и различными темпами отборов.

При подсчете запасов и составлении проекта разработки большое значение приобретает решение вопроса о типе коллектора. Верхнемеловой коллектор местными геологами принимается как чисто "трещинный". Однако есть данные, что основная емкость верхнемелового коллектора связана с пустотами выщелачивания по трещинам, объем которых намного больше объема самих трещин. Анализ керна и данные геолого-промысловых исследований свидетельствуют, что емкость трещин на погруженных участках структуры (т.е. значения вторичной пористости, количество трещин на единицу площади и величина протяженности их) значительно меньше, чем в сводовой части поднятия. Так, по данным промыслово-геофизических исследований значения вторичной пористости по скважинам, расположенным за текущим контуром нефтеносности, составляют от 1,8 до 3,1%, а в невыбранной сводовой части структуры — от 3,8 до 4,9%.

Как известно, в сводовой части структуры система трещин развита в наибольшей степени, чем в крыльевых и периклинальных частях. Поэтому здесь отмечаются высокие значения коллекторских свойств (в частности вторичной пористости), что подтверждается геолого-промысловыми данными по верхнемеловой залежи нефти. Об увеличении вторичной пористости к своду структуры свидетельствуют коэффициенты продуктивности скважин. Так, по расположенным в приконтурной зоне скв. 862, 809, 160, 818 и др., по которым определялась вторичная пористость, коэффициенты продуктивности соответственно равны: 50; 1,14; 4,4; 25 т/суток·атм, в то же время в сводовой части структуры по скв. 856, 863, 805, 866 и 808 коэффициенты продуктивности соответственно составляют 80, 96, 70, 122 и 120 т/суток·атм.

Увеличение емкости трещин от пониженных участков структуры к своду ее, большая неоднородность в распределении системы вторичных пор в продуктивных отложениях верхнего мела обуславливают неравномерную выработку запасов нефти при одной и той же системе разработки. Поэтому, как показали расчеты, величина коэффициента нефтеотдачи в заводненной части верхнемеловой залежи (т.е. на крыльевых и периклинальных частях структуры), по-видимому, не будет отражать конечный коэффициент нефтеотдачи в невыработанной части залежи.

Переходя непосредственно к оценке запасов нефти и методике их подсчета, необходимо отметить следующее.

Подсчет запасов нефти по Малгобек-Вознесенскому месторождению производился трижды: в начале по данным СевКавНИИ и позже по материалам 22 скважин (СевКавНИИ и НПУ). Геологические запасы во всех трех подсчетах практически оставались почти без изменения - разница между подсчетами не превышала 2,9%. Такое небольшое изменение связано с двумя параметрами - коэффициентом вторичной пористости и эффективной нефтенасыщенной мощностью. В первом подсчете она составляла 97 м, во втором - 115 м и в третьем - 112,6 м. Коэффициент вторичной пористости принимался равным 1,5 или 1,29%. Площадь нефтеносности и коэффициент нефтенасыщения оставались одинаковыми во всех трех случаях подсчета, а коэффициент нефтеотдачи был принят равным 0,7. При расчетах исходили из чисто трещинной схемы коллектора. Основные трудности при подсчете запасов в верхнемеловом коллекторе вызывает определение коэффициентов вторичной пористости и эффективной мощности.

Переходя к результатам исследований, связанных непосредственно с оценкой запасов нефти Малгобек-Вознесенского месторождения по отложениям верхнего мела, следует отметить, что основную информацию о строении емкости верхнемелового коллектора, а следовательно, и о геологических запасах, можно получить только на основе результатов промыслово-геофизических исследований. Оценка их производилась объемным методом на основании материалов обработки промыслово-геофизических данных по 18 скважинам, которые в основном расположены в пределах контура нефтеносности. Обработка промыслово-геофизических материалов выполнена сотрудниками лаборатории промышленной геофизики МИНХиГП (научный руководитель В.Н. Дахнов) Г.М. Золоевой и Н.В. Царевой. Обработка промыслово-геофизического материала выполнена с использованием усовершенствованного варианта комплексного метода, предложенного кафедрой промышленной геофизики МИНХиГП. Этот вариант основан на комплексной интерпретации диаграмм электро- и радиометрии и отличается следующими особенностями:

1. Общая пористость ( $K_{\Pi}^{\text{Общ}}$ ) определяется по диаграммам нейтронного гамма-метода с учетом водосодержания нерастворимого остатка.

2. Межзерновая пористость блоков ( $K_{\Pi}^{\text{МЗ}}$ ) определяется по данным метода сопровитлений.

3. Вторичная (эффективная) пористость ( $K_{\Pi}^{\text{ВТ}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_{\Pi}^{\text{ВТ}} = \frac{K_{\Pi}^{\text{Общ}} - K_{\Pi}^{\text{МЗ}}}{1 - K_{\Pi}^{\text{МЗ}}},$$

в отличие от применявшейся ранее:

$$K_{\Pi}^{\text{ВТ}} = K_{\Pi}^{\text{Общ}} - K_{\Pi}^{\text{МЗ}}.$$

4. К эффективной мощности относятся все интервалы разреза, для которых  $K_{\Pi}^{\text{ВТ}} \geq 0,5\%$ .

Для того чтобы избежать возможного завышения начальных геологических запасов, полагали, что величина  $K_{\Pi}^{\text{ВТ}}$  не может превышать 5%, поэтому для всех интервалов, где  $K_{\Pi}^{\text{ВТ}} > 5\%$ , принималось  $K_{\Pi}^{\text{ВТ}} = 5\%$ .

Суммарные значения эффективной мощности для верхнего мела по результатам интерпретации данных промысловой геофизики для каждой скважины определены в следующих пределах: 1) между начальным контуром и кровлей верхнего мела; 2) между текущим контуром и кровлей верхнего мела.

В этих же пределах были определены суммарные значения произведений вторичной пористости на эффективную мощность (линейный эффективный объем), для чего были построены нами карты произведений  $K_{\Pi}^{\text{ВТ}} \cdot N_{\text{эф}}$  (рис.1 и 2).

В результате обработки полученных данных были вычислены суммарная эффективная вторичная емкость в пределах всей залежи по отношению к начальному водонефтяному контакту ( $V_{\text{нач}}$ ), а также значения этой емкости, соответствующие заводненной ( $V_1$ ) и незаводненной ( $V_2$ ) частям залежи. В соответствии с найденными значениями  $V_{\text{нач}}$  и  $V_2$  были определены начальные геологические запасы ( $Q_{\text{нач}}$ ) и запасы, заключенные в невыработанной части залежи ( $Q_2$ ). Так, в результате подсчета оказалось, что начальные геологические запасы увеличились почти в два раза по сравнению с ранее утвержденными ГКЗ, т.е. на 195%. Однако эта цифра может быть несколько завышенной в силу различных причин методического порядка, поэтому ее можно рассматривать как верхний предел начальных геологических запасов.

На основании полученных геологических запасов и суммарного отбора нефти была произведена оценка запасов (извлекаемых) в невыработанной части залежи и коэффициента нефтеотдачи в заводненном

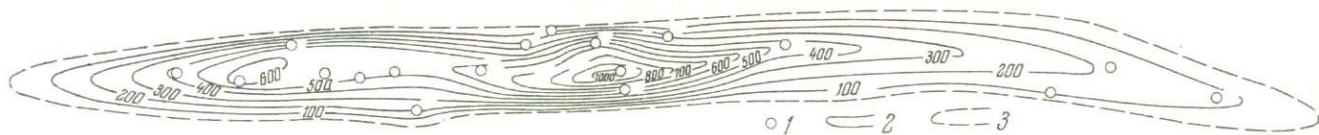


Рис.1. Карта эффективных объемов пор породы  
 1 - скважина; 2 - изолинии  $K_{п}^{вт} H_{эф}$ ; 3 - внешний начальный контур нефтеносности

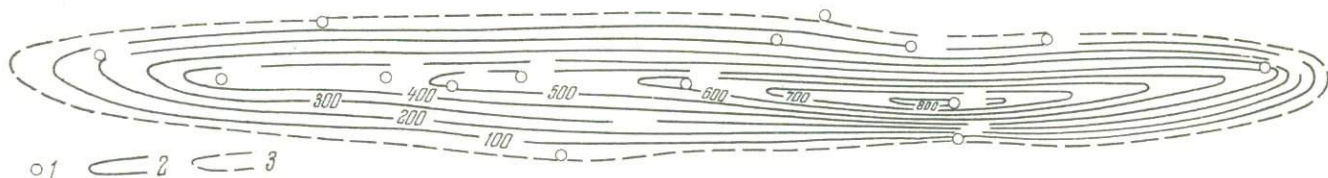


Рис.2. Карта эффективных объемов пор породы  
 1 - скважина; 2 - изолинии  $K_{п}^{вт} H_{эф}$ ; 3 - внешний текущий контур нефтеносности

объеме залежи. Извлекаемые запасы нефти в невыработанной части верхнемеловой залежи Малгобек-Вознесенского месторождения составили 50,1% от первоначальных при достигнутом коэффициенте нефтеотдачи в заводненной части пласта (0,43). В этом случае общие извлекаемые запасы (с учетом суммарной добычи нефти) окажутся несколько выше (на 18,5%) по сравнению с первоначальными, которые, на наш взгляд, занижены.

Если принять для сводовой части структуры коэффициент нефтеотдачи не 0,43, а проектный (0,7), общие извлекаемые запасы будут значительно выше.

Таким образом, оценка запасов верхнемеловой залежи нефти Малгобек-Вознесенского месторождения выполнена с использованием усовершенствованного варианта комплексной интерпретации диаграмм электро- и радиометрии. В результате этого были уточнены начальные запасы нефти, которые могут быть учтены при составлении проекта доразработки.

Усовершенствованный вариант комплексного метода может быть использован и для других аналогичных месторождений при оценке запасов нефти в отложениях верхнего мела.

Возможность повышения достоверности подсчета запасов в отложениях верхнего мела связана с необходимостью дальнейшего совершенствования методики промыслово-геофизических исследований по определению вторичной пористости, эффективной мощности, ВНК и нефтенасыщенности. В связи с этим при разведке площадей необходимо осуществить следующие мероприятия.

1. Ввести в комплекс обязательных промыслово-геофизических исследований ультразвуковой, индукционный и гамма-гамма-метод (с одновременным измерением коркомером).

2. Значительно расширить применение метода двух растворов с использованием наиболее совершенных модификаций метода сопротивлений.

3. Продуктивная часть разреза должна подвергаться двух-трехкратным исследованиям электрическими методами с применением каверномера и коркомера при максимально возможном сокращении времени между моментом вскрытия и первого исследования.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ  
МАЛГОБЕК-ВОЗНЕСЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

---

Современное состояние изученности карбонатных коллекторов позволяет оценивать очень осторожно связанные с ними запасы нефти и газа. Наиболее важные вопросы — установление типа коллектора и определение коэффициента пористости, что является основой для правильной разработки залежи и объективного подсчета запасов. Местными геологами по месторождениям ЧИ АССР условно принят тип коллектора — "трещинный". Залежи нефти в месторождениях с трещинным типом коллекторов приурочены к мощным пачкам неоднородных по своим литологическим и физико-механическим свойствам карбонатных пород. Характерной особенностью месторождений, приуроченных к трещинным коллекторам, являются высокие дебиты скважин при малых значениях пористости и проницаемости породы, взаимодействие скважин, находящихся на значительных расстояниях одна от другой и т.д. Можно полагать, что эти особенности обусловлены широким развитием системы трещин.

Способность пород к трещинообразованию определяется прежде всего их механическими свойствами, которые зависят от их литологических особенностей. Именно они через физико-механические свойства контролируют трещинообразование в породах при различных тектонических процессах. В природных условиях при одинаковом тектоническом режиме разница в способности к трещинообразованию приводит к возникновению трещиноватых зон, связанных с определенными типами карбонатных пород. Поэтому, чтобы осветить закономерности развития трещиноватости, необходимо детальное изучение литологических (вещественный состав, структура, текстура, наличие и распределение нерастворимого остатка и т.д.) особенностей карбонатных пород, слагающих верхнемеловой разрез.

Верхнемеловые отложения Малгобек-Вознесенского месторождения представлены толщей известняков с прослоями мергелей и глин.

По промыслово-геофизическим данным весь разрез условно делится на шесть пачек. I пачка стратиграфически относится к датскому ярусу, представлена, судя по керновому материалу разных скважин, довольно однотипными известняками от светлого до серого цвета, как

правило, плотными, со всеми переходами от пелитоморфной до тонкозернистой структуры. Детрит мелкий составляет от 5-10 до 50% в редких случаях и представлен в основном фораминиферами с подчиненным количеством иноцерамов, спикул губок и т.д. Встречаются мелкие кремневые образования неправильной формы. Кристаллы кальцита неправильной или волокнистой формы выполняют трещины и пустоты. Присутствуют единичные зерна окисленного железа, реже пирита.

Лабораторные анализы известняков I пачки определяют карбонатность от 92-96 до 100%. Нерастворимый остаток представлен в основном глинистой фракцией гидрослюдистого состава, с подчиненным количеством (по разным образцам) монтмориллонита, каолинита и хлорита смешаннослойного состава. Песчано-алевритовая фракция состоит в основном из угловатых и полуокатанных зерен кварца. Отложения I пачки практически непроницаемые (0,01-0,002 мд, достаточно плотные, пористость насыщения от 2,2-3,58, реже 5-6%) с большим количеством глинистых прослоев и обладают низкими коллекторскими свойствами.

Отложения II, III и IV пачек относятся к маастрихскому ярусу. Их общая мощность колеблется от 88 до 118 м по разным скважинам. Вероятно, их можно выделять как одну пачку, обладающую общими свойствами. Среди известняков, слагающих эти пачки, появляются прослои светлого мелоподобного известняка тонкозернистой структуры, довольно плотного и однородного. Общее количество детрита не превышает 10-15%. В основном это - сферы, фораминиферы, обломки иноцерамов и неопределимый шлам. По данным анализов, карбонатность колеблется в пределах 96-98%, а нерастворимый остаток представлен угловатыми зернами кварца алевритовой размерности. Пористость насыщения 10-15%. В известняках этих трех пачек наблюдаются трещины, в основном трех генераций. Наиболее ранние заполнены мелкозернистым кальцитом, трещины второй генерации - темным глинистым веществом, трещины третьей генерации - открытые. Стилолиты и сутуровые швы, видимо, можно отнести ко второй генерации, так как нередко можно видеть переходы трещин в стилолиты и обратно.

Такие высокопористые мелоподобные известняки (пористость насыщения резко увеличена, до 10-15%) встречены в ряде скважин, что говорит о широком развитии прослоев мелоподобных известняков в разрезе месторождения.

Из скв. 833 был поднят керн, в котором пористость насыщения отдельных образцов достигает 10,9-15%. При экстрагировании образцов обнаружилась их нефтенасыщенность. Был определен вес экстрагированных углеводородов - 0,852 г. Остаточная нефтенасыщенность - 10,5%. Отсюда максимально возможный коэффициент нефтенасыщения для этих

образцов - 25%. Просмотр свежих срезов под люминесцентной лампой показал, что распределение битума идет в основном по общей массе образца или шлифа. Несколько большие концентрации приурочены к трещинам и стилолитам, заполненным темным глинистым веществом, а также - к линзам карбонатно-глинистого вещества.

Из скв.832, по данным М.С.Багова, также были подняты единичные образцы нефтенасыщенных известняков с открытой пористостью 16% и более и газопроницаемостью 0,1 мд. Нефтенасыщенность таких образцов составляет 24-37% объема пор, в скв.277 - 12,3%.

У пачка является достаточно мощной (в среднем около 100 м), относится к кампанскому ярусу и сложена серыми известняками с тонкими глинистыми прослоями, образующими слоистость. Известняки У пачки глинистые, практически непроницаемые, плотные, с частым переслаиванием с мергелем или глиной, обладают низкими коллекторскими свойствами.

VI пачка охватывает остальные ярусы верхнего мела и сложена известняками светлого и серого цвета. Если в верхних пачках преобладали пелитоморфные разности, то в VI пачке наблюдаются только тонкозернистые, частично перекристаллизованные и появляются сферовые. Увеличивается и процент примеси детрита и шлама. Несколько увеличивается количество трещин, особенно заполненных кальцитом, и количество кремнистых выделений неправильной формы. Карбонатность колеблется в пределах 93-96%. Пористость насыщения 4-6% в среднем, проницаемость 0,01 мд. Коллекторские свойства VI пачки по сравнению с У пачкой несколько улучшаются.

Детальные лабораторные исследования и анализ фактического материала показали, что на формирование коллекторских свойств верхнемеловых карбонатных пород существенное влияние оказывает нерастворимый остаток, содержание которого колеблется в пределах 1-25%.

Распределение нерастворимого остатка создает неоднородность верхнемеловых известняков, обусловленную скоплением глинистого вещества в виде линз, прослоев и отдельных участков, а также расположением сутуро-стиллитов и трещин, выполненных глинистым веществом.

К ВОПРОСУ О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД  
КАРАБУЛАК-АЧАЛУКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

---

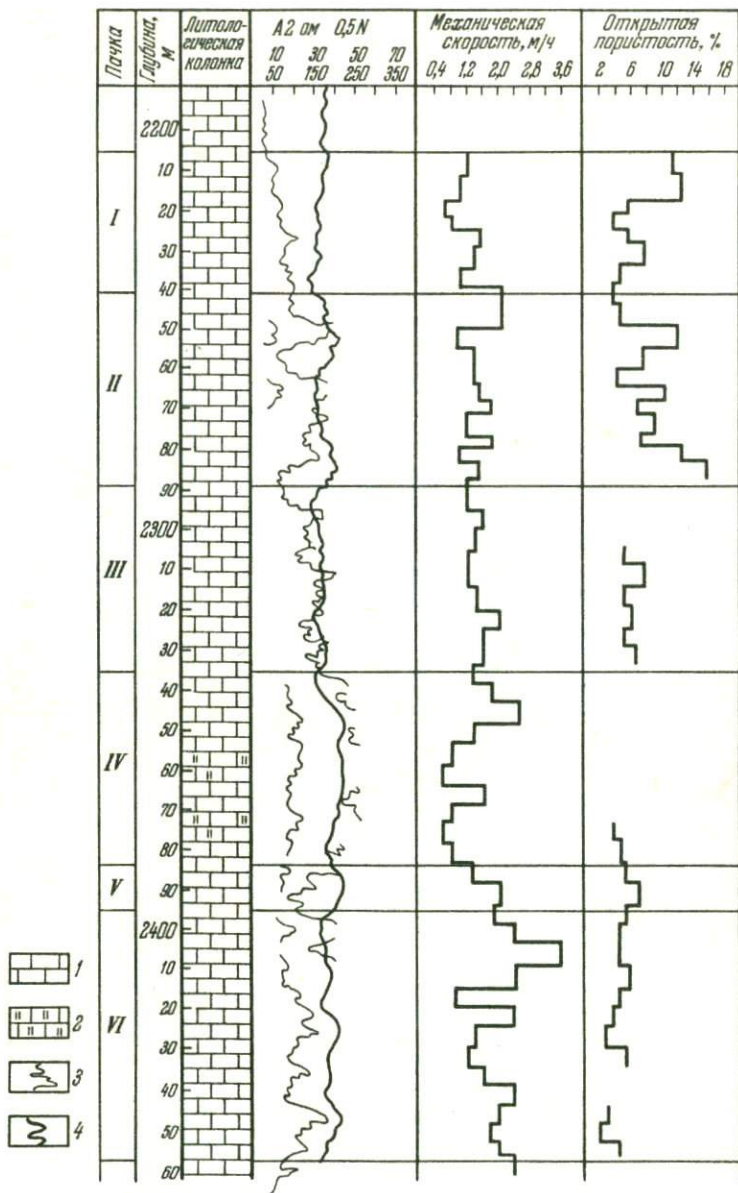
Карабулак-Ачалукское нефтяное месторождение расположено в западной части Сунженского антиклинория, приблизительно в 70 км к западу от г.Грозного. По данным глубокого разведочного бурения Карабулак-Ачалукское месторождение представляет собой довольно узкую антиклинальную складку, вытянутую с запада-северо-запада на восток-юго-восток, поддающуюся оконтуриванию в плане. Основным продуктивным объектом месторождения являются карбонатные отложения верхнего мела.

По промыслово-геофизическим данным 300-метровая толща верхнего мела разбивается на шесть пачек, гидродинамически связанных между собой и эксплуатирующихся единой сеткой скважин.

Верхнемеловые отложения изучались многими исследователями, но детальной характеристики разреза до сих пор нет, так как ни из одной скважины не было поднято достаточного количества кернового материала. Имелись лишь образцы по отдельным скважинам и по разным пачкам. Именно с целью более детального изучения верхнемеловых отложений по предложению ИГиРИМ и заданию Министерства нефтедобывающей промышленности СССР была пробурена скв.154 с полным отбором керна на Карабулакской площади.

Скв.154 пробурена в мае 1968 г. на восточной периклинали складки. Автор участвовал в отборе керна и осуществил его первое описание. С целью защиты керна от разрушения в поверхностных условиях, керн заворачивался в полиэтиленовую пленку, затем в марлю и тщательно парафинировался. Такая упаковка позволила определить наиболее близкие к действительности физические параметры.

Бурение и отбор керна вели тремя типами долот: ДКНУ (двойной колонковый набор уфимский), КДЗ-6 (колонковое долото Дородного) и ОКД (одношарошечное долото колонковое). Долотом ДКНУ были пробурены первые четыре интервала (20 м) верхнего мела. Вынос керна составил 2, 4, 37 и 25%. Вследствие малого процента выноса керна пришлось отказаться от колонкового комплекта, тем более, что и сама коронка оказалась некачественной. При бурении долотом КДЗ-6 процент выноса керна возрос и колебался в пределах 40-45%, а в отдельных случаях до-



Кривая механического каротажа

1 - известняк; 2 - известняк кремнистый; 3 - кривая  $\rho$   
4 - кривая СП

стигал 90-100%. Пуск одношарошечного долота уменьшил вынос зерна. Этим долотом был пробурен один интервал (5 м), вынос составил 60 см или 15%. Весь остальной разрез верхнего мела был разбурен долотом КДЗ-6. Бурение велось без добавок нефти в буровой раствор. За время бурения никаких осложнений не отмечено, кроме одного поглощения глинистого раствора, когда уровень жидкости в скважине упал на 50 м. Поглощение было ликвидировано путем снижения удельного веса глинистого раствора. При описании зерна из этого интервала отмечено большое количество мелких наклонных открытых трещин.

Крепость пород верхнего мела можно проследить по кривой механического каротажа. Из рисунка видно, что средняя механическая скорость проходки составляет от 1 до 1,6 м/ч, но в некоторых интервалах она значительно отличается от этих величин. Так например, в IУ пачке, в интервале 2359-2364 м, механическая скорость упала до 0,6 м/ч, следовательно нижняя часть IУ пачки отличается наибольшей плотностью пород.

В UI пачке механическая скорость превышает среднюю по разрезу более чем в два раза, достигая 3,43 м/ч.

Средняя механическая скорость проходки по пачкам меняется от 1,22 м/ч в I пачке до 2,06 м/ч в UI пачке.

### Т а б л и ц а

Физико-механическая характеристика разреза

№ пачки	Мощность пачки, м	Вынос зерна, м	Вынос зерна, %	Средняя механическая скорость, м/ч	Среднее значение пористости по пачкам, %
I	36	12	38	1,22	7,7
II	48	10,95	23	1,63	9,1
III	45	20,50	45	1,48	5,1
IУ	50	26,55	53	1,35	4,0
У	10	5,20	52	1,57	4,6
UI	65	19,55	30	2,06	3,8

Как видно из таблицы, наименьшая скорость проходки была в I и IУ пачках, наибольшая - во II и UI пачках. Была подмечена закономерность, что чем быстрее пробурен тот или иной интервал, тем меньше вынесено из него зерна. В данном случае из II и UI пачек вынос зерна составил соответственно 23 и 30%, в то время как из IУ пачки, которая разбуривалась медленнее, процент выноса достиг 53%. Средний процент выноса зерна по всему разрезу верхнего мела составил



36%. Такой низкий процент выноса керна можно объяснить следующими причинами: 1) сильной трещиноватостью карбонатных пород верхнего мела; 2) использованием некачественных буровых коронок, в результате чего происходило дробление и истирание керна.

Существует много причин технического характера. Одной из них можно назвать большой интервал дробления. Нетрудно заметить, что при бурении 5-метровых интервалов средний процент выноса керна из них значительно ниже процента выноса керна из 2-3-метровых интервалов, однако этот способ требует больших затрат времени и средств. Иногда частые отрывы бурового инструмента от забоя ведут к выпадению керна из колонковой трубы и его разбуриванию.

В отдельных случаях наблюдалось разрушение керна по трещинам, на стенках которых находился крупнозернистый кальцит. Для более точного представления разреза верхнего мела приводится его краткое описание по пачкам.

I пачка сложена известняками серого и светло-серого цвета с зеленоватым оттенком, в различной степени трещиноватых. В верхней части пачки керна разбит по трещинам, заполненным зеленоватым глинистым веществом и кальцитом, ширина трещин 2-3 мм. В средней части трещиноватость увеличивается, появляются крупные каверны, заполненные кальцитом (4-5 см), некоторые трещины, заполненные кальцитом, достигают ширины 6-7 мм. В нижней части пачки большинство трещин параллельны оси керна. Мощность пачки 36 м.

II пачка представлена голщей светло-серых известняков, сильно разбитых по трещинам параллельно и перпендикулярно оси керна. Количество каверн и трещин значительно больше, чем в I пачке. На стенках трещин, покрытых крупнозернистым кальцитом, имеется много темных мелких пятнышек, возможно нефтяных, так как при смачивании водой они образуют жирную пленку. В отдельных интервалах поднят сильно перетертый керна, который имеет запах газа. Почти вся II пачка характеризуется высоким содержанием кальцита, который заполняет трещины и каверны. Некоторые обломки его достигают 2 см высоты. Мощность пачки 48 м.

III пачка сложена светло-серыми известняками, трещины и каверны выполнены глинистым веществом и кальцитом. Преобладающее положение занимают трещины типа сутур, по которым часто расколоты эти породы. Скол неровный, бурристый. В интервале 2294 - 2296 м встречен образец с каверной, заполненной халькопиритом. Открытые трещины секут керна на отдельные пластинки. В нижней части пачки трещиноватость уменьшается. Мощность пачки 45 м.

IV пачка представлена плотными известняками светло-серого цвета.

В верхней части пачки керн имеет большое количество открытых трещин, в основном наклонных к оси керна. Скол по трещинам совершенно ровный. Трещины, параллельные оси керна, выполнены кальцитом, трещины типа сутур и стилолитовые швы перпендикулярны оси керна и выполнены кальцитом и глинистым веществом. В средней и нижней частях пачки содержание кальцита значительно уменьшается, появляются плотные кремнеземные известняки. Низ пачки представлен светло-серыми известняками с зеленоватым и розоватым оттенками, чередующимися друг с другом. Мощность пачки 50 м.

У пачка сложена сильно глинистыми известняками светло-серого цвета. Здесь также продолжается чередование известняков с зеленоватым и розоватым оттенками. Имеется большое количество каверн, заполненных кальцитом, местами встречаются целые обломки кальцита, достигающие 2-3 см. Увеличивается количество глинистых пропластков и их мощность иногда достигает 5 и более сантиметров. Нижняя часть пачки сложена розоватыми известняками. Мощность У пачки незначительна и достигает всего 10 м.

УІ пачка представлена розовыми известняками в верхней части и светло-серыми известняками в нижней. Известняки сильно трещиноватые, большинство трещин параллельны оси керна, заполнены розоватым и зеленоватым глинистым веществом. Встречены образцы, которые имеют постепенный переход от розового к светло-серому цвету. Также встречены образцы, которые прямо посередине, параллельно оси керна, делятся на два цвета, т.е. одна половина розовая, а другая светло-серая. В средней части пачки известняки имеют светло-коричневый оттенок, каверны и трещины в них заполнены кальцитом. В нижней части появляются белые известняки. Мощность пачки 65 м.

Из приведенного описания видно, что трещиноватость по разрезу меняется, наиболее трещиноватыми являются П и УІ пачки. У пачка отличается повышенной глинистостью. П и У пачки характеризуются наибольшим количеством обломков кальцита.

По образцам, поднятым из верхнего мела скв.154, было проведено более тысячи анализов открытой пористости. Данные анализов распределены неравномерно по разрезу, одни пачки полностью охвачены полученными данными, другие частично (см. рисунок).

Отмечается постепенное снижение пористости с глубиной. Исключением является П пачка, в которой наблюдается обратное явление. Среднее значение пористости по П пачке 9,1%, а отдельные образцы имеют 15% и более. По другим пачкам пористость значительно ниже (7,7 - 3,8%). Наименьшей пористостью отличаются образцы низа ІУ (4%) и УІ (3,8%) пачек.

Содержание нерастворимого остатка по разрезу колеблется в пределах 5 - 10%, за исключением У пачки, где оно достигает 20% и более.

Проведенные исследования физико-механических свойств карбонатных пород верхнего мела по скв.154 Карабулак-Ачалукского месторождения позволяют сделать предположение о неоднородном составе разреза верхнего мела по всему месторождению. Последнее подтверждается значительной изменчивостью механической скорости проходки, а также пористости и глинистости известняков.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОРИСТОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ  
ВЕРХНЕГО МЕЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАБУЛАК-АЧАЛУКИ

---

В последнее время все большее количество исследований посвящается проблеме карбонатных коллекторов. Это закономерно связано с открытием новых месторождений в разных районах Советского Союза (Белоруссия, Кавказ, Западная и Восточная Сибирь) с запасами нефти и газа, приуроченными к карбонатным коллекторам. Растет необходимость детального изучения карбонатных коллекторов с целью уточнения расчетных параметров для подсчета запасов.

Наряду с подсчетом запасов по вновь открытым месторождениям производится пересчет запасов по ряду месторождений, находящихся в эксплуатации, на основе дополнительных данных, уточняющих основные подсчетные параметры. Такие пересчеты проводятся по ряду месторождений Восточного Предкавказья, таких как Карабулак-Ачалуки и Малгобек-Вознесенское. Основные трудности, возникающие при подсчете запасов в карбонатных коллекторах, связаны с неравномерным распределением вторичной пористости, а следовательно и начальных запасов нефти в объеме залежи. Одной из основных причин несоответствия фактически промышленных и проектных запасов является отсутствие правильных представлений о типе коллектора, характере его насыщения и проницаемости.

Грозненские нефтяники, занимающиеся вопросами подсчета запасов нефти и газа и разработкой месторождений с трещинным типом карбонатных коллекторов верхнемелового возраста, считают, что нефть в основном содержится в пустотах вторичного происхождения, под которыми подразумеваются собственно трещины и их расширения типа каверн, но не в межзерновых порах самой породы.

Исходя из этих представлений и производился подсчет запасов по грозненским месторождениям. Наибольшие трудности при определении исходных параметров связаны с оценкой коэффициентов пористости.

Попытка добиться 100%-ного выноса керна привела к тому, что вся скважина в большей или меньшей степени оказалась охарактеризована каменным материалом. Большое количество керна из скв.154 месторождения Карабулак-Ачалуки позволило детально исследовать и охарактеризовать разрез на основе достаточного количества аналитических

данных по открытой пористости, определенной методом И.А.Преображенского по 700 образцам.

На основании промыслово-геофизической характеристики 300-метровая толща верхнемеловых отложений для целей корреляции подразделена на грозненскими геологами на шесть пачек, которые довольно хорошо прослеживаются в разрезах месторождения. Представлен разрез верхнего мела плотными и мелоподобными известняками с прослоями глин и мергелей. Известняки в основном светло-серого цвета, реже серые, темно-серые и розоватые. Структура пелитоморфно-микрзернистая и микрзернистая, имеется примесь детрита от единичных форм до 75-80%, образующая детритовый известняк, сцементированный микрзернистым карбонатом. Детрит, как правило, мелкий, представлен фораминиферами и мелкими обломками иноцерамов и мшанок.

Карбонатные породы представлены в основном слабодоломитистыми и чистыми известняками с содержанием  $\text{CaCO}_3$  92-100% и редкими разностями доломитистых известняков, содержание  $\text{CaCO}_3$  в которых падает до 85%. Примесь нерастворимого остатка в карбонатных породах, как установлено, состоит в основном из глинистого вещества гидрослюдистого состава с подчиненным количеством монтмориллонита, каолинита и хлорита смешаннослойного состава. Кроме глинистого вещества, по ряду образцов, приуроченных к низам IУ и УI пачек, наблюдается примесь угловатого кварца алевритового размера. Распределена примесь нерастворимого остатка, как правило, весьма неравномерно: в виде пятен, линз, участков и прослоев. На общем фоне разреза, характеризующемся от 2 до 5% примеси, выделяются: I пачка, обладающая несколько повышенной глинистостью в пределах 5-10% и У пачка, количество примеси в которой возрастает до 40% и в среднем достигает 20%. Таким образом, состав, количество и распределение нерастворимого остатка наряду со структурой, текстурой, прожилками, стилолитовыми швами и т.д. создает неоднородность карбонатной породы. Переслаивание известняков с мергелями, глинами, мелоподобными разностями создает слоистую неоднородность коллектора по площади и разрезу. В результате этого происходит селективное обводнение, при котором отдельные участки залежи имеют незначительную обводненность, что практически должно повлечь изменение системы разработки залежи.

Все это говорит о важности выделения в разрезе плотных и пористых пропластков и возможного их прослеживания по площади. Поэтому особое внимание было уделено изучению распределения по разрезу значений открытой пористости.

Для определения представительности аналитических данных, характеризующих тот или иной интервал, была проведена следующая работа:

на нескольких десятках (45-50) образцов в зависимости от размера было проделано от 3-4 до 10-12 определений открытой пористости. Таким образом, было установлено, что колебания в разности коэффициентов открытой пористости, определенной по методу И.А.Преображенского, в образцах верхнемеловой толщи месторождения Карабулак-Ачалуки не превышает 2-3% и в единичных случаях 4-5%. На основании этих данных устанавливается довольно стабильный фон разреза с колебаниями в 2-3%, обоснованный 90% анализов. В отдельных образцах (~ 10%) увеличение разницы в колебании коэффициентов до 4-5% объясняется литологической неоднородностью породы, а также наличием скрытых каверн и стилолитовых швов. Проведенные исследования вполне подтверждают представительность аналитических данных для этого района.

Распределение по разрезу значений коэффициента открытой пористости позволило выделить верхнюю часть I пачки (мощностью около 15 м) и отдельные прослои II, III, IV пачек (мощностью от 2-3 до 10 м), характеризующиеся довольно высокой для карбонатных пород открытой пористостью в пределах 10-14%. Остальная часть I пачки представлена чередованием прослоев с более низкими (4-6%) и более высокими (7-9%) значениями открытой пористости. Средняя часть IV пачки характеризуется значениями открытой пористости от 5 до 7%, а нижняя от 3 до 5%, с единичными отклонениями до 7-8%. VI пачка в верхней и нижней частях имеет большие колебания значений коэффициентов открытой пористости - от 2-3 до 7-10%. В средней части четко выделяются два прослоя: верхний с открытой пористостью 4-5% и нижний - 2-3%. Пористые слои, переслаиваясь с плотными разностями, мергелями и глинами, создают слоистую неоднородность пласта. В результате при разработке месторождения обнаруживаются отдельные участки, обладающие различными емкостными и фильтрационными свойствами. Такие сравнительно небольшие по мощности и площади зоны, обладающие различными фильтрационными свойствами, более существенно влияют на питание жидкостью скважин, чем единичные пути по трещинам. Неоднородностью коллектора объясняется неравномерное продвижение водо-нефтяного контакта и образование прорывов на отдельных участках, а также резко меняющиеся по скважинам дебиты жидкости. Поэтому выделение таких прослоев или зон с дальнейшим прослеживанием их по площади является основой для конкретного установления неоднородности коллектора.

Исследование образцов в больших шлифах, пропитанных красным метилметакрилатом, позволило наблюдать поры, образованные вследствие выщелачивания фораминифер, а также поры между кристаллами кальцита, выполняющими трещины. Наблюдается заполнение стилолитовых швов, подкрашенных полимером.

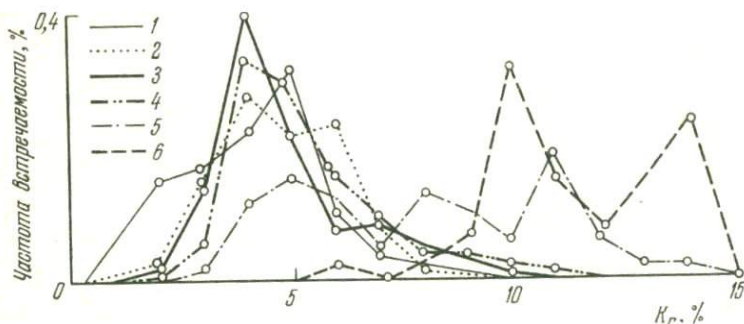


График распределения пористости для каждой пачки скв.154, Карабулак-Ачалуки.

1 - I пачка; 2 - II пачка; 3 - III пачка; 4 - IV пачка;  
5 - V пачка; 6 - VI пачка

В зависимости от вещественного состава и других особенностей каждому типу карбонатных пород присущ тот или иной вид пористости. На основе метода математической статистики сделана попытка определить вид пористости, характерный для каждой из шести пачек. На основании значений открытой пористости для каждой пачки построены кривые распределения (рисунок). Известно, что происхождение каждого эмпирического распределения обусловлено определенными естественными причинами. Исследование кривых распределения позволяет уяснить, за счет каких именно причин получается найденное распределение. Близкое к нормальному распределение наблюдается для I, IV, V и VI пачек и резко асимметричным является распределение для II и III пачек. Одной из причин асимметрии распределения является неоднородность исследуемой совокупности. Такой неоднородностью в данном случае является значение открытой пористости, которая включает в себя поры вторичного происхождения, в меньшей степени первичные, а также емкость трещин. Для разных типов карбонатных пород соотношение процентов по каждому виду пористости может существенно меняться. Это хорошо наблюдается на графике, особенно на кривых распределения II и III пачек, где каждая подсовокупность характеризуется своим распределением. Кривые распределения для I, IV, V и VI пачек имеют близкие интервалы значений пористости, и здесь неоднородность совокупности проявилась в небольших отклонениях от нормального распределения. Надо полагать, что доминирующее значение здесь получает первичная (блоковая) пористость.

Очевидно, во II и III пачках все три подсовокупности приобретают равноправное значение и выделяются как самостоятельные совокупности, представленные соответствующими кривыми распределения. С точки зрения коллекторских свойств II и III пачки являются наиболее интересными для изучения в них вторичной пористости. Такое представление согласуется с анализом промысловых данных, выделяющим II и отчасти III пачки как наиболее продуктивные.

Выделение в разрезе скв.154 среди плотных разностей карбонатных пород прослоев, обладающих повышенными значениями вторичной пористости и трещиноватости, предполагает наличие "слоистой неоднородности" в толще верхнего мела. Очевидно, этим в какой-то мере может объясняться наличие различных дебитов и разная степень обводнения скважин, расположенных вблизи одна от другой и эксплуатирующих одну пачку.

Статистическая обработка аналитических данных разреза позволяет определить основной вид пористости, присущий тому или другому пласту.

КОМПЛЕКС МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ  
ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ИХ  
КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ

---

Изучение литологии нефтесодержащих пород является неотъемлемой частью геологических исследований, связанных как с разведкой, так и с разработкой месторождений нефти и газа.

Однако в настоящее время становится недостаточной обычная описательная характеристика пород-коллекторов. Необходимо цифровое выражение литологических особенностей, что позволит количественно оценить их влияние на коллекторские свойства пород, а это, в свою очередь, позволит более обоснованно и объективно решать научные и практические задачи. С этой целью была разработана комплексная количественная методика изучения литологических особенностей песчано-алевритовых пород. Методы, входящие в комплекс, должны были удовлетворять двум основным требованиям: 1) позволять количественно выражать результаты исследований; 2) измерение литологических свойств должно проводиться на одном и том же объекте (образце) без нарушения его целостности.

В результате анализа существующих методов литологического изучения песчано-алевритовых пород мы пришли к выводу, что этим требованиям отвечают методы микроскопического изучения плоско-параллельных препаратов - шлифов. В выработанный комплекс входят наряду с давно известными методами, которые не претерпели изменений, несколько переработанные методы и оригинальные приемы. Их описание рассредоточено в различных статьях. Настоящая работа посвящена систематическому изложению этого комплекса методов.

Некоторые вопросы количественного анализа состава  
и структуры песчано-алевритовых пород в шлифах

Песчано-алевритовые породы представляют собой беспорядочные или ориентированные агрегаты различных по петрографо-минералогическому составу и форме обломочных зерен размером от 1 до 0,01 мм, скрепленных между собой пелитовым (глинистым) или химически осажденным материалом. Они характеризуются фазовым (минералогическим, вещественным) и структурным составом, которые объединяются понятием ли-

тологических особенностей. К категории последних относятся петрографо-минералогический и гранулометрический составы обломочных компонентов, их форма, содержание и состав цементирующего материала, взаимоотношение между зернами, а также между зернами и цементом.

Прямое изучение структуры и вещественного состава песчано-алевритовых пород невозможно ввиду непрозрачности составляющих компонентов. Однако непосредственному изучению доступна двухмерная структура, получающаяся при ненаправленном пересечении образца породы плоскостью шлифа, толщина которого не превышает 0,03 мм. Плоские элементы микроструктуры существуют только в шлифе, являясь случайными сечениями микрокомпонентов породы. Однако все геометрические параметры двухмерной структуры, которые можно измерить в шлифе, связаны с реальной пространственной структурой породы и ею однозначно определяются.

Методы количественного анализа состава и структуры пород в шлифе основаны на принципе Б.Кавальери, сущность которого заключается в понижении размерности измеряемых элементов по сравнению с размерностью самих объектов измерения. Применительно к количественному микроскопическому анализу пород этот принцип был обобщен А.Розивалем (Rosival, 1898) и А.А.Глаголевым (1941). "Если несколько групп контуров, расположенных на плоскости между параллельными прямыми, имеют пересечения, длины которых находятся в постоянном соотношении на любой параллельной двум данным, то объемы этих групп тел находятся в том же отношении" (Глаголев, 1941).

На этом принципе основан линейный метод количественного анализа породы, который сводится к следующему. Видимый в микроскоп шлиф породы, состоящий из любого количества различных минералов, пересекается рядом прямых линий. Эти линии пересекут плоские контуры микроэлементов породы на отдельные отрезки. Если просуммировать длины этих отрезков, попавших на каждый из одинаковых компонентов породы, и разделить сумму на общую длину всех линий пересечения, то полученное частное будет равно долям объема породы, которые занимают каждый из составляющих структурных элементов. Причем соответствие будет тем точнее, чем длиннее секущие. Пользуясь микрометрической линейкой окуляра микроскопа в качестве секущей, определяем количество делений линейки, приходящееся на соответствующие структурные составляющие в нескольких полях зрения. Статистическое среднее значение числа делений, попавших на заданную структурную составляющую, будет равно содержанию этой составляющей в объеме породы. Секущие, как показал А.Розиваль, могут быть различной формы и проводятся произвольно, главное, чтобы они равномерно охватывали всю анализируемую площадь шлифа.

В настоящее время во всех руководствах указывается, что для получения правильного суждения о составе песчано-алевритовой породы необходимо подсчитывать не менее 400-500 зерен. Увеличение же количества зерен не повышает точности подсчета, как доказал А.Б.Вистелиус (1951), используя методы математической статистики. Однако А.Б.Вистелиус рассматривал данный вопрос применительно к изучению комплекса минералов тяжелой фракции и в иммерсии, и эти выводы нельзя распространять на породообразующие компоненты, разнообразие которых значительно меньше, чем ассоциация аксессуарных минералов. К тому же в работе А.Б.Вистелиуса и в других подобных работах решается вопрос об оптимальном количестве зерен, обеспечивающем заранее заданную точность анализа (+5%). Вопрос о предельном количестве зерен, при котором получим исчерпывающие сведения о составе пород и превышение которого не прибавит никакой информации и, следовательно, является ненужным, не ставился и не решался. Для решения этого вопроса мы применили положения теории информации, которая дает нам в руки объективный критерий, оценивающий степень неопределенности любого события - энтропию (Яглом, Яглом, 1960).

Энтропия тесно связана с системой, под которой в теории информации понимается любой природный объект, любое событие, явление, характеризующееся несколькими переменными величинами, причем последние могут принимать различные случайные значения, т.е. системе присуща некоторая неопределенность. В теории информации доказано, что степень неопределенности системы зависит от числа возможных состояний системы и вероятности этих состояний. Таким образом, энтропия как мера неопределенности системы вычисляется по формуле

$$H[x] = - \sum_{i=1}^n p_i \lg p_i,$$

где  $H[x]$  - энтропия;  $p$  - вероятность возможного  $i$  - состояния системы;  $n$  - число возможных состояний системы.

Породу можно рассматривать как систему, которая характеризуется различным содержанием породообразующих компонентов. Так как содержание породообразующих компонентов в породе (образце) величина конечная, то и состав породы, и вероятность состава могут быть определены по конечному числу наблюдений. Наблюдения проводятся во времени, т.е. на каждый момент мы имеем какие-то результаты, характеризующие систему. Энтропию этого комплекса можно рассматривать как полную характеристику некоторой подсистемы, входящей в состав основной системы (шлифа). Доказано, что энтропия подсистемы с увеличением числа наблюдений стремится к энтропии системы как к пределу. Число наблюдений, при котором энтропия подсистемы становится равной энтропии системы, и является предельным числом наблюдений, превышение

которого нецелесообразно. Строя график изменения энтропии с увеличением наблюдений, можно найти то предельное число  $n$  пред., начиная с которого поступление новых данных не изменяет наших представлений об изучаемой системе, т.е. энтропия стабилизируется.

Применив сказанное выше к определению предельного числа зерен для получения объективных данных о составе песчано-алевритовых пород в отложениях юры и нижнего мела Южного Мангышлака, Устюрта, Предкавказья и Западной Сибири установили, что достаточно подсчитывать 200 зерен против 300-500, что рекомендуется всеми руководствами.

По-видимому, такой подход к определению предельного числа и наблюдений для получения объективных данных о системе (под системой можно понимать любой объект - образец, шлиф и т.д.) весьма перспективен, так как в каждом конкретном случае позволяет значительно сократить время определений и дать обоснование количеству образцов, необходимых для получения объективного решения конкретных задач.

#### Петрографо-минералогический состав

Необходимость изучения петрографо-минералогического состава песчаников и алевритов определяется влиянием состава пород на их коллекторские свойства и нефтеотдачу. Так, еще в 1912 г. К.Крэг в своей работе "Поиски нефти" указывал на влияние петрографо-минералогического состава песчано-алевритовых пород, содержащих нефть, на величину "коэффициента использования запасов". Влияние минералогического состава пород на их фильтрационные свойства было экспериментально доказано работами П.П.Авдусина и др. (1937), А.Г.Алиева (1953), М.А.Цветковой (1954) и др. Однако в последнее время появилось довольно большое количество высказываний и публикаций, в которых это положение подвергается сомнению, а иногда и отрицается. Причем в качестве главного аргумента приводятся результаты корреляционного (линейного) анализа. Так, в работе Т.И.Гуровой и др. (1968) были изучены корреляционные связи между емкостными, фильтрационными свойствами и литологическими особенностями песчано-алевритовых коллекторов Советского и Соснинского месторождений (Среднее Приобье). В том числе определялась зависимость между проницаемостью и содержанием кварца в обломочной части этих пород. Коэффициент линейной корреляции, оценивающий тесноту этой связи, чрезвычайно низок - для пород Советского месторождения он равен 0,091. На основании этих данных авторы исключают содержание кварца в обломочной части пород из параметров, определяющих их фильтрационные свойства.

Однако низкое значение коэффициента линейной корреляции дает нам право говорить лишь об отсутствии линейной связи между составом обломочной части и проницаемостью пород. Но связь может быть более сложной формы и следовательно отрицать ее наличие в общей форме на основании этих данных нельзя, в противном случае допуская грубая ошибка.

В теории вероятностей существуют методы, позволяющие оценивать силу связи между коррелируемыми признаками вне зависимости от формы связи. Эти методы основаны на теории информации (Вистелиус, 1964).

Расчет показал, что информационный коэффициент корреляции связи между содержанием кварца в обломочной части и проницаемостью коллекторов Советского и Соснинского месторождений равен 0,72. Это указывает на существование весьма тесной связи. Что же касается формы связи, то дальнейшие расчеты позволяют сделать заключение лишь о существовании или отсутствии пропорциональности между анализируемыми признаками. Это осуществляется путем проверки гипотезы о симметрии распределения частот  $2J (H_1:H_2) = 0,719$  ( $H_1$  - гипотеза о симметрии,  $H_2$  - гипотеза об асимметрии). Величина  $2J (H_1:H_2)$  имеет распределение  $\chi^2$  с числом степеней свободы, равным  $\frac{c(c-1)}{2}$ , где  $c$  - число строк или столбцов таблицы распределения частот. В нашем случае  $\frac{c(c-1)}{2} = 36$ , т.е. анализируемые признаки пропорциональны, с увеличением содержания кварца в обломочной части коллектора увеличивается его проницаемость.

Определение петрографо-минералогического состава песчано-алевритовых пород в шлифах нами проводилось по методу В.П.Батурина - П.П.Авдусина. Этот метод сводится к определению доли площади шлифа, занятой тем или иным минеральным компонентом. Подсчет проводился интегральным способом, т.е. определялась доля суммарной длины отрезков микрометрической линейки, проходящей внутри минеральной микрочастицы, по отношению к общей длине линейки. Причем, как показано выше, для получения объективных данных о составе обломочного материала породы и отнесения ее к той или иной петрографо-минералогической разновидности необходимо подсчитывать 200 зерен. Этот способ позволяет получать более точные данные о массе отдельных минералов в петрографо-минералогическом составе породы по сравнению с точечным. Подсчеты в шлифах, на наш взгляд, обладают рядом преимуществ перед изучением петрографо-минералогического состава песчано-алевритовых пород в иммерсии. Во-первых, для изучения со-

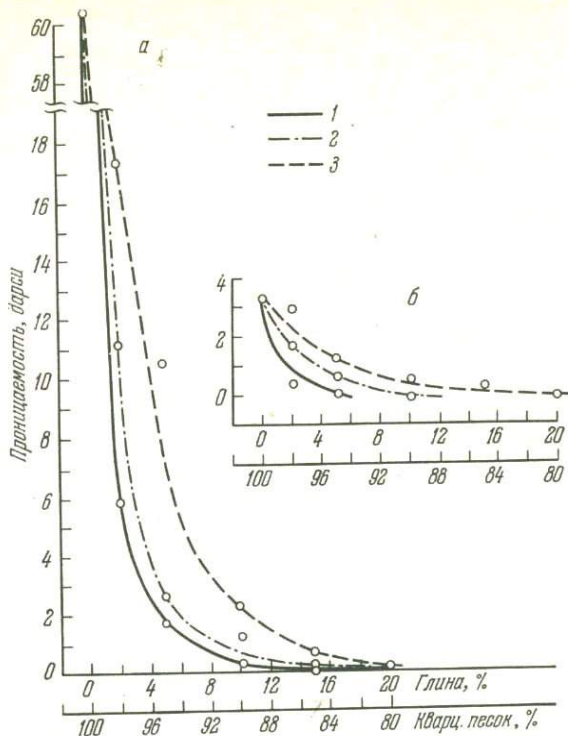


Рис.1. График зависимости фильтрующей способности кварцевых песков от содержания в них минералов глин (Цветкова, 1954)  
 а - фракция 0,35 - 0,50 мм; б - фракция 0,08 - 0,12 мм;  
 1 - монтмориллонитовая глина; 2 - полимиктовая глина; 3 - каолиновая глина

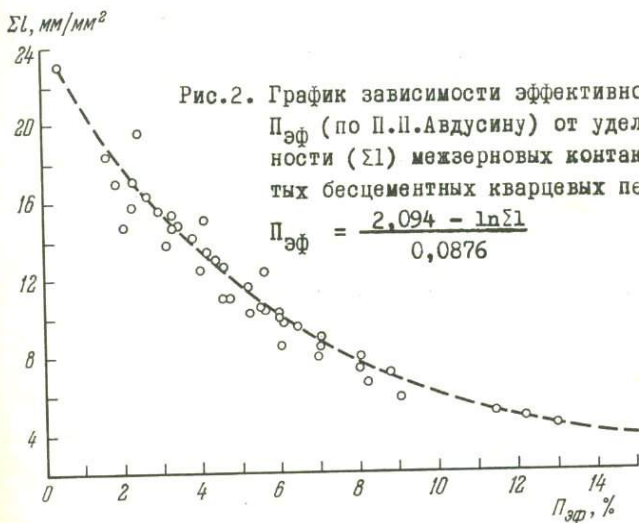


Рис.2. График зависимости эффективной пористости -  $P_{эф}$  (по П.П.Авдусину) от удельной протяженности ( $\Sigma l$ ) межзерновых контактов мелкозернистых бесцементных кварцевых песчаников.

$$P_{эф} = \frac{2,094 - \ln \Sigma l}{0,0876}$$

става породы в иммерсии необходима дезинтеграция ее, т.е. нарушение целостности образца. Во-вторых, при иммерсионном методе чрезвычайно трудно диагностировать некоторые компоненты, особенно, если они выветрелы. Кроме того, выветрелые обломки пород и полевых шпатов в процессе подготовки образца к иммерсионному анализу при дезинтеграции растираются полностью или частично и переходят в пелитовую фракцию, тем самым нарушая действительное соотношение порообразующих компонентов. К тому же, как это будет показано ниже, изучение петрографо-минералогического состава песчаников и алевролитов в шлифах позволяет проводить весь комплекс измерений на одном и том же образце, что невозможно при иммерсионном методе. Наконец, для сильно уплотненных, крепко сцементированных разностей песчано-алевритовых пород метод шлифов — единственный метод изучения как состава, так и структуры.

Помимо обломочных компонентов, в строении песчано-алевритовых пород участвует цементирующий материал, который может быть представлен либо пелитовыми (глинистыми) частицами, либо химически осажденным минеральным веществом. Среди последних наибольшее распространение имеют карбонаты (кальцит, доломит, сидерит), сульфаты (гипс, ангидрит, барит), кварц, хлорит и т.п. К цементирующему материалу мы относим все аутигенные минералы, в том числе и регенерационные оболочки, которые отличаются от обломочных зерен характером и количеством включений, иной степенью загрязненности. Часто регенерационные каемки отделяются от обломочного зерна тонкой пылеватой оторочкой. Регенерационные нарастания определяются иногда по присутствию четких кристаллографических граней в участках контактов между зернами.

Влияние состава цемента на коллекторские свойства может быть проиллюстрировано рис.1. Этот же пример свидетельствует о влиянии содержания цементирующего материала на коллекторские свойства пород. С увеличением его количества пористость и проницаемость песчано-алевритовых пород уменьшается. Изучение состава и содержания цементирующего материала песчаников и алевролитов проводится параллельно изучению состава их обломочной части, тем же способом.

На коллекторские свойства песчано-алевритовых пород, как это было показано в работах А.А.Ханина (1951), Н.В.Смирновой (1961) и других, оказывает влияние также и морфологический тип цементации, т.е. взаиморасположение цемента и зерен. По последнему признаку цементы песчано-алевритовых пород могут быть подразделены на четыре типа: контактный (когда цементирующий материал сосредоточен на контактах между зернами); пленочный (цементирующий материал в виде пленки обволакивает обломочные зерна); поровый (связующий материал

выполняет поровые пространства между зернами); базальный (зерна разобщены друг с другом, "плавают" в цементирующей массе). Названные типы цементов отличаются один от другого содержанием цементирующего материала, количество которого значительно увеличивается от контактного к базальному типу. Однако количество цемента не всегда определяет его тип. К тому же названные типы цементов в отдельности встречаются очень редко, они обычно образуют небольшие участки в одном и том же образце. По характеру распределения цементы могут быть подразделены на равномерные и неравномерные. Среди неравномерных Н.В.Смирнова различает смешанные и сгустковые, дробя их дополнительно на двадцать видов. Обычно же на практике указывается лишь преобладающий морфологический тип цемента, особо отмечается характер его распределения — сгустковый, смешанный или пятнистый. Количественному определению поддается лишь содержание цемента. Типы цементации и характер распределения определяются только качественно.

Методика определения характера упаковки зерен, приведенная ниже, дает возможность с учетом содержания цемента (и эффективной пористости в прокрашенных шлифах, по П.П.Авдусину) идентифицировать равномерные типы цементации. При контактном типе цементации содержание цементирующего материала не более 5%, величина эффективной пористости высокая, параметр упаковки имеет низкую величину. Пленочный тип цементации характеризуется невысоким содержанием цементирующего материала, высокой эффективной пористостью, средним и низким значением параметра упаковки. Соответственно и другие типы цементации (равномерной) могут быть количественно определены по этим же признакам.

### Гранулометрический состав

Под гранулометрическим (механическим) составом обломочной породы понимается размерность составляющих ее компонентов и их количественное соотношение.

Влияние гранулометрического состава песчано-алевритовых пород на их коллекторские свойства, по-видимому, не требует пояснений, оно доказано многочисленными исследованиями как у нас в Советском Союзе, так и за рубежом.

Прямое измерение размеров зерен может быть осуществлено под микроскопом путем измерения максимального и минимального диаметра среза зерен микрометрической линейкой. Выразив в количестве делений линейки интервалы развернутой десятичной гранулометрической шкалы (Батурин, 1947), мы можем быстро относить каждое измеренное зерно к той или иной размерной фракции. При этом определение производится

интегральным способом (Авдусин, 1948), т.е. определив принадлежность среза зерна к той или иной размерной фракции, измеряем отрезок микрометрической линейки, проходящий внутри микрочастицы, и количество делений приписываем соответствующей фракции. Результаты подсчета по каждой фракции выражаются в процентах от общей суммы всех измеренных зерен.

Преимущество прямого измерения размеров зерен в шлифах над методами механического анализа состоит в том, что для механического анализа необходимо дезинтегрировать образец. При этом неустойчивые компоненты (полевые шпаты, обломки эффузивных и глинистых пород) истираются, в результате чего нарушается действительное соотношение размерных фракций в породе. При изучении гранулометрического состава в шлифах параллельно проводится изучение всего комплекса литологических особенностей породы без нарушения ее целостности.

Аналогично определению предельного числа зерен при минералогическом анализе мы нашли предельное количество зерен, необходимое при гранулометрическом анализе шлифа для получения объективных данных. Не будем повторять всего хода рассуждения, а лишь укажем, что в результате проделанных расчетов установлено предельное число кварцевых зерен, необходимое для получения объективных данных по гранулометрическому составу кварцевых песчано-алевритовых пород пласта  $D_7$  Туймазинского месторождения, оно составляет 175 зерен. Для полимиктовых песчаников и алевритов юры нижнего мела района Западной Сибири, Мангышлака, Восточного Предкавказья число зерен, необходимое для получения объективных данных по гранулометрическому составу, совпадает с количеством зерен, необходимым при определении минералого-петрографического состава, — 200 зерен.

Данные гранулометрического фракционного состава песчаников и алевритов позволяют определить ряд характеристик, в первую очередь величину среднего диаметра обломочных зерен. Смысл вычисления среднего диаметра обломочной части заключается в замене данных о фракционном составе породы обобщающей величиной, отражающей типические черты породы. Вычисление среднего диаметра проводится нами по формуле:

$$\bar{d} = \frac{I}{100} (n_1 d_1 + n_2 d_2 + n_3 d_3 + \dots + n_k d_k),$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_k$  — средний диаметр зерен отдельных гранулометрических фракций по десятичной шкале;  $n_1, n_2, \dots, n_k$  — процентное содержание соответствующих фракций в породе. По существу мы получаем средневзвешенный диаметр зерен, а не среднеарифметический.

Однако выражение гранулометрического состава одним средним диа-

метром зерен недостаточно, так как в этой величине устранены все различия отдельных фракций, составляющих породу. При одном и том же значении среднего диаметра может быть больший или меньший размах отклонений от него. Величина отклонений индивидуальных значений от среднего показывает, в какой мере эти значения отличаются одно от другого. Величина этих отклонений характеризует однородность обломочного материала по размерам, т.е. его сортировку. В статистике в качестве показателя отклонений индивидуальных значений от среднего принято квадратичное отклонение. Суть расчета этой величины заключается в том, что средний диаметр каждой фракции заменяют отклонением от произвольно выбранного центра, принимаемого за нуль (обычно за начало отсчета принимается величина диаметра доминирующей фракции). Степень сортировки зерен песчаников и алевролитов по величине среднего квадратичного отклонения ( $\sigma$ ), согласно данным В.П.Батурина (1947), следующая:

- хорошо отсортированные -  $\sigma = 1 - 1,5$ ,
- средне отсортированные -  $\sigma = 1,5 - 2$ ,
- плохо отсортированные -  $\sigma = 2$  и более.

Отметим, что при изучении гранулометрического состава пород в шлифах степень сортировки зерен определять методом У.Крамбейна величиной  $S_0$  нельзя, так как для расчета этого коэффициента необходимо иметь истинные диаметры зерен, а не диаметры случайных срезов.

#### Характер упаковки обломочных зерен

К числу важных структурных признаков песчано-алевритовых пород, оказывающих влияние на их коллекторские свойства, относится характер упаковки (укладки) обломочных зерен.

Моделью упаковки зерен песчано-алевритовых пород может служить упаковка шаров. Пространственное расположение их измеряется координационным числом, которое изменяется от 3 до 12. Пористость и проницаемость упаковок находятся в зависимости от ее характера, т.е. от координационного числа. Это можно видеть из таблицы (Engelhardt, Pitter H., 1951).

Влияние характера упаковки зерен или шаров на ее пористость сохраняется и в случае упаковки зерен разных диаметров. Так, по данным Т.Н.Елфимова (1940), существует зависимость между пористостью и характером упаковки агрегата, состоящего из смеси зерен двух размерных фракций  $d_1$  и  $d_2$ . Характер упаковки Т.Н.Елфимовым определяется углом  $\varphi$  между линиями, соединяющими центры контактирующих зерен. Экспериментальное изучение упаковки и ее влияние на пористость и проницаемость песков проводилось также Д.Фразером (Fraser, 1936). Степень плотности упаковки зерен этим автором

Т а б л и ц а

Пористость и проницаемость упаковок идеальных шаров  
( $r = 0,005$  см)

Координационное число	Пористость, %	Проницаемость, дарси	Координационное число	Пористость, %	Проницаемость, дарси
3	77,7	524,1	8	39,5	9,35
4	66,0	138,1	9	38,7	8,57
5	59,7	72,8	10	30,2	3,14
6	47,6	23,7	11	28,2	2,42
7	43,9	14,9	12	26,0	1,78

устанавливалась по изменению объема агрегатов зерен ( $r = 1,5$  мм), что сопровождается уменьшением пористости их с 41% (рыхлая упаковка) до 37% (то же после встряхивания).

Однако в естественных образцах песчано-алевритовых пород определение координационного числа или угла  $\psi$  практически невозможно. В литературе известно несколько методов определения характера упаковки зерен песчано-алевритовых пород (Винзауэр и др., 1957; Kahn, 1956; Кринари, 1963).

В.Винзауэр для определения характера упаковки зерен в песчано-алевритовых породах пользовался величиной так называемого индекса упаковки, который равен относительному количеству контактов между зернами, составляющими породу. Определение этой величины осуществляется в шлифе под микроскопом, оснащенным микрометрической линейкой, которая принимается за линию пересечения, и по ней подсчитывается количество контактов между зернами и общее количество зерен, пересекаемых линейкой, причем при подсчете общего количества зерен они считаются по одному и тому же краю, по одной и той же границе.

Д.Кан (Kahn, 1956) при изучении характера упаковки зерен песчано-алевритовых пород учитывает, кроме характера взаимоотношений зерен друг с другом, количество самих зерен в породе. Характер взаимоотношений зерен друг с другом определяется величиной "индекса упаковки", по Винзауэру, который называется автором "близостью упаковки" и рассчитывается по формуле  $R_{\text{бл}} = \frac{q}{n}$ , где  $q$  - количество контактов между зернами, пересекаемое линейкой;  $n$  - общее количество зерен, пересекаемое линейкой (зерна считаются по одной стороне). Доля обломочного материала песчано-алевритовой размерности в породе определяется по формуле:

$$R_{\text{пл}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$$

где  $g_i$  - число делений микрометрической линейки, приходящееся на обломочные зерна;  $t$  - общая длина микрометрической линейки.

У нас в СССР изучение характера упаковки обломочных зерен песчано-алевритовых пород в связи с их коллекторскими свойствами проводилось А.И.Кринари (1963). Им определялась величина плотности упаковки ( $P_y$ ) зерен с помощью подсчета длины отрезков микрометрической линейки, приходящихся на зерна ( $a$ ), поры ( $b$ ) и цемент ( $v$ ). При этом подсчитывалось общее число границ зерен ( $k$ ) и число их непосредственных контактов ( $n$ ), а затем по формуле рассчитывалась плотность укладки:

$$P_y = \sqrt{\frac{\sum a}{\sum a + \sum b + \sum v}} \cdot \frac{n}{k}.$$

По величине плотности укладки А.И.Кринари выделяет породы со свободной укладкой ( $P_y < 0,75$ ), средней укладкой ( $P_y = 0,75 + \pm 0,85$ ) и плотной укладкой ( $P_y > 0,85$ ). Плотность укладки обломочного материала песчаников и алевритов имеет связь с их коллекторскими свойствами. Так, в породах со свободной укладкой зерна обломочного материала соприкасаются в точках и при незначительном содержании цемента (до 5%) они обладают высокой пористостью (более 20-25%) и высокой проницаемостью (более 1000 мд). При средней укладке зерна контактируют друг с другом по коротким граням. В случае малого содержания цемента породы обладают средней пористостью (15-20%) и средней проницаемостью (100-500 мд). При плотной укладке зерен, когда большинство их контактирует по длинным граням, открытая пористость пород не превышает 10-15%, а проницаемость 10-100 мд. Если рассмотреть выражение, по которому рассчитывается  $P_y$ , то видно, что первый член этого выражения

$\frac{\sum a}{\sum a + \sum b + \sum v}$  - не что иное, как величина плотности упаковки, по Д.Кану ( $P_{пл}$ ), второй член  $\frac{n}{k} = P_{бл}$  - параметр "близости" упаковки. Причем А.И.Кринари в число границ зерен ( $k$ ) не включает непосредственные контакты между зернами (?). Расчет же самой величины  $P_y$  затруднен необходимостью извлечения из-под корня, что в значительной степени затуманивает физический смысл величины. Нами при изучении влияния характера упаковки зерен песчано-алевритовых пород на их пористость и проницаемость принята величина отношения плотности упаковки к ее близости ( $P_y = \frac{P_{бл}}{P_{пл}}$ ), названная нами "параметром упаковки". Она учитывает и взаимоотношения между зернами и их долю в объеме породы.

Помимо взаиморасположения и количества зерен упаковка характеризуется типом межзерновых контактов. Выделяются следующие морфологические типы контактов между зернами: 1) смежные зерна сопряже-

ны друг с другом в одной точке — точечные или тангенциальные контакты; 2) смежные зерна сопряжены друг с другом по относительно протяженному отрезку прямой — линейные контакты; 3) сопряжение зерен происходит по относительно плавной кривой — выпукло-вогнутые контакты; 4) сопряжение зерен происходит по шиповидной линии — сутуровидные контакты.

При сравнении выделенных типов контактов бросается в глаза их различная протяженность в шлифах, которая увеличивается от точечных к сутуровым. Так как определение морфологических типов контактов несет в себе значительный элемент субъективизма, для количественного выражения характера контактов между зернами в породе целесообразно пользоваться величиной удельной протяженности контактов. Эта величина определяется по методике "случайных секущих" С.А.Салтыкова (1958). Практически она определяется следующим образом: просматривается шлиф через окуляр-микrometer и в каждом поле зрения подсчитывается количество пересечений линейкой контактов между зернами. Зная длину линейки и количество просмотренных полей зрения, находим суммарную протяженность секущих линий. Затем, разделив суммарное число точек пересечения межзерновых контактов, подсчитанное во всех полях зрения, на величину суммарной длины секущих, получим среднее число пересечений контактов микрометрической линейкой. Умножив эту величину на увеличение микроскопа, получим среднее число пересечений контактов между зернами на единицу длины микрометрической линейки ( $\bar{n}$ ). Далее по формуле  $\Sigma l = \frac{n}{2} \bar{n}$  определяем удельную протяженность  $\Sigma l$  контактов (границ) между зернами в шлифе (Черников, 1964).

Как показали исследования (Черников, 1969), между величиной удельной протяженности межзерновых контактов и эффективной пористостью (по П.П.Авдусину) песчано-алевритовых пород кварцевого состава с незначительным (до 3-5%) содержанием цемента существует весьма тесная связь, графическое изображение которой приведено на рис.2.

Иногда бывает важно определить степень ориентировки зерен породы. Для решения этой задачи в наших исследованиях мы применяем методику "направленных секущих" С.А.Салтыкова (1958). Существо этой методики заключается в том, что протяженность границ между зернами в породах с ориентированной укладкой будет максимальна в направлении, перпендикулярном ориентировке, и минимальна в параллельном направлении. Разность этих величин выражается в процентах и будет определять степень ориентировки структуры песчано-алевритовых пород. Определение этой величины производится следующим образом. Вначале определяется количество пересечений границ зерен линейкой

в направлении, параллельном ориентировке их, а последующие сечения проводятся под углами 10, 20, 30° и т.д. от первого. Из полученных значений числа пересечений контактов (границ) выбираются максимальное и минимальное, которые соответствуют протяженности границ зерен в перпендикулярном и параллельном ориентировке направлению. Затем по формуле

$$\frac{m_{\perp} - m_{\parallel}}{m_{\perp} - 0,571 m_{\parallel}} \cdot 100 \quad \text{определяем степень ориентировки зерен.}$$

В выработанный комплекс методов измерения литологических особенностей песчано-алевритовых пород входит методический прием, применяемый для определения формы обломочных зерен. Он сводится к определению соотношения короткой и длинной осей срезов зерен. Как показали исследования Д.Гриффитса (Griffiths, 1952), для слабо уплотненных песчаных коллекторов миссисипских отложений США их пористость находится в хорошей корреляционной связи с величиной этого соотношения.

#### Сложность структуры порового пространства песчано-алевритовых коллекторов

Одним из важнейших структурных параметров породы, определяющих фильтрационные ее свойства, является характер строения порового пространства. Петрографический метод изучения формы порового пространства относится к числу прямых методов исследования этой характеристики пород и получил весьма широкое распространение как у нас в СССР, так и за рубежом (Авдусин, Цветкова, 1938; Correns, 1942; и др.).

П.П.Авдусин для оценки сложности структуры порового пространства ввел понятие "гидравлической характеристики", которая представляет собой отношение периметра сечения поровых каналов ( $\ell$ ) к периметру эквивалентного по площади цилиндрического канала ( $L$ ) или величину ему обратную —  $\Phi = \frac{L}{\sum \ell}$ . Им была разработана методика определения этой величины, которая заключалась в зарисовке наиболее типичного участка шлифа (сделанного из породы, пропитанной окрашенным бакелитом) и в измерении периметров сечений поровых каналов на рисунке курвиметром, а также в определении площади поперечного сечения каналов — эффективной пористости —  $P_{\text{эф}}$ . Эти величины входят в формулу для расчета "гидравлической характеристики":

$$\Phi = \frac{0,2\pi^{3/2} R^2 \sqrt{P_{\text{эф}}}}{\sum \ell \cdot k},$$

где:  $R$  — радиус зарисовки в сантиметрах;  $P_{\text{эф}}$  — эффективная пористость;

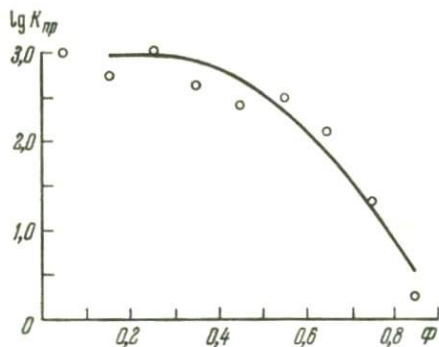


Рис.3. График зависимости проницаемости песчано-алевроитовых коллекторов пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения от сложности структуры их порового пространства  $\Phi$ .

$$K = 2,136 + 4,71\Phi - 6,7\Phi^2$$

$\ell$  — действительный периметр нормального сечения поровых каналов в сантиметрах на площади в  $1 \text{ см}^2$ ;  $k$  — увеличение микроскопа.

Несмотря на четкий физический смысл "гидравлической характеристики" и положительные результаты исследований П.П.Авдусина и др., эта методика не получила широкого распространения в связи со сложностью и высокой трудоемкостью выполнения исследований.

Неудобство других методик (Богомолова, Орлова, 1961; Ратуш, 1967; и др.) заключается в замене одной численной величины, характеризующей сложность структуры порового пространства, двумя-тремя параметрами.

В наших исследованиях для определения сложности структуры порового пространства мы воспользовались величиной "гидравлической характеристики", считая, что она имеет достаточно четкий физический смысл и находится в однозначной связи с коэффициентом формы, которым в геометрии определяется форма плоской фигуры —  $(\frac{S}{L^2})$ , где  $S$  — площадь фигуры и  $L$  — периметр ее.

Для расчета  $\Phi$  нами была применена методика определения "двухмерного фактора формы" —  $\Phi_2$  (Салтыков, 1958), который по существу аналогичен "гидравлической характеристике". Двухмерный фактор формы представляет собой отношение периметра круга, равновеликого по площади рассматриваемой фигуре, к периметру этой фигуры. Практическое определение двухмерного фактора формы основано на решении задачи Бюффона "об игле". Здесь мы не будем приводить всего вывода

формулы, а дадим ее в окончательной форме:

$$\Phi = \frac{8}{\sqrt{x}} \cdot \frac{\sqrt{Z}}{x},$$

где  $\bar{X}$  - среднее число пересечений контура фигуры (порового пространства) линиями сетки окуляра микроскопа;  $Z$  - среднее число узловых точек сетки, попавших внутрь контура фигуры (порового пространства);  $\pi = 3,14$ .

По этой методике были исследованы песчано-алевритовые коллекторы продуктивного пласта  $D_I$  Туймазинского месторождения. На основании полученных данных был составлен график связи между величиной  $\Phi$  и проницаемостью пород, приведенный на рис.3, а также рассчитаны коэффициенты корреляции и корреляционные отношения в этой связи:  $r = 0,78$ ;  $r = 0,87$ ;  $r = 0,91$ ; доверительные интервалы при 95% вероятности -  $0,6 + 0,98$ .

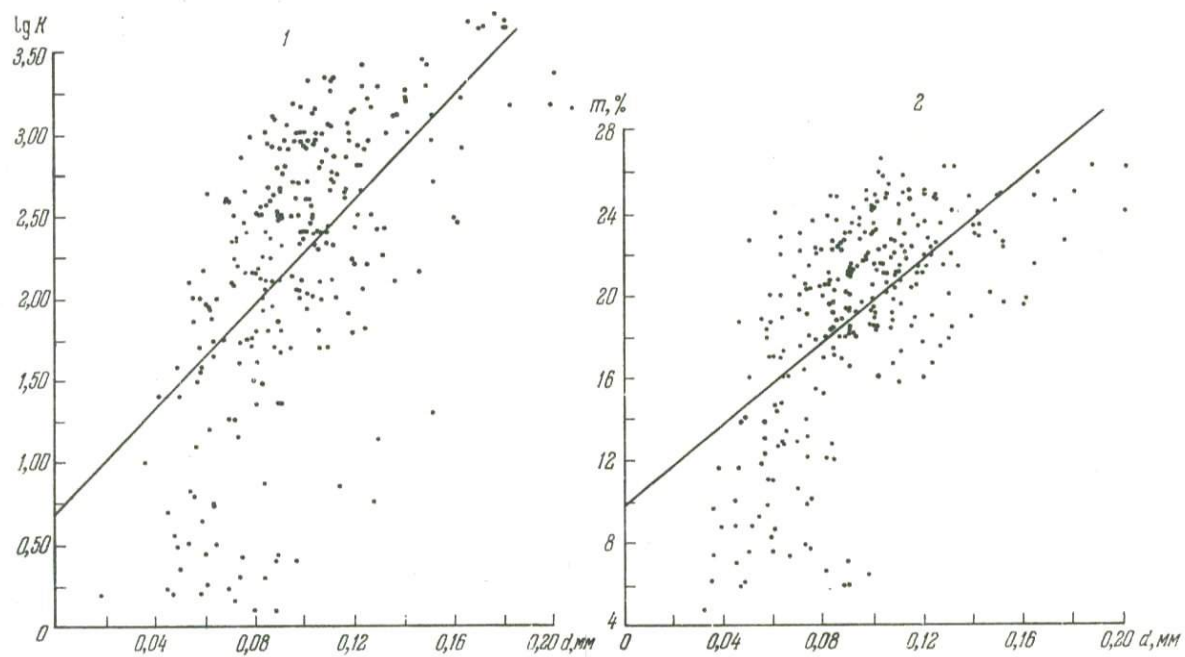
Для выяснения влияния литологических характеристик песчано-алевритовых пород на величину, определяющую сложность порового пространства ( $\Phi$ ), был проведен корреляционный анализ между этими величинами. Коэффициенты линейной корреляции следующие:

Коррелируемый параметр	Коэффициент корреляции	Доверительный интервал при 95% вероятности
Средний диаметр зерен.....	0,49	0,47-0,81
Коэффициент сортировки....	0,17	0,01-0,44
Параметр упаковки .....	0,36	0,06-0,60
Содержание цемента .....	0,70	0,50-0,83

Анализ матрицы частных коэффициентов корреляции между величиной  $\Phi$  (по методике П.П.Авдусина и А.С.Салтыкова) и литологическими особенностями позволил выявить из их совокупности доминирующий литологический фактор, который определяет главным образом сложность структуры порового пространства - этим параметром оказалось содержание цементирующего материала в породе.

Предлагаемая методика определения сложности структуры порового пространства имеет преимущества перед остальными. При простоте выполнения значение определяется для всего препарата, а не для отдельного участка. Она позволяет количественно оценивать не только влияние  $\Phi$  на фильтрационные способности породы, но и влияние литологических особенностей на величину  $\Phi$ .

Численное выражение литологических характеристик песчано-алевритовых пород по приведенному выше комплексу методов позволяет применять методы математической статистики (Вентцель, 1962) количественно



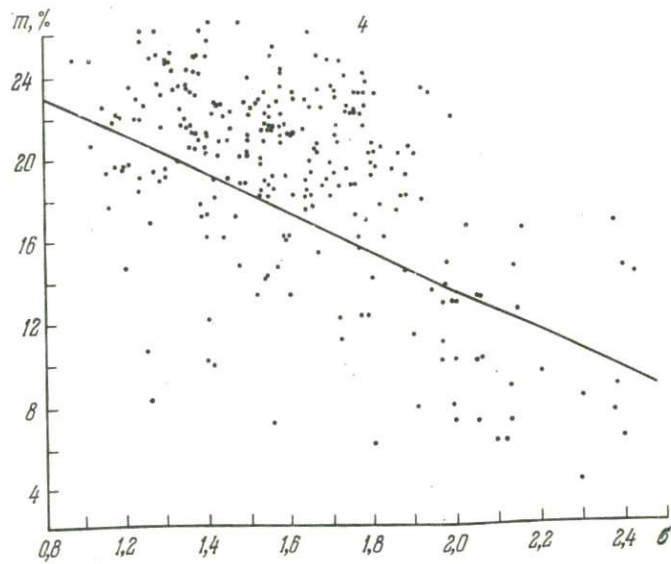
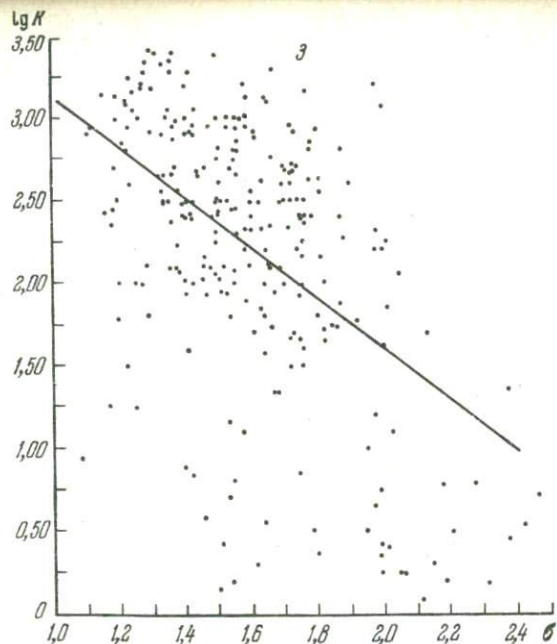
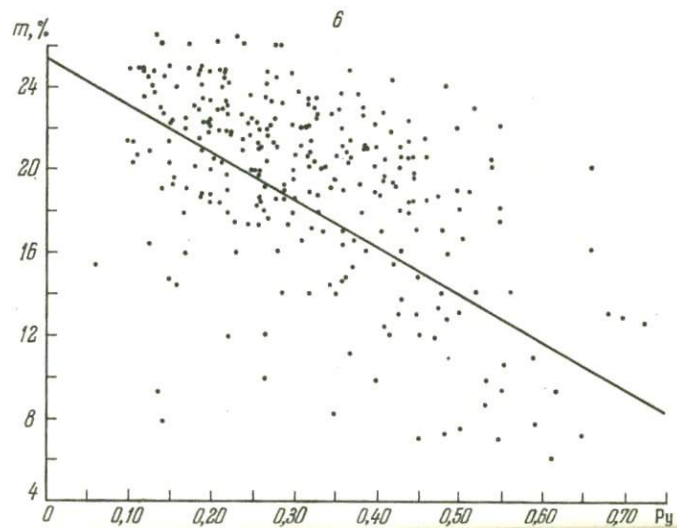
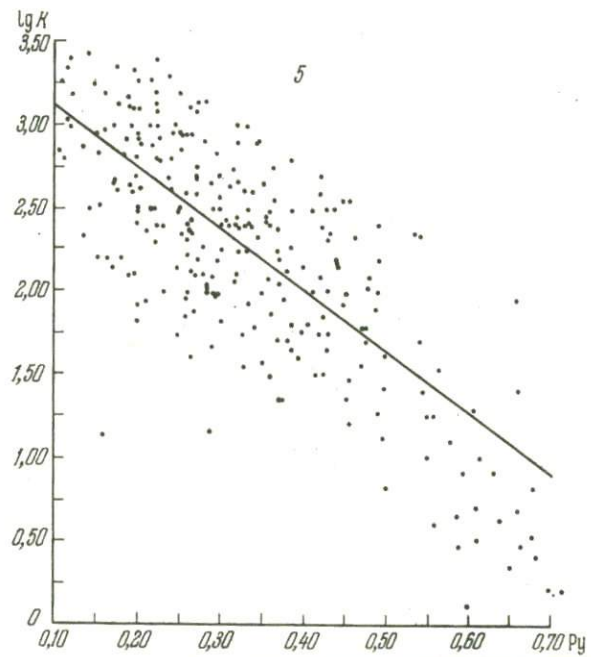


Рис.4. График зависимости пористости и проницаемости песчано-алевритовых коллекторов пласта Д<sub>1</sub> Тумазинского месторождения от их литологических особенностей

1 - проницаемость ( $\lg K$ ) - средний диаметр зерен ( $d$ )  $\lg K = 0,68 + 15,79 d$ ,  $r = 0,57 \pm 0,04$ ;  
 2 - пористость ( $m$ ) - средний диаметр зерен ( $d$ )  $m = 9,88 + 98,46 d$ ,  $r = 0,60 \pm 0,04$ ;  
 3 - проницаемость ( $\lg K$ ) - коэффициент сортировки обломочных зерен ( $\sigma$ )  $\lg K = 5,3 - 1,52 \sigma$ ,  $r = -0,51 \pm 0,05$ ;  
 4 - пористость ( $m$ ) - коэффициент сортировки обломочных зерен ( $\sigma$ )  $m = 32,72 - 9,6 \sigma$ ,  $r = -0,57 \pm 0,04$ ;



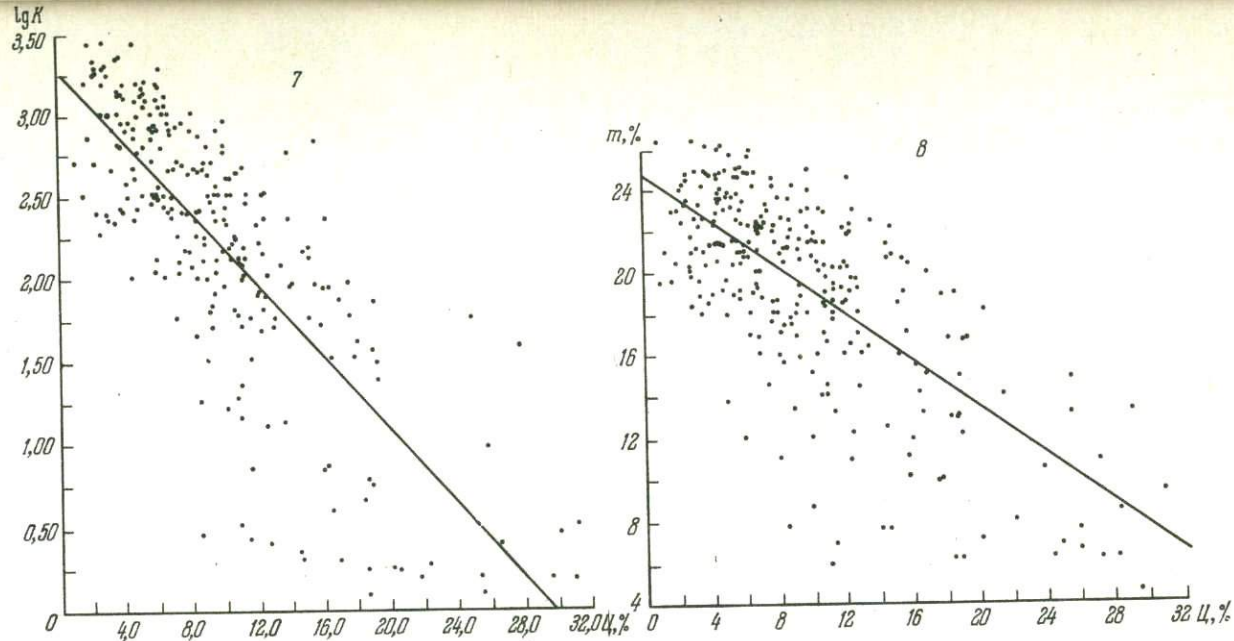


Рис.4 (продолжение)

5 - проницаемость ( $\lg K$ ) - параметр упаковки зерен ( $P_y$ )  $\lg K = 3,49 - 3,7 P_y$ ,  $r = -0,71 \pm 0,03$ ;  
 6 - пористость ( $m$ ) - параметр упаковки ( $P_y$ ),  $m = 33,46 - 18,06 P_y$ ,  $r = -0,52 \pm 0,04$ ; 7 - проницаемость ( $\lg K$ ) - содержание цемента ( $\text{Ц}$ )  $\lg K = 3,29 - 0,11 \text{ Ц}$ ;  $r = -0,78 \pm 0,02$ ; 8 - пористость ( $m$ ) - содержание цемента ( $\text{Ц}$ )  $m = 24,9 - 0,57 \text{ Ц}$ ,  $r = 0,70 \pm 0,03$

оценить их влияние на коллекторские свойства и выявить из совокупности особенностей доминирующие, которые главным образом определяют коллекторские свойства пород.

В качестве примера приведем результаты комплексного количественного литологического анализа песчано-алевритовых коллекторов пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения, которые представлены в виде графиков зависимостей между литологическими и коллекторскими свойствами (рис.4).

Мономинеральный кварцевый состав обломочной части пород пласта предопределяет их высокие коллекторские свойства, а незначительные изменения петрографо-минералогического состава не оказывают существенного влияния на пористость и проницаемость.

Анализ матрицы частных коэффициентов корреляции позволил установить, что содержание цементирующего материала и характер упаковки обломочных зерен являются доминирующими литологическими особенностями, которыми главным образом и определяются пористость и проницаемость песчано-алевритовых коллекторов пласта Д<sub>1</sub>.

Количественное выражение литологических особенностей позволило с помощью многомерного корреляционного анализа, проведенного на ЭВМ, получить математическую модель пористости и проницаемости пород пласта Д<sub>1</sub>. После некоторых сокращений они имеют следующий вид:

$$K_{п} = 0,28 - 0,425 \frac{\sum \text{ц} \cdot \sigma}{K_{в}} - 0,063 \frac{\sum \text{ц} \cdot \sigma}{P_{у}} + 0,139 \frac{(0,01)}{K_{в}} ;$$

$$K_{пр} = 0,89 + 0,267 \frac{d \cdot \sigma}{\sum \text{ц}} - 0,55 \frac{(0,01) K_{в}}{\sum \text{ц}} - 0,85 \frac{d \cdot P_{у}}{\sum \text{ц}} ,$$

где:  $\sum \text{ц}$  - содержание цемента;  $\sigma$  - коэффициент сортировки; 0,01 - содержание глинистого материала;  $P_{у}$  - параметр упаковки;  $K_{в}$  - содержание устойчивых компонентов.

Эти же данные позволили вывести уравнение дискриминантной функции (Фишер, 1958), служащей для нахождения многомерного критерия, по которому из совокупности пород можно выделить коллекторы (породы с пористостью > 10%) и неколлекторы (с пористостью < 10%).

$$R = 24,0305 d - 0,135 \sigma - 0,088 (0,01) + 0,097 P_{у} + 0,0037 \sum_{уст} + 0,062 \sum \text{ц} .$$

Точность анализа по данному выражению  $\pm 5\%$  (условные обозначения те же). При дискриминантном индексе более 2,38 породы обладают пористостью > 10%; при значении дискриминантного индекса < 2,38 породы обладают пористостью < 10%.

Таким образом, разработанный комплекс методов количественного выражения литологических особенностей песчано-алевритовых коллекторов позволяет объективно оценить их влияние на коллекторские свойства-пористость и проницаемость.

### Л и т е р а т у р а

- Авдусин П.П. Грязевые вулканы (петрографическое исследование). М., Изд-во АН СССР, 1948.
- Авдусин П.П., Батурич В.П., Варова З.В. Опыт определения влияния минералогического состава песков на фильтрацию через них нефти. - Нефтяное хозяйство, 1937, № 1.
- Авдусин П.П., Цветкова М.А. О "структуре" поровых пространств песчаных коллекторов нефти.- Докл.АН СССР, 1938, т.20, № 2-3.
- Алиев А.Г. Влияние петрографического состава на пористость и проницаемость коллекторов. В кн.: Труды нефтяной экспедиции АН АзССР, т.1. Баку, 1953.
- Батурич В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., Изд-во АН СССР, 1947.
- Богомолова А.Ф., Орлова Н.А. Количественная характеристика структуры порового пространства. - Ж. прикладной математики и технической физики, 1961, № 4.
- Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Физматгиз, 1962.
- Вистелиус А.Б. О необходимом числе зерен при подсчете в иммерсии.- Зап. Всес. мин.об-ва, 1951, ч.80, вып.3.
- Вистелиус А.Б. Задачи геохимии и информационные меры. - Сов.геол., 1964, № 12.
- Винзауэр В.О., Шерин (мл.) Х.М., Массон П.Х., Вильямс М. Соотношение между геометрией порового пространства и электрическим сопротивлением песков, насыщенных минерализованной водой. В сб.: Вопросы промышленной геофизики. М., Гостоптехиздат, 1957.
- Глаголев А.А. Геометрические методы количественного анализа агрегатов под микроскопом. Львов, Госгеолиздат, 1941.
- Гурова Т.И., Кондрина К.С., Послова М.М., Конгарович А.Э. Опыт применения математической статистики при изучении коллекторов нефти (Западная Сибирь).- Геол. нефти и газа, 1968, № 6.
- Елфимов Т.Н. Геометрические соотношения между объемной пористостью и наименьшим живым сечением песков.- Разведка и охрана недр, 1940, № 1.
- Кринари А.И. Коллекторы нефти.- Труды Казанского фил. АН СССР, серия геол., 1963, вып.6.
- Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. М., Металлургиздат, 1958.

- Смирнова Н.В. Типы цемента в песчаниках и алевролитах.- Труды ИГи  
ПИМ, АН СССР, 1961, т.1.
- Регуш В.А. Новый петрографический метод изучения геометрии поро-  
вого пространства песчаных пород.- Нефтегазовая геология и гео-  
физика. Текущая информация. ВНИИОЭНГ, 1967, № 4.
- Фишер Р.А. Статистические методы для исследователей. М., ИЛ, 1958
- Ханин А.А. К вопросу о влиянии содержания цемента в песчаных поро-  
дах на значение проницаемости и пористости.- Труды ВНИИГаз,  
1951, вып.232.
- Цветкова М.А. Влияние минералогического состава песчаных пород на  
фильтрующие способности и нефтеотдачу.- Труды Ин-та нефти АН  
СССР, 1954, т.3.
- Черников О.А. К методике определения степени измененности структу-  
ры обломочных пород. - Литология и полезные ископаемые, 1964,  
№ 6.
- Черников О.А. Преобразование песчано-алевритовых пород и их пори-  
стость. М., "Наука", 1969.
- Яелом А.М., Яглом А.А. Вероятность и информация. М., Физматгиз,  
1960.
- Correns C.W. Die Messung der Durchlassig der Gesteine. - Erdol  
u.Kohl., 1942, v. 38.
- Engelhardt W., Pitter H. Über der Zusammenhänge zwischen Poro-  
sität, Permeabilität und Korngrosse bei Sanden und Sandsteinen.  
- Heidelberger Beitr.Min.Petrogr., 1951, v. 2.
- Fraser H.J. Experimental study of the porosity and permeability  
of clastic sediments. - J.Geol., 1936, v.43.
- Griffiths J. Measurements of the Properties of sand. - Bull.Geol.  
Soc.Amer., 1952, v.63, N 12.
- Kahn D. The analysis and distribution of the properties of pack-  
ing in sand-size sediments. - J.Geol., 1956, v.64, N 4,6.
- Rosival A. Über geometrische Gesteinsanalysen. 1898. Verh.der  
k.k.Geol.Reichsanstalt. Wien.

ВЛИЯНИЕ ПЕЛИТОВОГО ЦЕМЕНТА НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА  
ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД НИЖНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Среди комплекса литологических параметров (гранулометрический состав, степень отсортированности, характер укладки обломочных зерен и др.), влияющих на емкостные и фильтрационные свойства гранулярных пород-коллекторов, одним из наиболее существенных является их цементация. Цементирующий материал может быть как первичным (аллотигенным и хемогенным), так и вторичным, образованным в стадии катагенеза. Нами сделана попытка выявить влияние аллотигенного глинистого цемента на общую пористость и проницаемость мелкозернистых песчаников, залегающих на различных глубинах. В качестве объекта исследования взяты образцы песчаников из продуктивных (I и II) горизонтов нижнего мела, формировавшихся в сравнительно спокойных платформенных условиях.

Исследованию (шлифы и гранулометрический анализ) подверглись песчаники полевошпатово-кварцевого и глауконитово-кварцевого состава с каолиново-гидрослюдистым цементом контактно-порового и порового типов цементации. В качестве необходимого условия было принято равномерное распределение глинистого материала по породе и полное отсутствие в образцах карбоната кальция (лишь отдельные образцы имели до 2%  $\text{CaCO}_3$ ).

Известно, что глинистые песчаники под действием нагрузки вышележащих толщ слабо уплотняются вследствие отжатия седиментационной поровой воды и более компактной укладки глинистых частиц. В результате этого первичная структура порового пространства заметно сокращается.

Исследуемые песчаники залегают на различных глубинах: 1250 - 1450 м на Ростовском своде (Кущевская площадь); 1800 - 2200 м на Староминско-Ленинградском вале; 2000 - 2500 м на Ставропольском своде (Армавирская, Трехсельская и другие площади); 2300 - 2700 м на Каневско-Березанском вале (Сердюковская, Березанская и другие площади); 3200 - 3500 м на Усть-Лабинском вступе (Некрасовская, Усть-Лабинская, Ладожская и другие площади). Максимальные глубины залегания - от 2800 - 3500 до 4400 м - характеризуют наиболее погру-

женную часть Западного Предкавказья - Ейскую впадину с площадями Тихорецкой, Крпоткинской, Темиргоевской и др.

Выявление зависимости пористости от содержания пелитовой фракции и от глубины погружения песчаных пород проводилось с применением математической статистики - корреляционного анализа. С этой целью последовательно, начиная с глубины 1250 м, через каждые 100 м определялась зависимость пористости и проницаемости от содержания пелитовой фракции. Одновременно проводилось детальное исследование песчаных пород в шлифах.

Высокий коэффициент корреляции ( $r = 0,85 - 0,9$ ) между пористостью и содержанием глинистого цемента наблюдается в песчаных породах, залегающих на глубинах 1250 - 2000 м. В интервале указанных глубин глинистый материал (по данным изучения шлифов) характеризуется слабой степенью изменения. Глинистое вещество имеет каолиново-гидрослюдистый состав и спутанноволокнистую микроструктуру.

В интервале 2000 - 2900 м коэффициент корреляции изменяется от 0,65 до 0,8. При этом не наблюдается закономерного снижения коэффициента корреляции с глубиной.

В шлифах глинистое вещество цемента имеет уже ориентированную микроструктуру.

Полное отсутствие корреляционной зависимости между пористостью и содержанием пелитовой фракции устанавливается на глубинах свыше 2900 - 3400 м ( $r = 0,16 - 0,22$ ). Здесь глинистое вещество в цементе песчаных пород характеризуется неясно выраженной плейчатой микроструктурой.

В интервале 3400 - 3500 м и глубже снова наблюдается слабая корреляционная связь между содержанием глинистого материала в составе цемента песчаников и пористостью ( $r = 0,53$ ). В данном интервале глубин глинистое вещество имеет более ясно выраженную плейчатую микроструктуру.

Данные изучения песчаных пород в шлифах показали, что в породах-коллекторах гранулярного типа с погружением их на значительные глубины (свыше 2000 м) изменение пористости имеет более сложный характер, чем обычное сужение поровых каналов. Известно, что по мере погружения пород на глубинах, помимо увеличения гравитационного давления, увеличивается и температура циркулирующих по породе растворов. При повышенных давлениях и температуре ускоряются процессы взаимодействия подземных вод с вещественным составом пород, что вызывает образование новых аутигенных минералов, которые запечатывают первичные поры, не занятые цементом, и тем самым резко снижают емкостные и фильтрационные свойства песчаников. В исследуемых породах-коллекторах на глубинах до 2000 м со-

кращение объема пор происходит в результате компактной упаковки обломочных зерен, т.е. их взаимного смещения (механическое уплотнение).

На глубинах свыше 2000 м сокращение и усложнение первичной структуры порового пространства происходит как под действием механического уплотнения, так и за счет образования вторичных аутигенных минералов (химического уплотнения). В исследуемых породах-коллекторах в интервале 2000–2900 м глинистое вещество заметно хлопчатизировано. Хлорит встречается то в виде мелких чешуек 0,04 – 0,09 мм, то образует пакеты до 0,2 мм. В образцах песчаников, где отмечаются мелкие чешуйки хлорита, коэффициент корреляции между пористостью и содержанием глинистого цемента обычно выше, чем в песчаниках, в которых присутствуют более крупные частицы хлорита. Кроме того, на глубинах 2900–3000 м начинает появляться в порах опаловидный кремнезем и слабая регенерация кварца.

Отсутствие прямой корреляционной зависимости в интервале 2900 – 3400 м, по-видимому, следует объяснять раскристаллизацией глинистого вещества с выделением в порах породы опаловидного кремнезема. В связи с этим несмотря на уменьшение содержания пелитовых частиц увеличения пористости не наблюдается, так как отложившаяся  $SiO_2$  не только сужает поровые каналы, но и запечатывает первичные поры. Поэтому на больших глубинах в песчано-алевритовых породах появляется микротрещиноватость и они относятся к трещинно-поровому типу коллектора (при условии отсутствия влияния инфильтрационных вод).

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПРОНИЦАЕМОСТИ ГРАНУЛЯРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Одной из важнейших характеристик песчано-алевритовых пород является их удельная поверхность, которая характеризует степень однородности и дисперсности этих пород.

Между коллекторскими свойствами пород и их удельной поверхностью существует связь, которая выражается уравнением:

$$K = \frac{m^3 \cdot 2 \cdot 10^7}{(1-m)^2 \cdot S^2}, \quad (1)$$

где:  $K$  - проницаемость в дарси;  $m$  - пористость в долях единицы;  $S$  - удельная поверхность в  $\text{см}/\text{см}^2$ .

Используя лабораторные определения пористости и проницаемости, по формуле (1) были определены удельные поверхности песчано-алевритовых пород пласта  $D_7$  Туймазинского месторождения.

Удельная поверхность зависит от гранулометрического состава и содержания цемента в породе. Между удельной поверхностью, рассчитанной по формуле (1), и средним диаметром пород-коллекторов существует корреляционная связь, изображенная на рис.1. Коэффициент корреляции  $r = 0,77$ , а корреляционное отношение -  $\eta = 0,84$ .

Как видно из кривой корреляционной связи, удельная поверхность уменьшается с увеличением среднего диаметра зерен породы. Породы-коллекторы пласта  $D_7$  Туймазинского месторождения представлены в основном мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Минимальное значение удельной поверхности этих пород находится в пределах  $350-400 \text{ см}/\text{см}^2$ . Особенно резкое увеличение удельной поверхности характерно для алевролитов, т.е. при уменьшении среднего диаметра зерен от  $0,1$  до  $0,05$  мм. Максимальное значение удельной поверхности для пород-коллекторов пласта  $D_7$  равно  $3000-3500 \text{ см}/\text{см}^2$ .

Как было сказано выше, значительное влияние на удельную поверхность оказывает содержание цементирующего вещества в породе, т.е. в основном глинистости.

Корреляционная связь между удельной поверхностью, рассчитанной по формуле (1), и содержанием цемента в породе показана на рис.2. Корреляционное отношение равно  $\eta = 0,9$ . Эта связь выражается уравнением:

$$S_p = 6650 C + 307, \quad (2)$$

где  $S_p$  - удельная поверхность, рассчитанная по пористости и проницаемости;  $C$  - содержание цемента в процентах.

Установив приведенные выше корреляционные связи, была предпринята попытка определения удельной поверхности гранулярных пород-коллекторов по гранулометрическому составу и содержанию цемента в них.

Удельная поверхность песчано-алевритовых пород-коллекторов пласта  $D_I$  Туймазинского месторождения определялась по формуле (3), выведенной В.Энгельгардтом и Х.Питтером (Engelhardt, Pitter, 1951) для рыхлых, неуплотненных песков и песчаников с помощью моделирования пласта и теоретических закономерностей

$$S_2 = S \cdot q, \quad (3)$$

где  $S$  - удельная поверхность, рассчитанная по гранулометрическому составу

$$\bar{S}_r = \frac{P_1}{r} + \frac{P_2}{r_2} + \dots + \frac{P_i}{r_i}, \quad (4)$$

где  $P_1$  - процентное содержание фракции;  $r$  - средний радиус зерен этой фракции в сантиметрах;  $q$  - величина, определяющая форму зерен породы, и зависит от того, насколько зерна отличаются от шарообразной формы.

Для рыхлых песков и слабо сцементированных песчаников  $q$  принято равным 3,5.

Удельная поверхность пород-коллекторов пласта  $D_I$  рассчитывалась по гранулометрическому составу, определенному в шлифах под микроскопом.

Сравнивая удельные поверхности, рассчитанные по формуле (1), и удельные поверхности пород, определенные по их гранулометрическому составу, можно заметить, что они довольно близки между собой в том случае, когда содержание цементирующего материала в породе незначительно. Отношение этих величин в среднем равно 0,987 для пород, содержащих не свыше 8-10% цемента. Максимальное отклонение от этой величины - 1,11, а минимальное - 0,92. Расчетная величина  $q$  для этих пород почти равна принятой и составляет в среднем 3,48.

Для пород, содержащих цемента свыше 10%, это отношение равно в среднем 1,85, т.е. удельная поверхность, рассчитанная по гранулометрическому составу, почти вдвое меньше действительной.

Следовательно, для песчано-алевритовых пород-коллекторов пласта  $D_I$  Туймазинского месторождения, содержащих цемента не свыше 10%, можно определять удельную поверхность по гранулометрическому составу этих пород по формулам (3) и (4), принимая  $q = 3,5$ . Данные исследования приведены в таблице (I-10).

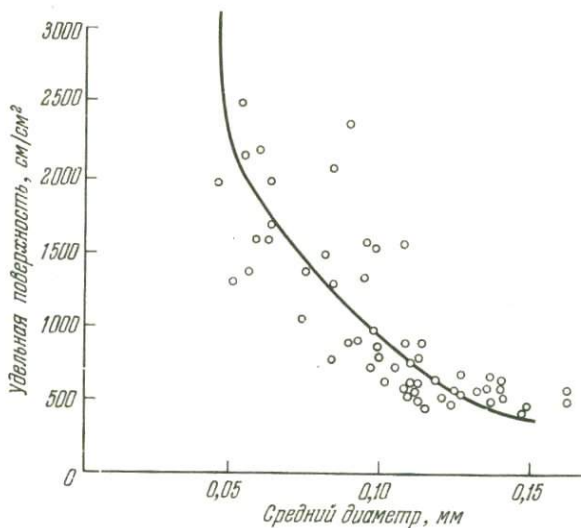


Рис.1. График зависимости удельной поверхности от среднего диаметра

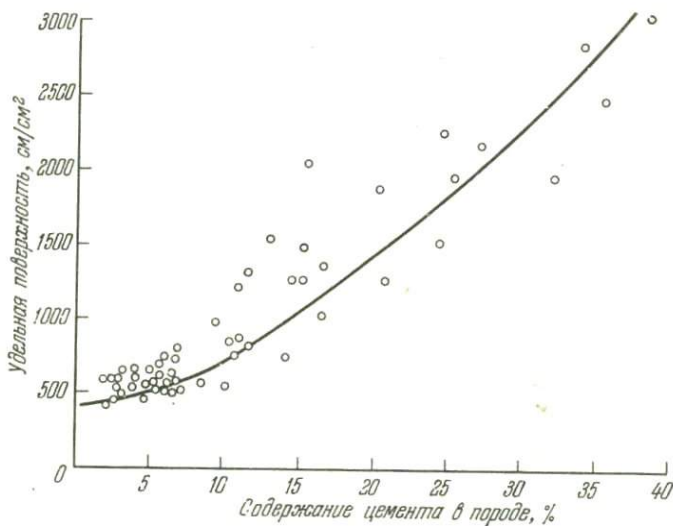


Рис.2. График зависимости удельной поверхности от содержания цемента

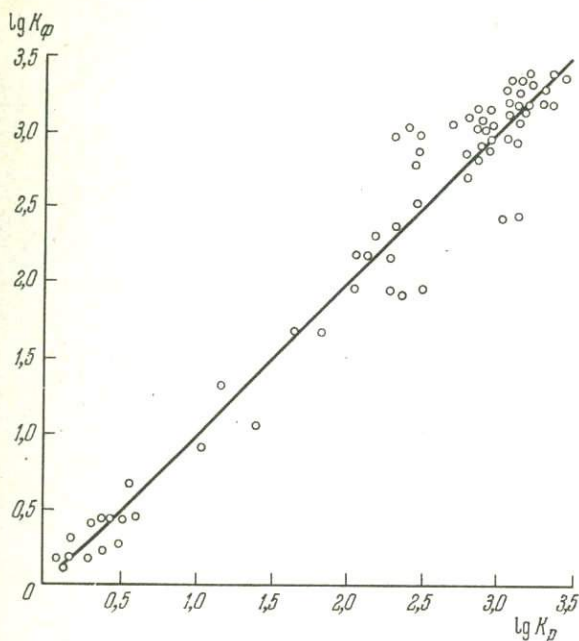


Рис.3. График связи фактической и расчетной проницаемости

Глинистые песчаники и алевролиты не подчиняются рассмотренным выше закономерностям, свойственным слабосцементированным и рыхлым породам, так как повышение глинистости и содержание диагенетического цемента изменяют геометрию поровых пространств пород, а следовательно и увеличивают их поверхность.

Так как для глинистых пород удельная поверхность зависит в основном от содержания в породе цементирующего вещества, то, используя описанную выше корреляционную связь между удельной поверхностью и количеством цемента в породе и применив расчетное уравнение этой связи (формула 2), можно определить удельную поверхность для глинистых пород по содержанию в них цемента.

Расчитанные удельные поверхности для глинистых пород в этой методике близки фактическим. Отношение фактической удельной поверхности к удельной поверхности, определенной по глинистой фракции ( $S_c$ ), составляет 1,08. Максимальное отношение 1,33, минимальное — 0,86.

Определив значение удельной поверхности песчано-алевритовых пород по гранулометрическому составу и по содержанию цемента, можно

Т а б л и ц а

Сравнение значение расчетной проницаемости с проницаемостью, определенной по образцу

№ образца	Пори- стость, %	K <sub>Ф</sub> , дарси	Содержание цемента, %	Удельная поверхность			S <sub>p</sub> S <sub>г</sub>	S <sub>p</sub> S <sub>с</sub>	K <sub>г</sub> , дарси	K <sub>с</sub> , дарси	K <sub>Ф</sub> /K <sub>г</sub>	K <sub>Ф</sub> /K <sub>с</sub>
				S <sub>p</sub> , см/см <sup>2</sup>	S <sub>г</sub> , см/см <sup>2</sup>	S <sub>с</sub> , см/см <sup>2</sup>						
55	23,5	0,576	4,8	875	868	640	1,01	1,29	0,589	0,391	0,98	1,47
56	21,9	1,360	5,3	503	527	659	0,95	0,78	1,210	0,717	1,13	1,89
61	24,8	2,310	2,6	465	518	490	0,95	0,92	2,010	1,800	1,14	1,26
71	25,0	1,500	5,6	708	761	680	0,93	1,05	1,361	1,460	1,10	1,01
73	24,8	1,000	6,6	740	695	745	1,06	0,99	1,100	0,90	0,896	0,90
74	24,1	0,745	6,8	808	733	755	1,09	1,02	0,900	0,780	0,83	0,91
84	24,9	1,350	3,9	638	747	573	0,96	1,11	1,309	1,429	1,03	0,80
85	24,8	1,200	4,8	670	650	619	1,03	1,08	1,276	1,340	0,96	0,89
91	23,6	1,550	2,8	540	580	500	0,92	1,08	1,320	1,400	1,17	1,11
132	26,1	1,450	5,3	670	600	620	1,11	1,08	1,560	1,510	0,93	0,94
17	19,6	0,360	10,7	780	886	1018	0,89	0,86	0,300	0,263	1,20	1,27
57	17,0	0,025	24,4	1630	676	1940	2,30	0,88	0,050	0,024	0,50	1,05
49	14,0	0,0015	27,0	2200	1000	2100	2,20	1,04	0,036	0,0015	0,05	1,00
14	20,7	0,129	15,1	1480	840	1310	1,80	1,12	0,395	0,161	0,32	0,80
62	12,4	0,008	14,5	1292	921	1270	1,40	1,01	0,055	0,0105	0,15	0,80
67	11,0	0,0045	12,3	1580	1088	1224	1,45	1,26	0,016	0,005	0,28	0,90
80	14,5	0,045	11,0	1221	537	1038	2,29	1,17	0,290	0,060	0,15	0,75
53	18,0	0,100	11,8	1330	1008	1092	1,32	1,21	0,173	0,130	0,58	0,77
27	14,7	0,0096	38,1	3068	1211	2901	2,29	1,03	0,062	0,0104	0,15	0,92
6	8,6	0,003	18,2	2024	1210	1590	1,72	1,33	0,011	0,004	0,27	0,73

рассчитать проницаемость этих пород по формуле (I). Сравнивая расчетные проницаемости образцов с проницаемостями, определенными в лаборатории для этих же образцов, можно заметить, что эти величины близки между собой (см. таблицу).

Для глинистых пород  $\frac{K_{\phi}}{K_p} = 0,9$ , а для менее глинистых  $\frac{K_{\phi}}{K_p} = 1,02$ .

Была выявлена корреляционная связь между фактическими проницаемостями пород и расчетными по удельной поверхности. Коэффициент корреляции  $r = 0,93$  и уравнение связи  $\lg K_{\phi} = 1,05 \lg K_p - 0,03$ .

График связи показан на рис.3. Как видно, расчетные проницаемости близки к определенным по образцам.

Таким образом, для рыхлых песков и песчаников удельная поверхность достаточно точно определяется по гранулометрическому составу, принимая  $q = 3,5$ .

Для глинистых песчаников и алевролитов пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения удельная поверхность определяется по содержанию глинистой фракции также с достаточной точностью.

По данным удельной поверхности пород и их пористости по формуле (I) можно рассчитать проницаемость этих пород.

Для определения удельной поверхности по гранулометрическому составу были взяты данные не ситового анализа, а данные гранулометрического состава, определяемого по шлифам, под микроскопом, что также удовлетворяет расчетным данным.

#### Л и т е р а т у р а

- Engelhardt W., Pitter H. Über die Zusammenhänge zwischen Porosität, Permeabilität und Korngröße bei Sanden und Sandsteinen. - Heidelberg Beitr.Min.Petrogr., 1951, v.2.

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ПЛАСТА Д<sub>1</sub>  
ТУЙМАЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ  
СВОЙСТВА

---

Эпигенетические преобразования песчано-алевритовых пород девонских отложений Волго-Уральской области связаны с растворением кварца на контактах зерен под действием гравитационного давления и переотложением растворенной кремнекислоты вокруг кварцевых зерен с образованием регенерационных оболочек различной толщины и конфигурации (Копелиович, 1965; Прозорович, Валуженич, 1966; Зарипов, 1967).

Целью настоящей работы являлось изучение эпигенетических преобразований пород-коллекторов пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения как в нефтяной части пласта, так и в водоносной, и исследование их влияния на коллекторские свойства.

Терригенные породы-коллекторы пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения представлены в основном кварцевыми (85-99%) хорошо отсортированными мелкозернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами. Алевро-песчаники сложены полуокатанными, менее окатанными, сферичными зернами кварца. Иногда значительная часть зерен регенерирована до кристаллических очертаний, образуя как бы "кварцитовую" структуру (Смирнова, 1961).

Цемент в этих породах смешанного типа в основном контактный, кварцево-регенерационный, отдельными участками глинистый порового типа. Карбонатный цемент слабо влияет на проницаемость песчаных пластов, так как его количество не превышает 3-5%.

В результате изучения петрографического состава и определения пористости и проницаемости кернов установлено, что изменение коллекторских свойств песчано-алевритовых пород пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения при прочих равных условиях зависит от степени регенерации и окварцевания, которые наблюдаются всюду, но с разной интенсивностью в крупно- и мелкозернистых породах-коллекторах, а также в нефтеносных и водоносных частях пласта Д<sub>1</sub>.

Регенерация зерен кварца развита преимущественно в водоносных алевролитах и мелкозернистых песчаниках, которые, обладая большой поверхностью пор и значительной поверхностной энергией слагающих

компонентов, потенциально более активны и весьма чувствительны ко всевозможным изменениям. Из-за их небольшой проницаемости и, следовательно, более застойного режима вод, насыщающих эти породы, при растворении кварца на контактах зерен под давлением происходит перенасыщение пластовых растворов кремниесилой, излишки которой откладываются тут же, регенерируя обломочные зерна кварца. В хорошо проницаемых песчаниках растворенный кремнезем не концентрируется в застойных зонах, а переносится в направлении стока подземных вод (Зарипов, 1967).

Для исследования эпигенетических преобразований брались сравнительно однородные песчаники и алевролиты с примерно одинаковой гранулометрической характеристикой и с минимальным содержанием сингенетического цемента как внутри контура нефтеносности, так и за контуром в водоносной части пласта.

В шлифах подсчитывались контакты растворения в процентах от общего количества межзерновых контактов на породу, а также количество регенерированных зерен в процентах от общего количества зерен в породе как для водоносных, так и для нефтенасыщенных песчаников и алевролитов. Кроме того, для тех же пород подсчитывалось количество аутигенного кварца в процентах от породы.

На рис.1 приведены результаты исследований.

Из полученных результатов видно, что количество контактов растворения, регенерированных зерен и количество аутигенного кварца в водоносной части залежи пласта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения значительно больше, чем в нефтяной. Так, количество контактов растворения и регенерированных зерен в водоносной части залежи в среднем соответственно равно 32,5 и 25,1%, а в нефтенасыщенных песчаниках 20 и 6,7%. Содержание аутигенного кварца оказалось минимальным (1,21%) в нефтеносных и максимальным (6,15%) в водоносных породах пласта Д<sub>1</sub>.

Большой разброс точек в водоносной части пласта на рис.1 обуславливается наличием участков с различной крупностью зерен, что приводит к различной степени регенерации зерен. Резкое уменьшение количества аутигенного цемента и содержания регенерированных зерен в нефтяной части пласта связано с заполнением ловушки нефтью в процессе формирования в геологическом прошлом нефтяной залежи, что повлекло за собой вытеснение воды из пор породы и прекращение эпигенетического растворения и минералообразования.

Резкое уменьшение количества аутигенного цемента и количества регенерированных зерен кварца в нефтяной части пласта Д<sub>1</sub> по сравнению с водоносной говорит о сравнительно непродолжительном (в геологическом смысле) времени формирования залежи нефти. На это же

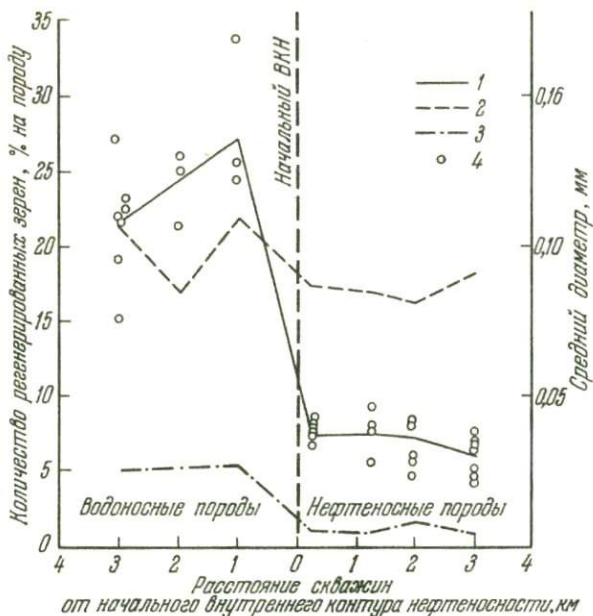


Рис.1. Зависимость эпигенетических преобразований кварца от расстояния до внешнего контура нефтеносности

1 - линия средних количеств регенерированных зерен;  
 2 - линия средних диаметров зерен; 3 - линия средних значений содержания аутигенного кварца; 4 - фактическое содержание регенерированных зерен в отдельных образцах

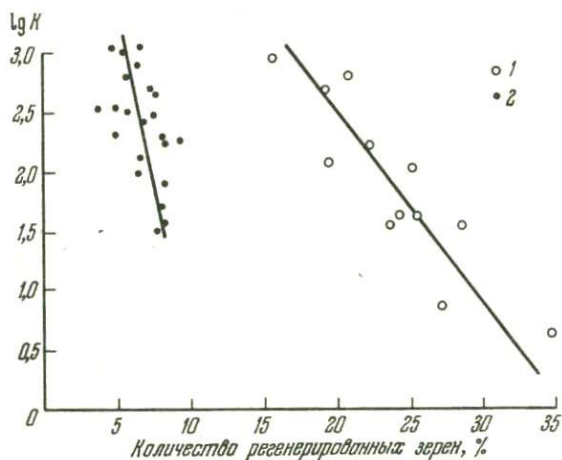


Рис.2. Зависимость проницаемости пород-коллекторов от количества регенерированных зерен

1 - образцы из водоносной части залежи; 2 - образцы из нефтеносной части залежи

указывает постоянство количества регенерированных зерен и аутигенного цемента по мере удаления от начального внутреннего контура нефтеносности к центру залежи.

Значительное увеличение количества регенерированных зерен кварца и содержания аутигенного кварца в водоносной части пласта  $D_1$  Туймазинского месторождения по сравнению с его нефтяной частью оказывает влияние на коллекторские свойства водоносных пород. Как видно из рис. 2, изменение количества регенерированного кварца от 20 до 30% уменьшает проницаемость от  $\lg 2,5$  до  $\lg 0,87$ , или от 178 до 7,4 мд, и делает породы практически непроницаемыми. Подобные непроницаемые "кварцитовые" породы, по-видимому, имеют зональное распространение по площади и по разрезу. Расположение и размер таких зон необходимо учитывать при проектировании законтурного заводнения. Поэтому определение содержания регенерационного кварца в водоносных породах имеет большое практическое значение.

В нефтенасыщенных же песчаниках и алевролитах содержание регенерированных зерен и аутигенного кварца таково, что оно почти не влияет на их проницаемость.

Различная степень эпигенетических преобразований зерен пород-коллекторов пласта  $D_1$  Туймазинского месторождения в водо- и нефтенасыщенных частях его может быть использована для определения ориентировочного времени формирования залежи нефти. Так как содержание регенерированных зерен кварца водоносных пород почти вчетверо превышает содержание их в нефтеносной части (25,1 и 6,7%), время формирования залежи можно считать сравнительно давним (палеозойским), когда количество регенерационного кварца в породах пласта  $D_1$  Туймазинского месторождения не превышало 5-7%. В дальнейшем, после образования залежи, эпигенетические процессы растворения и минералообразования продолжались только в водоносной части пласта.

## Л и т е р а т у р а

- Зарипов О.Г. О некоторых различиях преобразованности пород в водной и нефтеносной частях пласта  $D_1$  Шкаповского месторождения. - Нефть и газ, 1967, № 10.
- Копелиович А.В. О количестве перемещающегося вещества при изменении размеров зерен в связи с вторичными преобразованиями. - Литология и полезные ископаемые, 1965, № 3.
- Прозорович Г.Э., Валуевич Э.Л. Регенерация кварца и пелитизация полевых шпатов в нефтеносных и водоносных песчаниках Усть-Балыкского месторождения нефти. - Докл. АН СССР, 1966, т. 169, № 4.
- Смирнова Н.В. Влияние окварцевания на коллекторские свойства песчаных пород девона Волго-Уральской области. - Геология нефти и газа, 1961, № 6.

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОДУКТИВНОГО  
ГОРИЗОНТА НА НЕФТЕОТДАЧУ (на примере разработки гори-  
зонта  $D_1$  Туймазинского месторождения)

---

Необходимость повышения эффективности извлечения запасов из залежей значительно повысила интерес к изучению неоднородности строения продуктивных пластов с точки зрения их емкости и фильтрационных способностей. Эти свойства существенно влияют на эффективность извлечения запасов при разработке, так как в значительной степени определяют размещение эксплуатационных и нагнетательных скважин, их конструкцию и режим работы.

Особо острое значение эти вопросы приобретают при вступлении месторождения во второй период разработки - в период спада добычи (позднюю стадию), когда эффективность применения вторичных методов добычи всецело зависит от степени изученности геолого-физических свойств залежей. Следовательно, изучение неоднородности строения продуктивных пластов помимо теоретической ценности имеет большое практическое значение.

На Туймазинском месторождении основным эксплуатационным объектом является продуктивный горизонт  $D_1$ , запасы которого составляют более 62% от запасов месторождения. В этот объект входят все продуктивные алеврито-песчаные отложения пашийского горизонта, стратиграфически ограниченного верхней пачкой муллинских аргиллитов и "верхним известняком".

На месторождении по геолого-промышленным признакам выделяются восемь нефтепромышленных площадей: Туймазинская, Александровская, Муллинская, Зайтовская, Северо-Александровская, Кзыл-Ярская, Старо-Туймазинская и Апсаямовская.

В пределах рассматриваемой территории мощность пашийского горизонта колеблется от 7,6 до 48,6 м. Такая вариация общей мощности указывает на сложность палеогеографических условий образования пашийских отложений на месторождении (Пасько, 1969а).

На основе анализа геологического материала и статистической обработки геофизических и лабораторных данных по 1860 скважинам проведено детальное качественное и количественное изучение неоднород-

ности продуктивного горизонта по мощности, пористости и проницаемости с целью изучения ее влияния на нефтеотдачу.

Для количественной оценки неоднородности горизонта были определены статистические показатели средневзвешенных и наиболее вероятных общих и эффективных мощностей, пористости и проницаемости. Эти параметры рассматривались как по каждой входящей в горизонт пачке, так и по участкам, на которые расчленена залежь с целью интенсификации добычи нефти (рисунок). Распределение средневзвешенных и наиболее вероятных мощностей горизонта по площадям представлено в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Мощность пашийского горизонта по площадям  
Туймазинского месторождения

Площадь	Мощность, м		Отношение наиболее вероятной мощности к средневзвешенной
	наиболее вероятная	средневзвешенная	
Туймазинская .....	16,4	19,2	0,854
Александровская ...	16,8	19,3	0,870
Муллинская .....	24,4	27,7	0,881
Зайтовская .....	30,8	34,5	0,893
Северо-Александровская.....	22,6	24,8	0,912
Кзыл-Ярская .....	20,3	21,1	0,962
Старо-Туймазинская.	24,1	25,0	0,963
Апсальмовская .....	20,4	20,8	0,981
По месторождению в целом .....	16,7	20,9	0,799

Из таблицы видно, что величина как наиболее вероятной, так и средневзвешенной мощности горизонта увеличивается от свода структуры к крыльевым прогибам, а возрастание разницы между указанными мощностями происходит в обратном направлении. Эти факты обусловлены как выпадением отдельных пачек пород из разреза, так и резкими колебаниями мощности песчаных слоев (Пасько, 1969б).

Исходя из генетической основы, все отложения пашийского горизонта расчленяются на три морфологически различных пачки, песчаные образования которых составляют продуктивные пласты.

Данные общей и эффективной мощностей пачек представлены в табл.2.

Из таблицы видно, что наиболее выдержанной по общей мощности является верхняя пачка (0,95) и менее выдержанной - нижняя (0,6).

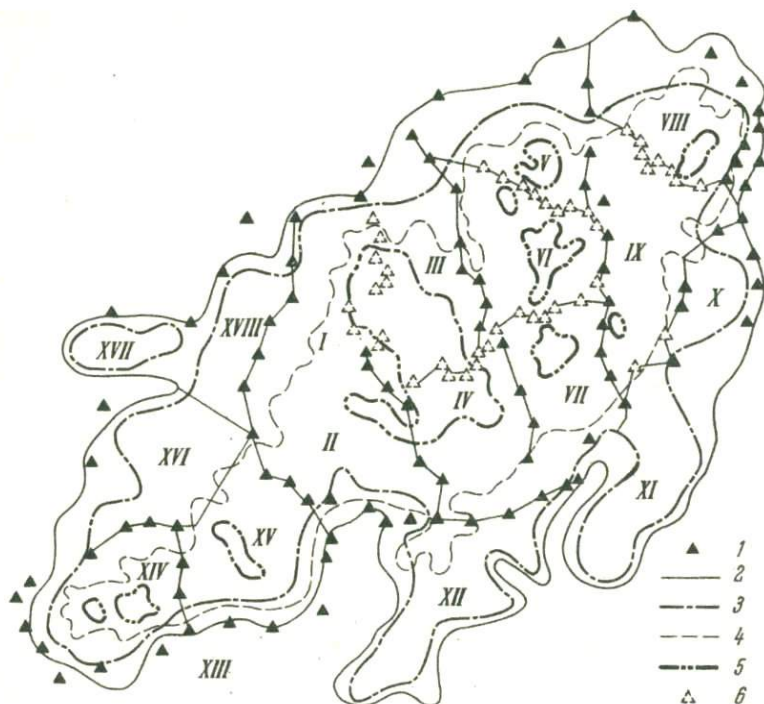


Схема расчленения на участки (I - XVIII) в связи с внутриконтурным заводнением по блокам

1 - нагнетательные скважины; 2 - начальный внешний контур нефтеносности; 3 - текущий внешний контур нефтеносности; 4 - начальный внутренний контур нефтеносности; 5 - текущий внутренний контур нефтеносности; 6 - проектные нагнетательные скважины

По песчаности, наоборот, нижняя—наиболее песчаная (0,727; 0,91) и верхняя—наиболее глинистая (0,317 и 0,45).

При изучении особенностей строения пашийского горизонта целесообразно рассматривать строение каждой пачки в отдельности. Верхняя пачка характеризуется маломощными (1-3 м) и быстро выклинивающимися линзами песчаников. Их площадь распространения составляет до 60% от площади нефтеносности залежи.

Т а б л и ц а 2

Общая и эффективная мощность пачек пашийского горизонта  
Туймазинского месторождения

Пачка	Общая мощность, м		Отношение наиболее вероятной мощности к средне взвешенной	Эффективная мощность, м		Отношение наиболее вероятной мощности к средне взвешенной	Отношение эффективной мощности к общей	
	наиболее вероятная	средне-взвешенная		наиболее вероятная	средне-взвешенная		наиболее вероятная	средне-взвешенная
Верхняя	6,3	6,6	0,950	2,0	2,7	0,781	0,317	0,450
Средняя	8,5	9,6	0,894	6,2	6,6	0,940	0,730	0,695
Нижняя	3,3	5,5	0,600	2,4	5,0	0,480	0,727	0,910
В целом по горизонту	16,7	20,9	0,200	6,8	10,1	0,683	0,407	0,483

Средняя пачка наиболее выдержанна по мощности, и песчаники, залегающие в ней, практически не прерываются по всей площади, за исключением некоторых участков, где они заглинизированы и малопроницаемы. В верхней пачке сосредоточено около 20%, в средней — около 72% и в нижней — около 8% запасов по горизонту в целом.

Сравнение кривых распределения линз по пачкам показывает, что в верхней пачке нет линз протяженностью более 7 км, в то время как в средней пачке линзы размерами свыше 7,5 км составляют 55%. В верхней пачке число линз от 0 до 5 км составляет 97,9%, в то время как в средней пачке их только 24%.

Рассмотрим выработку горизонта  $D_1$  по пачкам. Наличие трех пачек, различных по своим коллекторским свойствам, литологически не выдержанных, затрудняет равномерное заводнение пластов по всему разрезу. Наиболее удовлетворительное заводнение наблюдается в нижней и средней пачках.

Анализ профилей приемистости показывает, что связь верхней пачки, представленной алевролитами и в меньшей мере песчаниками с частым замещением глинистыми породами, с зоной нагнетания очень плохая. Как правило, особенно на водо-нефтяных участках, вода закачивается в нижнюю водонасыщенную часть горизонта, ниже поверхности начального ВНК.

Вероятно, при закачке воды в нефтенасыщенную или водонасыщенную часть горизонта при прочих одинаковых условиях будет получена различная величина охвата залежи заводнением. Изучение геологического строения месторождений с терригенными коллекторами показало, что большинство залежей нефти в значительной мере расчленены глинистыми пропластками, которые затрудняют вертикальные перетоки жидкости.

Поэтому закачка воды под ВНК может производиться лишь в том случае, если доказана хорошая связь залежи нефти с пластовой водонапорной системой.

По горизонту же  $D_{\text{ж}}$  наблюдается ухудшение коллекторских свойств на водо-нефтяных участках по сравнению с центральными. Так, коэффициент песчаности на юго-восточном крыле равен 0,66, а в центральной части — 0,73; коэффициент расчлененности соответственно — 3,45 и 2,62.

Все это заставляет обращать внимание на полноту извлечения нефти из водо-нефтяных зон и из верхней пачки.

Одним из необходимых элементов контроля за разработкой месторождения является определение текущей прогнозной конечной нефтеотдачи пластов в процессе эксплуатации по промышленным данным.

По накопленной добыче нефти из участка или всей залежи и по балансовым запасам находится нефтеотдача этого участка или залежи. Найденная таким образом величина нефтеотдачи называется коэффициентом использования запасов и характеризует достигнутое состояние разработки, но не позволяет делать никаких прогнозов о дальнейшей динамике нефтеотдачи. Поэтому представляется целесообразным определять нефтеотдачу промытой части пласта, т.е. той части, где на дату определения прошла вода, нефтеотдачу кажущихся заводненных объемов (коэффициент выработки) и коэффициент использования запасов.

Изучение перечисленных показателей позволит сделать прогноз о конечной нефтеотдаче залежи или участка, а после сопоставления прогнозной конечной нефтеотдачи однородных и неоднородных по литологической характеристике участков пласта можно наметить мероприятия по улучшению разработки.

Для выявления зависимости коэффициента нефтеотдачи от степени и характера неоднородности по каждому участку были определены: коэффициент использования запасов, коэффициент выработки <sup>†</sup>, предел

---

<sup>†</sup> Определения коэффициентов выработки балансовым методом выполнены О.П.Лазаревым.

Т а б л и ц а 3

Сводные данные о неоднородности и выработке горизонта Д<sub>1</sub> Туймазинского месторождения

№ участка блока	Часть разреза	Средняя эффективная мощность, м	Средняя мощность одного песчаного пропластка, м	Коэффициент расчлененности	Коэффициент песчанности	Коэффициент выдержанности	Коэффициент связанности	Пористость, %	Проницаемость, мД	Отношение площади начального внутреннего контура к площади всей залежи	Коэффициент использования запасов	Коэффициент выработки
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	Горизонт	9,0	3,13	2,86	0,76	0,98	—	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	2,8	2,32	1,19	0,39	0,85	0,098	22,9	244	96	0,36	—
	Средняя + нижняя пачки	5,77	3,04	1,89	0,38	0,97	—	21,3	428	46,7	—	0,60
II	Горизонт	9,22	4,00	2,3	0,79	1,0	—	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	1,76	2,15	0,81	0,27	0,65	0,13	20,0	523	100,0	0,64	—
	Средняя + нижняя пачки	7,32	4,47	1,63	0,43	1,0	—	20,9	912	82,0	—	—
III	Горизонт	9,44	3,50	2,6	0,72	1,0	0,01	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	2,11	2,07	1,1	0,35	0,79	0,182	15,9	345	97,0	0,34	—
	Средняя + нижняя пачки	6,79	3,44	1,97	0,43	1,0	0,01	20,7	522	69,9	—	—
IV	Горизонт	10,6	3,54	2,98	0,72	1,0	0,018	—	—	—	—	0,48
	Верхняя пачка	1,71	1,86	0,92	0,23	0,65	0,043	20,8	477	100,0	0,67	—
	Средняя + нижняя пачки	8,94	4,09	2,18	0,47	0,98	0,021	21,2	504	99,0	—	—

Т а б л и ц а 3 ( продолжение)

88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
У	Горизонт	8,37	3,29	2,55	0,73	1,0	0,052	-	-	-	-	-
	Верхняя пачка	1,64	3,03	0,54	0,25	0,59	-	-	-	84,0	0,13	-
	Средняя + нижняя пачки	7,76	3,88	2,02	0,51	1,0	0,069	21,3	502	48,7	-	-
УI	Горизонт	10,96	4,31	2,54	0,76	1,0	0,011	-	-	-	-	0,71
	Верхняя пачка	1,88	1,86	1,01	0,21	0,8	0,040	20,6	240	100,0	0,57	-
	Средняя + нижняя пачки	8,67	5,28	1,61	0,54	1,0	0,013	22,0	704	96,0	-	-
УII	Горизонт	11,17	3,99	2,80	0,65	1,0	0,016	-	-	-	-	-
	Верхняя пачка	1,68	1,85	0,9	0,22	0,68	0,016	20,1	235	100,0	0,74	-
	Средняя + нижняя пачки	10,09	5,37	2,02	0,56	1,0	0,018	19,4	333	100,0	-	-
УIII	Горизонт	7,75	3,23	2,39	0,75	0,98	-	-	-	-	-	-
	Верхняя пачка	1,47	1,87	0,79	0,24	0,66	0,049	18,1	345	89,0	0,21	-
	Средняя + нижняя пачки	6,39	4,12	1,50	0,41	0,96	-	20,9	460	55,1	-	-
IX	Горизонт	9,99	3,47	2,87	0,60	1,0	0,092	-	-	-	-	0,41
	Верхняя пачка	1,61	2,00	0,8	0,22	0,66	0,050	20,4	276	100,0	0,67	-
	Средняя + нижняя пачки	10,05	4,36	2,30	0,52	1,0	0,014	21,8	434	90,8	-	-
X	Горизонт	12,03	3,84	3,13	0,66	1,0	-	-	-	-	-	-
	Верхняя пачка	0,55	1,28	0,43	0,07	0,39	-	20,7	418	96,0	0,10	-
	Средняя + нижняя пачки	11,29	3,91	2,88	0,48	1,0	-	22,3	473	13,7	-	-
XI	Горизонт	16,18	3,72	4,34	0,59	1,0	-	-	-	-	-	-
	Верхняя пачка	1,30	2,00	0,65	0,18	0,58	0,04	-	-	94,0	0,08	-
	Средняя + нижняя пачки	13,78	3,66	3,76	0,43	1,0	-	20,5	-	6,0	-	-
XII	Горизонт	14,77	4,31	3,42	0,65	0,98	-	-	-	-	-	-
	Верхняя пачка	1,13	2,62	0,43	0,14	0,43	0,086	20,4	315	94,0	0,16	-
	Средняя + нижняя пачки	14,20	4,45	3,16	0,43	0,98	-	24,0	432	14,5	-	-

Т а б л и ц а 3 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
XIII	Горизонт	12,01	5,13	2,34	0,83	1,0	0,021	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	1,45	2,25	0,64	0,21	0,71	0,14	18,8	—	90,0	0,19	0,21
	Средняя + нижняя пачки	9,29	4,87	1,9	0,49	1,0	0,027	18,2	—	2,4	—	—
XIV	Горизонт	9,56	3,52	2,71	0,78	1,0	0,011	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	2,38	2,30	1,01	0,32	0,88	0,23	18,7	118	95,0	0,42	—
	Средняя + нижняя пачки	8,48	4,09	2,07	0,5	1,0	0,018	21,3	347	78,6	—	0,55
XV	Горизонт	8,65	3,63	2,38	0,74	1,0	0,008	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	1,51	1,82	0,82	0,22	0,64	1,110	22,6	510	99,0	0,51	—
	Средняя + нижняя пачки	8,74	4,57	1,91	0,53	1,0	0,029	20,3	446	78,8	—	0,55
XVI	Горизонт	13,91	5,77	2,40	0,83	1,0	0,07	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	2,54	2,71	0,93	0,36	0,79	0,306	21,9	375	92,0	0,27	0,29
	Средняя + нижняя пачки	11,03	6,36	1,73	0,63	1,0	0,016	23,2	507	6,5	—	—
XVII	Горизонт	13,88	3,83	3,62	0,69	1,0	0,120	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	3,01	2,41	1,25	0,39	0,93	0,180	19,1	203	52,0	0,15	0,17
	Средняя + нижняя пачки	11,28	4,45	2,53	0,57	1,0	0,130	24,2	998	0	—	—
XVIII	Горизонт	12,85	5,65	2,27	0,82	1,0	—	—	—	—	—	—
	Верхняя пачка	2,85	2,62	1,09	0,43	0,9	0,450	23,8	942	94,0	0,24	0,28
	Средняя + нижняя пачки	12,73	7,37	1,72	0,63	1,0	—	22,5	1005	0	—	—
По ме- сторж- дению	Горизонт	10,35	3,77	2,74	0,43	0,99	—	—	450	47,86	—	—
	Верхняя пачка	1,76	2,04	0,86	0,26	0,68	—	39	329	—	—	—
	Средняя + нижняя пачки	9,34	4,38	2,13	0,50	0,99	0,1	—	460	—	—	—

изменения пористости, проницаемости и кратная литологическая характеристика пород (табл.3). Для оценки достоверности определений коэффициентов выработки и использования запасов необходимо сравнить их с величиной нефтеотдачи промытой части пласта. В работе Ю.А.Козлова (1968) отмечается, что максимальная нефтеотдача промытых участков достигает 84–89%, составляя в среднем 57–62%.

Таким образом, в первом приближении можно считать, что коэффициенты использования запасов по участкам IУ, УП и XI явно завышены. Завышение произошло из-за перетоков нефти из горизонта  $D_2$  в горизонт  $D_1$ , которые имели место на площади этих блоков (Пасько, 1969в). Анализ табл.3 показывает, что неудовлетворительно вырабатываются запасы на водо-нефтяных участках, которые имеют худшие литологические характеристики.

Данные о неоднородности и выработке запасов по площади горизонта  $D_1$  позволили сделать следующие выводы.

1. Выработка запасов нефти на участках водо-нефтяных зон происходит слабее, чем в центральной части залежи горизонта  $D_1$ , где интенсивность разработки его остается высокой.

Увеличение коэффициента использования запасов здесь может быть достигнуто за счет закачки воды в нефтенасыщенные интервалы разреза, а не ниже поверхности водо-нефтяного контакта, как это проводится в настоящее время.

2. Данные исследования о неоднородности горизонта  $D_1$  могут быть использованы при составлении мероприятий по улучшению разработки залежи и для оценки коэффициента нефтеотдачи в пределах отдельных участков горизонта  $D_1$ .

## Л и т е р а т у р а

- Козлов Ю.А. К вопросу о доразработке Туймазинского нефтяного месторождения. – Труды УфНИИ, 1968, вып.22.
- Пасько П.И. Расчленение пашийских отложений на Туймазинском месторождении в связи с условиями их образования и разработкой залежи нефти. – Труды УфНИИ, 1969а, вып.27.
- Пасько П.И. Об особенностях геологического строения пашийских отложений на Туймазинском месторождении нефти и методике их корреляции. – Труды ТатНИИ, 1969б, вып.13.
- Пасько П.И. Изучение явления перетока жидкости между продуктивными горизонтами  $D_1$  и  $D_2$  Туймазинского месторождения. – Труды УфНИИ, 1969в, вып.27.

ЛИТОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ХУП ГОРИЗОНТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЗЕНЬ

---

Среднеюрские отложения являются регионально нефтегазоносными в пределах Южного Мангышлака. Литологическая и геофизическая характеристики данных отложений освещены в работах Л.П.Долиной, Л.Ф.Иванчук (1967), А.А.Демидова (1969), И.Д.Эхус (1969), С.Г.Саркисяна и др. (1969). В работах названных авторов как литологические, так и геофизические исследования проводились в первую очередь применительно к решению задач регионального характера.

Для среднеюрских отложений месторождения Узень характерна значительная изменчивость разреза, характеризующаяся крайней неустойчивостью литологических типов пород. Нередко наблюдается образование мощных песчаных пластов, имеющих в отдельных участках линзовидный характер или литофациальное замещение одних типов пород другими. Песчаные пласты разделяются глинистыми прослоями и пропластками, которые нередко по простиранию замещаются глинистыми алевролитами.

В настоящей работе авторы на основании детального исследования кернового и геофизического материала рассматривают изменение литолого-геофизических особенностей ХУП горизонта. Для решения этой задачи был использован весь имеющийся керновый материал по данному горизонту. Сопоставление элементов каротажного и литологического материалов позволило проследить по намеченным профилям за изменением минералого-петрографического состава пород, слагающих ХУП горизонт, выяснить возможность литофациального замещения одних типов пород другими и изменение коллекторских свойств песчано-алевритовых пород.

По комплексу промыслово-геофизических данных ХУП горизонт выделяется во всех пробуренных скважинах данного объекта и прослеживается по всей площади месторождения. Кровля горизонта довольно четко отделяется от вышележащего ХУІ горизонта, хотя и маломощной, но хорошо выдержанной глинистой пачкой мощностью в 5-8 м. Подошва горизонта также довольно четко отбивается благодаря глинистой пачке, прослеживающейся по всем скважинам, вскрывшим ХУШ горизонт (рис. 1, 2).

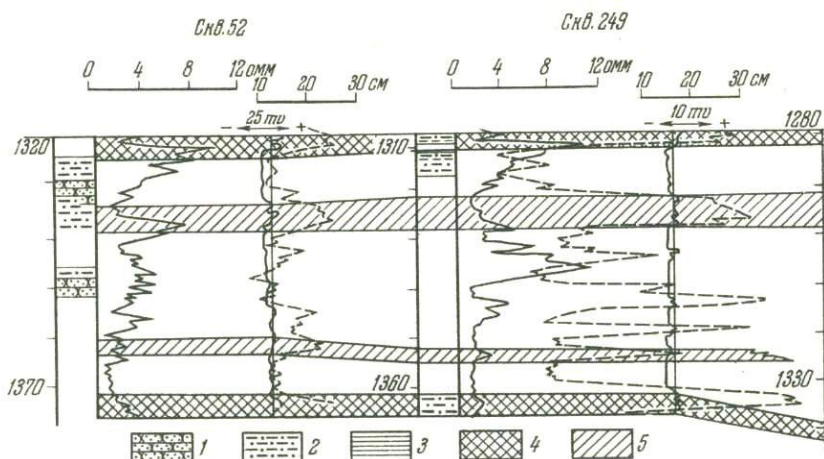


Рис.1. Сопоставление разрезов скважин в присводовой части структуры ХУП горизонта

1 - песчаники; 2 - алевролиты; 3 - глины; 4 - глинистые разделы между горизонтами; 5 - глинистые прослои между песчаными пачками

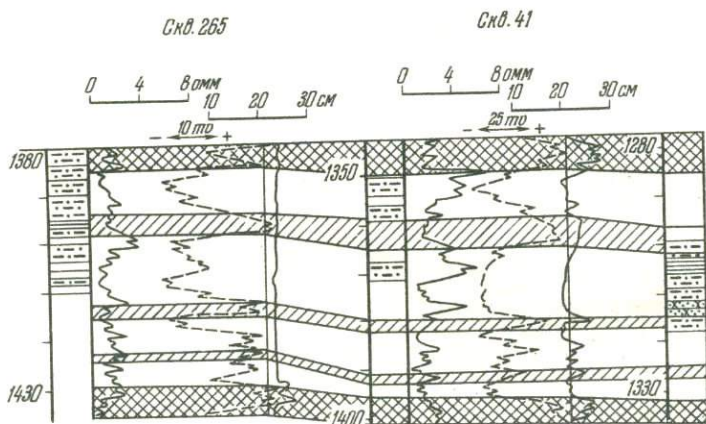
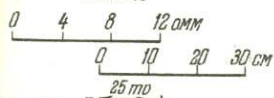
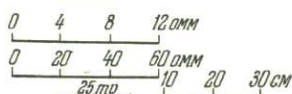


Рис.2. Сопоставление разрезов скважин в сводовой части структуры ХУП горизонта. Условные обозначения см. рис.1

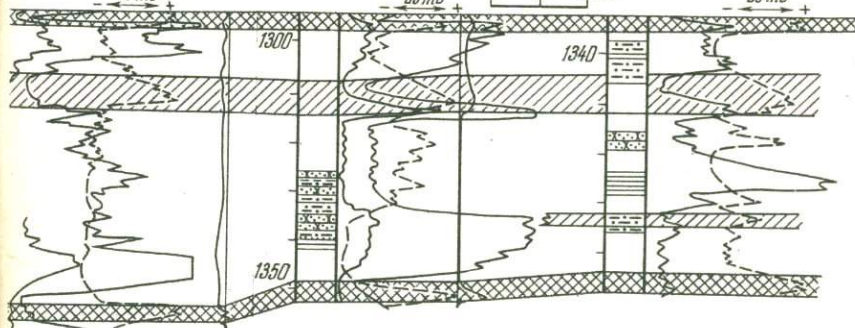
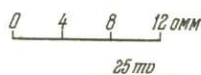
Скв. 246



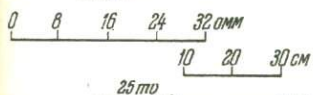
Скв. 252



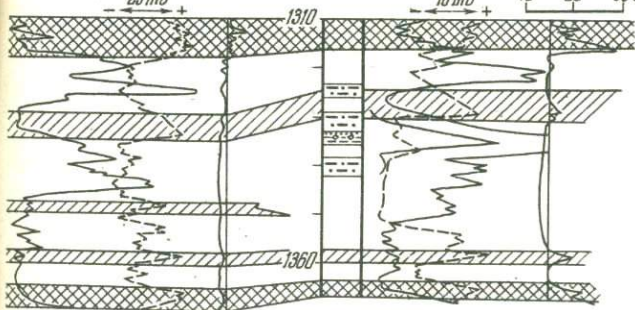
Скв. 8



Скв. 217



Скв. 42



Разрез ХУП горизонта представлен чередованием песчаников и алевролитов с прослоями глин. Мощность горизонта изменяется от 40 м в скв.8I, расположенной к северо-западу от свода, до 66 м в скв.244, расположенной в сводовой части структуры. Средняя величина мощности 48-50 м. Среднее значение эффективной мощности по скважинам, расположенным в пределах внутреннего контура нефтеносности, - 33,6 м, с учетом же всех скважин - 29,4 м.

По литолого-геофизическим данным в разрезе ХУП горизонта довольно четко выделяются три пачки песчано-алевритовых пород, разделенных глинистыми пачками мощностью от I до 8,5 м. Мощность верхней пачки изменяется от 3 м (скв.28, 27I) до 18 м (скв.95). В сводовой и присводовой частях структуры мощность I пачки изменяется от 8 до 15 м на южном крыле и достигает 16 м в северо-западной части структуры (скв.57).

Верхняя (I) пачка выделяется по отрицательной амплитуде СП, имеющей в большинстве скважин максимальное значение в разрезе, и по минимальным показаниям гамма-каротажа. Кривые микрозондов изрезаны, что свидетельствует о наличии в пачке прослоев, различных по литологическому составу. Сопротивление пачки в пределах водонасыщенной части залежи изменяется от 0,5 до 2 ом·м; в нефтенасыщенной от 1,5 до 50 ом·м.

Ниже I (песчаной) пачки по положительному значению СП и повышенным показаниям ГК выделяется и четко прослеживается по всей структуре глинистая пачка мощностью 1,5-8,5 м. Выклинивание глинистой пачки происходит в скв.229, 64, 33, 26I, расположенных на северном крыле складки и северо-восточной периклинали. Кажущиеся сопротивления на микрозондах в 2-7 ом·м свидетельствуют о неоднородности глинистой пачки, в которой, помимо глин, встречаются сантиметровые пропластки песчаников и алевролитов.

Средняя II (песчаная) пачка представлена чередованием песчаников, алевролитов и глин, но количество алевролитов по сравнению с верхней пачкой заметно возрастает. Глинистые прослои имеют мощность до 1-3 м, а общее количество их в разрезе II пачки достигает одного-четырех. Мощность средней пачки изменяется от 17 до 33 м. Такое резкое изменение мощности связано как с выклиниванием отдельных песчано-алевритовых прослоев, так и с увеличением глинистых прослоев. В направлении от северо-западной части структуры к своду мощность пачки увеличивается от 17 м в скв.57 до 33 м в скв.252. Удельное сопротивление по разрезу пачки составляет 0,1-2 ом·м в водонасыщенной зоне и 1,5-10 ом·м в нефтенасыщенной зоне. Увеличение сопротивления до 50-100 ом·м наблюдается в скв.254 и 445, что обусловлено текстурными особенностями песчаников и алевролитов

и крепкой цементацией. Диаметр зоны проникновения в водонасыщенных пластах достигает 16 d скважин, что свидетельствует об их значительной глинизации. Средняя пачка в общем более литологически неоднородна, чем верхняя пачка.

Нижняя (Ш) пачка прослеживается не по всей площади месторождения и во многих скважинах выделяется условно. Наибольшее развитие ее наблюдается в скв.270, 265, 249, расположенных на северном крыле складки. В скв.234, 53, 246, расположенных в сводовой и присводовой частях складки, средняя и нижняя пачки сливаются вследствие фациального замещения глинистых пород (в глинистом разделе) глинистыми алевролитами. Описываемая пачка имеет небольшую мощность — 2–7,5 м. Наиболее развита она в скв.249, 265, 270, расположенных на северном крыле складки. Литологически пачка сложена преимущественно глинистыми алевролитами с редкими прослоями песчаников и глин.

Поскольку в процессе бурения ни в одной из скважин не было осуществлено сплошного отбора керна в пределах ХУП горизонта, для того чтобы проследить за изменением глинистости по разрезу, авторами были учтены показания естественного гамма-излучения (радиоактивность пород). Показания гамма-излучения пород ( $J_{\gamma}^H$ ) выражены в нормированных единицах по методу Ш.А.Губермана (1964) и Н.И.Нефедовой (1967). Методом корреляционного анализа выявлена криволинейная зависимость между  $J_{\gamma}^H$  и глинистостью (рис.3). Полученная

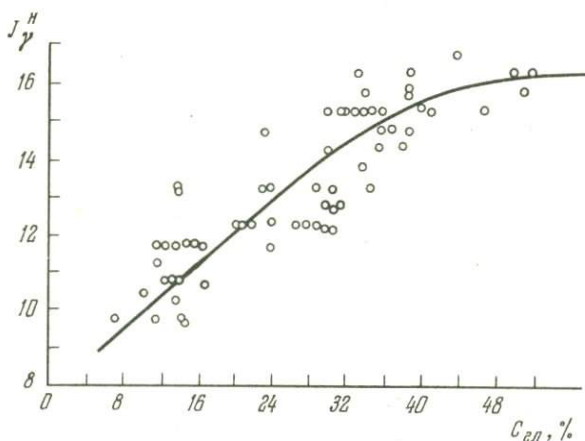


Рис.3. График зависимости интенсивности естественного гамма-излучения пород (в нормированных единицах) от глинистости

величина корреляционного отношения, равного 0,83, свидетельствует о тесной связи между показаниями естественного гамма-излучения и глинистостью.

В литологическом отношении разрез ХУП горизонта представлен преимущественно песчано-алевроитовыми породами, о чем свидетельствует высокий коэффициент песчаности, равный 0,75. Тем не менее по структуре месторождения коэффициент песчаности изменяется в значительных пределах. Наиболее песчаный разрез отмечается в присводовой части ( $K_{\text{песч}} = 0,91$ ), менее песчаный разрез — на юго-восточном крыле складки (скв.34), где  $K_{\text{песч}} = 0,47$ .

Распределение песчано-алевроитовых пород по разрезу горизонта происходит следующим образом. Верхняя (I) пачка характеризуется в основном среднезернистым составом, в средней (II) преобладают мелкозернистые песчаники с прослоями алевролитов, а в нижней (III) пачке преимущественное развитие получили алевролиты. Большинство исследованных пород известковистые, но в верхней и средней пачках встречаются прослойки крепко сцементированных известковистых песчаников, приуроченных к присводовой части структуры. По уровню отметок в скважинах на северном и южном крыльях складки следует, что это единый однородный пласт, залегающий в основании I пачки.

Глубина залегания песчано-алевроитовых пород изменяется в сравнительно небольших пределах от 1320 до 1470 м. Относительно небольшая глубина погружения пород ХУП горизонта при геотермическом градиенте (равном  $4^{\circ}$  на 100 м), а также спокойные залегания пластов (углы падения, замеренные по керну, не превышают  $5-7^{\circ}$ ) и платформенные условия формирования локальной структуры Узень в общем способствовали сравнительно мало интенсивным постседиментационным процессам преобразования песчано-алевроитовых пород. В связи с этим емкостные и фильтрационные свойства пород-коллекторов в основном зависят от фациальных условий накопления осадков и в меньшей степени от вторичных постседиментационных преобразований.

Большинство песчано-алевроитовых пород изучалось в шлифах по методу В.П.Батурина и П.П.Авдусина, что позволило проследить за изменением таких литологических параметров, как минералого-петрографический состав и характер упаковки обломочного материала, а также содержания и состава цемента.

По данным изучения керна и шлифов в разрезе ХУП горизонта песчаники составляют 42%, а алевролиты — 30%. Согласно классификации Л.В.Пустовалова и др. (1944) среди песчаников выделяются "чистые", алевроитовые, алевроитистые и глинистые разновидности. Среди алевролитов наиболее развиты глинистые, реже встречаются песчаные и песчанистые разновидности. Распределение названных разновидностей пород проис-

ходит по разрезу и структуре горизонта следующим образом. Прослой чистых песчаников, в которых содержание фракции размером 0,1 - 0,25 мм превышает 80%, наиболее часто встречаются в верхней (I) пачке горизонта. На локальной структуре песчаники этого типа отмечаются в сводовой части (скв.445), на северо-восточном крыле в скважинах, тяготеющих к присводовой части (скв.229, 232, 233), и на южном крыле (скв.216, 223, 252 и др.). Алевритовые и алевритистые разности встречаются по всему разрезу и площади развития горизонта. Алевритовые песчаники содержат примесь частиц размером в 0,1-0,01 мм от 31,52 до 45,29%, а алевритистые - от 20,4 до 43%. В песчаниках с низкой степенью отсортированности размер обломочных зерен изменяется от 0,4 до 0,1 мм. В алевролитах по гранулометрическому составу выделяются песчаные, песчанистые, глинистые и "чистые" разности. Среди названных разновидностей наибольшее развитие получили глинистые алевролиты. Они встречаются преимущественно в подошве II и по всему разрезу III пачки. В верхней (I пачке) части горизонта алевролиты встречаются в виде маломощных прослоев и обычно обогащены песчаным материалом. По данным исследования шлифов алевролиты с высоким (более 20%) содержанием карбоната кальция встречаются сравнительно редко. В большинстве исследованных алевролитов содержание  $\text{CaCO}_3$  не превышает 5-6%.

По петрографо-минералогическому составу согласно классификации А.Г.Коссовской (1962) выделяются два типа песчаников и алевролитов: граувакковые и граувакково-кварцевые. Следует отметить, что граувакковый состав обломочного материала характерен для среднезернистых, реже мелкозернистых песчаников. Содержание обломков эффузивных пород в них достигает 50-61%, в то время как количество кварца не превышает 41%. Мелкозернистые песчаники и особенно алевролиты имеют преимущественно граувакково-кварцевый состав, содержание кварца в них увеличивается до 49%, а количество обломков эффузивных пород снижается до 32-49%.

В верхней части горизонта (I пачка) наибольшее развитие получили граувакковые разности. Вниз по разрезу содержание обломков эффузивных пород в составе кластического материала песчаников постепенно падает, они обогащаются кварцем и переходят в граувакково-кварцевые разности.

По площади наиболее развиты граувакково-кварцевые песчаники и алевролиты, которые отмечаются на всей локальной структуре то в виде отдельных прослоев, то пластов, слагающих основную часть разреза на южном крыле и юго-восточной периклинали складки. Граувакковые песчаники обычно встречаются на северном крыле, в присводовой и сводовой частях складки. В юго-восточном направлении прослой грау-

вакковых песчаников обогащаются кварцевым материалом и переходят в граувакково-кварцевые разности. В этом же направлении происходит постепенное уменьшение размерности зерен песчаного материала.

Постседиментационные преобразования песчаников и алевролитов проявились в различной степени. Так, в песчаниках и особенно алевролитах наблюдается значительная хлоритизация обломков эффузивных пород. Однако не исключено, что обломки эффузивных пород подвергались некоторым изменениям (в частности хлоритизации) еще в областях питающих провинций. Поэтому предположить, что столь значительное преобразование обломков пород происходило исключительно после литификации осадка, довольно трудно. Зерна кварца в песчаниках обычно свежие и сравнительно редко несут следы вторичного преобразования. Регенерационная каемка на кварцевых зернах в песчаниках отмечается лишь на отдельных обломках. Содержание аутигенного кварца в песчаниках обычно составляет 0 - 1,5%, редко достигает 3,5%. Песчаники, в которых наблюдается более заметная регенерация кварца, встречаются в юго-восточной периклинали складки.

В алевролитах, напротив, большинство зерен обломочного кварца имеет каемку аутигенного кварца. Содержание аутигенного кварца в них достигает 5-10%. Полевые шпаты также более изменены вторичными процессами в алевролитах, где они заметно серицитизированы и в меньшей степени каолинизированы.

Цементирующий материал в песчано-алевритовых породах представлен глинистым и карбонатным веществом. Первый, по данным изучения прозрачных шлифов, состоит из каолиново-гидрослюдистой ассоциации с примесью хлоритового материала. Эти данные не противоречат исследованиям И.Д.Эхуса (1969), изучавшего глинистые осадки Узени. Распределение глинистого материала в среднезернистых песчаниках сравнительно равномерное. Песчаные породы верхней пачки обычно имеют контактово-поровый тип цементации. Вниз по разрезу горизонта содержание глинистого материала увеличивается, изменяется и его распределение по породе. Песчаники средней и нижней пачек имеют обычно смешанный тип цементации и часто сгустковый.

По глинистому цементу в песчаниках и алевролитах нередко наблюдается развитие карбонатного (сидеритового) материала, содержание которого составляет 1,5 - 4,5%. В породах, встречаемых за контуром нефтеносности, широко развит вторичный кальцитовый цемент разбедания, который существенно снижает коллекторские свойства этих пород. Наиболее интенсивное развитие кальцитовый цемент имеет в породах подошвенной части верхней пачки. В песчано-алевритовых породах средней пачки выделение кальцита отмечается в виде мелких включений неправильной формы. Общее содержание его здесь не превышает

10%, обычно 5%. В песчано-алевритовых породах III пачки кальцит также образует включения неправильной формы, достигая 7-12%. Содержание цемента в песчаниках и алевролитах изменяется от 8 до 33%, большинство исследованных пород имеет 16-22% цементирующего материала.

Повышенное содержание цемента в песчаниках и алевролитах определило низкие значения характера упаковки зерен обломочного материала, вследствие чего лишь отдельные зерна образуют контакты точечного или линейного типа. Несмотря на повышенное содержание цемента в песчаниках (особенно верхней пачки) отмечаются довольно крупные (от 0,02 до 0,2 мм) межзерновые пустоты, составляющие от 4 до 10% площади шлифа. Высокий процент эффективной пористости обуславливает и сравнительно высокие емкостные свойства песчаников I и II пачек.

Коллекторские свойства песчаников и алевролитов изменяются в довольно значительных пределах. Так, общая пористость, определенная во ВНИГНИ В.И. Горояном, изменяется от 3,5 до 26,1%, а проницаемость - от 0,05 до 1200 мд.

Согласно классификации А.А. Ханина (1956), в разрезе ХУП горизонта встречаются преимущественно коллекторы II, III, IV и V классов. Лучшими коллекторскими свойствами обладают песчаники I и II пачек, пористость которых изменяется от 15 до 26%, а проницаемость - от 100 до 1200 мд. По структуре горизонта коллекторы подобного типа встречаются в скважинах, расположенных на северном крыле складки и в юго-восточной периклинали (в пределах контура нефтеносности). Высокие коллекторские свойства песчаников здесь обусловлены сравнительно низким содержанием каолинитового цемента и высокой эффективной пористостью (4,47 - 9,8%). Поры имеют удлиненную форму с ровными краями, большинство пор соединяется между собой.

Песчаники и алевролиты с пористостью в 10-15% и проницаемостью в 10-100 мд встречаются чаще всего в приконтурной зоне (скв. 8, 306, 200 и др.) как по северному, так и по южному крылу складки. Вещественный состав пород-коллекторов IV класса почти не отличается от песчаников V класса. Гранулометрический состав как первых, так и вторых характеризуется высоким содержанием песчаной фракции, заметным количеством цементирующего материала, почти одинаковым характером упаковки обломочного материала. Однако песчаники IV класса подверглись в меньшей степени вторичным изменениям. В них еще сохранились первичные поры и по данным изучения шлифов эффективная пористость их составляет 0,82 - 4,71%.

Песчаники и алевролиты с низкими значениями пористости (менее 10%) и проницаемости (менее 10 мд) довольно часто встречаются в

нижней пачке, но в виде прослоев они отмечаются и в верхней пачке. Породы этого типа (У и ІУ класс коллекторов) отмечаются в скважинах, расположенных на своде структуры и дальних погружениях крыльев. При этом следует отметить, что во всех случаях скважины располагаются за пределами контура нефтеносности. Низкие коллекторские свойства песчано-алевритовых пород обусловлены главным образом высоким содержанием цемента, представленного в большинстве песчаников карбонатом кальция, содержание которого нередко превышает 30%. Прослой песчаников (У и ІІІ классы) с глинистым цементом изменены вторичными преобразованиями, в частности, заметно карбонатизированы, что выражается в развитии сидерита по глинистому материалу цемента. Эффективная пористость (по данным шлифов) в песчаниках У класса полностью отсутствует.

Дебиты скважин, в которых встречаются прослой песчаников с такими низкими емкостными и фильтрационными свойствами, составляют от 46 до 145 т/сутки. Такие дебиты нефти безусловно не могут обеспечить коллекторы У класса. Следовательно, большая часть прослоев в данных скважинах (в интервале перфорации) представлена породами-коллекторами с более высокими коллекторскими свойствами, отбор которых не производился.

Анализируя все изложенное, можно сделать следующие выводы.

1. Вниз по разрезу ХУП горизонта наблюдается постепенное уменьшение среднего диаметра обломочных зерен в песчаниках. Породы от среднезернистых песчаников в кровле горизонта постепенно обогащаются мелкозернистыми фракциями, переходят в мелкозернистые песчаники и алевролиты в основании горизонта.

2. По мере уменьшения среднего диаметра зерен происходит увеличение содержания цементирующего материала, что и определяет ухудшение коллекторских свойств по разрезу ХУП горизонта.

3. В сводовой части структуры песчано-алевритовые породы обладают низкими емкостными и фильтрационными свойствами и не могут служить коллекторами для нефти, так как эффективные поры в них имеют размер не более 0,01 мм. Такой размер пор может обеспечить продвижение лишь нежидкого флюида (газа). Жидкий же флюид (в частности нефть), как известно, обладает способностью к смачиванию твердой поверхности поры, создает на ее стенках пленку и тем самым уменьшает диаметр поры. Наличие в составе песчаников и алевролитов (ІІІ и У классов) минералов, обладающих повышенной смачиваемостью, будет способствовать сокращению размера пор, вследствие чего песчаники практически полностью потеряют фильтрационную способность.

4. В северо-западной и юго-восточной частях складки преобладают породы-коллекторы со средней и высокой степенью проницаемости (ІІ и

III классы). Эффективные поры в них имеют размер в 0,02–0,16 мм и более. Однако по площади развития горизонта песчаники с высокими емкостными и фильтрационными свойствами нередко фациально замещаются коллекторами со средними и низкими емкостными свойствами. Наиболее часто подобное замещение наблюдается в более погруженных частях складки.

#### Л и т е р а т у р а

- Губерман Ш.А. Некоторые возможности использования статистических характеристик геологического разреза. – Изв.АН СССР, серия геофиз., 1964, № 7.
- Долина Л.П., Иванчук Л.Ф. Об изменении границ продуктивных горизонтов юры месторождения Узень по материалам промышленной геофизики. – Труды ВНИИ, нефтепром.геол., 1967, вып.48.
- Демидов А.А. Некоторые петрографо-минералогические особенности юрских пород месторождения Узень. В кн.: Геология и нефтегазоносность Южного Мангышлака. М., "Наука", 1969.
- Зхус И.Д. Некоторые особенности распределения глинистых минералов в мезозойских и палеогеновых отложениях Мангышлака. В кн.: Геология и нефтегазоносность Южного Мангышлака. М., "Наука", 1969.
- Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилуйской впадины и западного Верхоянья. М., Изд-во АН СССР, 1962
- Нефедова Н.И. К вопросу об использовании статистической характеристики геологического разреза для эталонирования кривых гамма-метода. – Нефтепромысловая геология и геофизика, 1967, № 9.
- Пустовалов Л.В., Азизбеков Ш.А., Саркисян С.Г. и др. О методике лабораторного исследования, классификации и номенклатуре осадочных пород. – Изв. Азерб. фил. АН СССР, 1944, № 11.
- Саркисян С.Г., Зхус И.Д., Пацула И.М., Черников О.А. Некоторые результаты литологических исследований юрских и нижнемеловых отложений Южного Мангышлака. В кн.: Геология и нефтегазоносность Южного Мангышлака. М., "Наука", 1969.
- Ханин А.А. О классификации коллекторов нефти и газа. – Разведка и охрана недр, 1956, № 1.

УТОЧНЕНИЕ СТРОЕНИЯ ПЛАСТА  $D_1$  ТУЙМАЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Пласт  $D_1$  Туймазинского месторождения имеет сложное геологическое строение. Он состоит из чередования песчаных и глинистых прослоев непостоянной мощности. Корреляция разрезов скважин по геофизическим данным часто затрудняется из-за изменчивой мощности песчано-алевритовых пропластков, фациальных замещений одних пород другими, слияния одних пропластков с другими. В разрезе пласта  $D_1$  выделяются несколько пропластков песчано-алевритовых пород, которые обозначаются (сверху вниз):  $D_1^a$ ,  $D_1^b$ ,  $D_1^в$ ,  $D_1^г$ ,  $D_1^д$ . Пропластки а и б относятся к верхней пачке. Они имеют зональное распространение, иногда в виде полос, и часто замещаются слабопроницаемыми породами. Средняя мощность песчаных пропластков равна 3 м.

Основное промышленное значение имеет пропласток  $D_1^г$ , который относится к средней пачке. Иногда он расчленяется на два - четыре прослоя. В отдельных скважинах наблюдается слияние песчаников средней и верхней пачек. Средняя эффективная мощность песчаников пропластка  $D_1^г$  - 9,3 м. Местами, в зонах размыва подстилающих глинистых пород, мощность пропластка г увеличивается до 20 м и более. Песчаники, заполняющие врез в подстилающих глинистых отложениях, относятся к нижней пачке. К полосам увеличенной мощности песчаников и полного размыва подстилающих глинистых отложений приурочены зоны слияния песчаников пластов  $D_1$  и  $D_2$ . Наличие чередующихся зон увеличенной и уменьшенной мощности песчаников, вытянутых в юго-восточном направлении, свидетельствует о существовании прибрежных течений в мелководно-морских бассейнах осадконакопления с неспокойным гидродинамическим режимом (Постникова, Ефремова, 1965).

В глинистой толще пород, подстилающей пропласток г, встречаются небольшие линзы песчаников и алевритов, обозначенные буквой д. Они не имеют промышленного значения.

Проласток  $D_1^в$ , ранее выделенный под названием пласт  $D_0$ , отсутствует на большей части Туймазинского поднятия и появляется на юго-восточном склоне в виде полосы, вытянутой с северо-востока на юго-запад (рис.1). Мощность песчаников изменяется от 0 до 17 м. К северо-западу происходит уменьшение мощности песчаников вплоть до замещения их непроницаемыми породами, причем линия выклинивания,



Рис.1. Карта мощности песчаников пропластка  $D_1^B$  ( $D_0$ )

1 - изопакиты через 4 м; 2 - внешний контур нефтеносности; 3 - внутренний контур нефтеносности; 4 - участки отсутствия песчаников; 5 - зоны слияния пластов песчаников  $D_1^B$  и  $D_1^Г$ ; 6 - зоны слияния пластов  $D_1^B$  и  $D_1^Б$

протягиваясь с северо-востока на юго-запад, имеет очень извилистые очертания. Залежь приурочена к головным частям выклинивающихся вверх по восстанию замещающихся непроницаемыми породами песчаников. По классификации И.О.Брода (Брод, Еременко, 1957), эта залежь является пластовой, литологически экранированной. Кроме того, в южной части месторождения в пласте  $D_0$  выделяется небольшая по размерам пластовая сводовая залежь нефти. Отнесение пласта  $D_0$  к той или иной части разреза до настоящего времени является предметом дискуссии. В работах М.Х. Мусина и А.И. Ершова (1961), Г.П. Ованесова (1962), Б.А. Тхостова и В.С. Ключарева (1969)

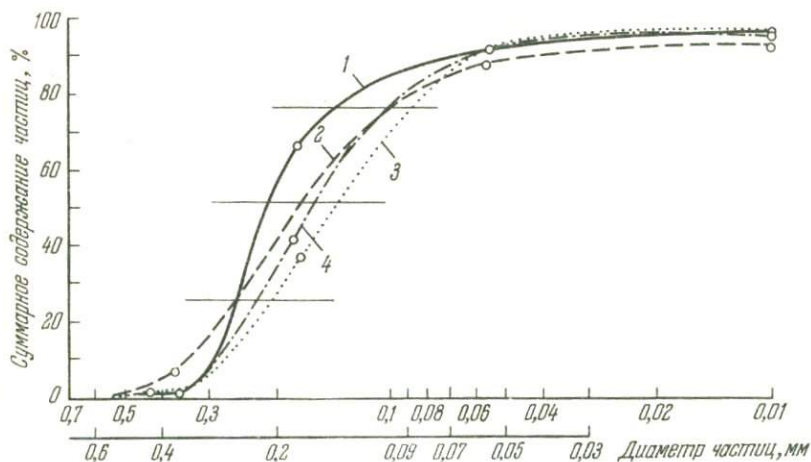


Рис.3. Кумулятивные кривые механического состава пород-коллекторов пласта  $D_1$   
 1 - нижней пачки; 2 - средней пачки; 3 - верхней пачки;  
 4 - пропластка  $D_1^B$

пласт  $D_0$  относится к верхней пачке пашийского горизонта. И.Е.Постникова и Л.Н.Ефремова (1965) пришли к выводу о принадлежности пласта  $D_0$  к нижнепашийским отложениям. П.И.Пасько (УФНИИ), на основании сопоставления разрезов пласта  $D_1$  считает пласт  $D_0$  аналогом всей средней пачки пласта  $D_1$  центральных участков Туймазинского месторождения.

Детальное сопоставление разрезов скважин позволило нам уточнить распространение пропластка  $D_1^B$  и выявить участки слияния его с другими пластами и зоны замещения непроницаемыми породами.

На рис.2 приведена схема сопоставления разрезов скважин, ориентированных вкрест простирания Туймазинской структуры с северо-запада на юго-восток. В скв.1023 и 814 пропласток  $D_1^B$  практически отсутствует, в скв.431 мощность его возрастает до 2 м. В скв.406, 987, 437, 1053 мощность пропластка достигает 8-10 м, а в скв.438 вновь уменьшается до 4 м. Пропласток  $D_1^B$  залегает на глинистом пропластке, отделяющем его от песчаников средней пачки  $D_1^Г$ . Выше пропластка  $D_1^B$  залегают маломощные, местами линзовидные песчаники пропластков  $D_1^а$  и  $D_1^б$ , которые относятся к верхней пачке. Таким образом, пропласток  $D_1^B$  ( $D_0$ ) занимает промежуточное положение между песчаниками верхней и средней пачек.

По данным литологических исследований, песчано-алевритовые породы нижней, средней и верхней пачек различаются по минералогическому составу легких фракций. Песчаники средней и нижней пачек

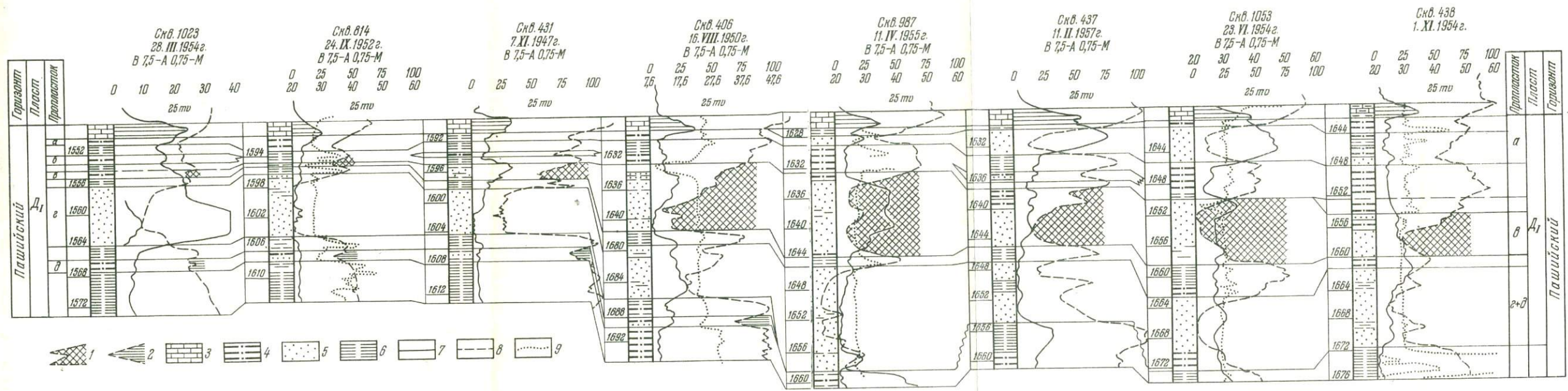


Рис. 2. Схема сопоставления разрезов скважин в интервале залегающего пласта  $D_1$   
 1 - пропласток  $D_1^B$ ; 2 пропласток  $D_1^D$ ; 3 - известняк;  
 4 - алевролит; 5 - песчаник; 6 - глина; 7 - КС; 8 - ПС;  
 9 - кавернограмма

имеют в основном кварцевый состав, а верхнепашийские содержат до 10% полевых шпатов (Постникова, Ефремова, 1965). В песчано-алевритовых породах пропластка  $D_I^B$  также наблюдается повышенное содержание полевых шпатов.

Различия между пачками пласта  $D_I$  выявляются также при изучении механического состава слагающих их пород. По этому пласту было выполнено около 270 анализов механического состава пород-коллекторов и сопоставлены полученные величины коэффициентов отсортированности ( $S_o$ ), асимметричности ( $S_k$ ) и медианного диаметра ( $Md$ ). Как известно, коэффициент отсортированности представляет собой отношение большого квартиля к меньшему на кумулятивной кривой механического состава породы (Крумбейн, Слосс, 1960). Порода считается хорошо отсортированной, когда это отношение находится в пределах от 1 до 2,5.  $S_o$ , равное 2,5-4, указывает на среднюю, а свыше 4 - на плохую сортировку. Анализ полученных величин показывает, что одноименные коэффициенты, отличаясь при переходе от пачки к пачке, все же близки между собой (таблица, рис.3).

Т а б л и ц а

Гранулометрические коэффициенты песчаных пород

Коэффициенты	Пачка			Пропла- сток $D_I^B$
	нижняя	средняя	верхняя	
Отсортированности, $S_o$	1,73	2,55	2,1	2,3
Асимметричности, $S_k$	0,88	0,92	1,00	1,02
Медианный диаметр, $Md$	0,21	0,17	0,14	0,15

Из таблицы видно, что коэффициент отсортированности изменяется от 1,73 до 2,55, показывая, что породы всех пачек отсортированы хорошо и можно говорить лишь о худшей или лучшей сортировке.

Наименьшим коэффициентом отсортированности (1,73) характеризуются породы нижней пачки. Породы верхней пачки отсортированы хуже ( $S_o = 2,1$ ). Близкое к этому значение имеет коэффициент отсортированности пропластка  $D_I^B$  (2,3). Коэффициент отсортированности средней пачки (2,55) указывает на верхнюю границу, установленную для хорошо отсортированных пород.

Важными характеристиками породы являются медианный диаметр  $Md$ , который показывает средний размер зерен, и коэффициент асимметричности  $S_k$ , указывающий положение моды по отношению к медиане: если  $S_k > 1$ , то мода лежит в тонкозернистой части, если  $S_k < 1$ ,

то - в крупнозернистой. Наиболее крупнозернистыми являются породы нижней пачки -  $Md = 0,2I$ .  $Md$  средней пачки уменьшается до  $0,17$ . Дальнейшее уменьшение этой величины происходит в породах верхней пачки и пропластка  $D_1^B$  - соответственно  $0,14$  и  $0,15$ .

Коэффициент асимметричности исследуемых отложений ( $S_k$ ) изменяется следующим образом: нижняя пачка -  $0,88$ , средняя -  $0,9$ , верхняя -  $1,00$  и  $D_1^B$  -  $1,02$ . Из этих цифр видно, что породы делятся на две группы: нижняя и средняя пачки объединяются тем, что их  $S_k = 1$ , т.е. мода находится в области крупнозернистых фракций.

$S_k$  верхней пачки и  $D_1^B$  также близки между собой и показывают, что мода перемещается в сторону более мелких фракций (см. таблицу).

Пласт  $D_1$  Туймазинского месторождения подразделяется на пять пропластков (сверху вниз): а, б, в, г и д, которые объединяются в верхнюю, среднюю и нижнюю песчано-алевритовые пачки. Правильная корреляция разрезов скважин и уточнение площади распространения отдельных пропластков имеют большое значение для обеспечения более полной выработки нефти из залежей.

Детальная корреляция разрезов скважин по геофизическим данным в сочетании с использованием механического анализа и изучением литологического состава пород-коллекторов позволили уточнить строение нефтеносного пропластка  $D_1^B$  и отнести его к верхней пачке пласта  $D_1$ .

Проект доразработки верхней пачки необходимо составлять для трех пропластков - а, б и в, которые являются наименее выработанными

#### Л и т е р а т у р а

- Брод И.О., Еременко Н.А. Основы геологии нефти и газа. М., Гостоптехиздат, 1957.
- Крумбейн Б.К., Слосс Л.Л. Стратиграфия и осадконакопление. М., Гостоптехиздат, 1960.
- Мусин М.Х., Ершов А.И. О строении продуктивных горизонтов терригенной толщи девона Туймазинского месторождения.- Труды УфНИИ, 1961, вып.УП.
- Ованесов Г.П. Формирование залежей нефти и газа в Башкирии. М., Гостоптехиздат, 1962.
- Постникова И.Е., Ефремова Л.Н. Особенности строения пашийских отложений в пределах Верхне-Зайтовской и Серафимовской площадей Западной Башкирии.- Труды ВНИИ, 1965, вып.43.
- Тхостов Б.А., Ключарев В.С. Об эффективности изоляционных работ при обводнении залежей в неоднородных пластах.- Нефтяное хозяйство, 1969, № 5.

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД  
МЕЛА ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА НА ИХ КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА

---

Коллекторские свойства пород, являющиеся одним из основных факторов промышленной оценки территории, определяются их литологическими особенностями, т.е. вещественным, гранулометрическим составом, характером цементации и т.д. Нами рассматриваются связи между этими величинами для меловых отложений Южного Мангышлака. Изучение взаимосвязей между литологическими особенностями песчано-алевритовых пород и их коллекторских свойств проводится с помощью корреляционного анализа. Полученные фактические данные свидетельствуют о том, что парные связи слабы, а в некоторых случаях они отсутствуют. Так, между пористостью и проницаемостью нет четкой универсальной связи, но в ряде случаев ее пытаются получить в применении к конкретным условиям. Полученные нами данные взаимосвязи между пористостью и проницаемостью говорят о существовании слабой связи между этими параметрами ( $r = 0,49$ ). Аналогичные исследования были проведены В.А.Ивановым (Чекабаев и др., 1966) и в результате их были получены кривые, отражающие корреляционную зависимость между этими величинами.

Нами рассматривалась связь между пористостью и средним диаметром зерен песчано-алевритовых пород, ее коэффициент корреляции равен 0,044. Он показывает на почти полное отсутствие связи между этими параметрами.

Исследование зависимости открытой пористости песчано-алевритовых пород от содержания в них цемента указывает также на довольно слабую связь между этими величинами ( $r = 0,43$ ) - рис.1.

Низкий коэффициент корреляции был получен и при изучении зависимости между эффективной пористостью и индексом упаковки зерен ( $r = 0,25$ ).

Слабость этих связей может быть объяснена значительным содержанием глинистой фракции и сильной разрушенностью неустойчивых компонентов обломочной части. Повышенная глинистость исследуемых образцов объясняется несовершенной техникой механического анализа, при котором часть неустойчивых обломков переходит в глинистую фракцию.

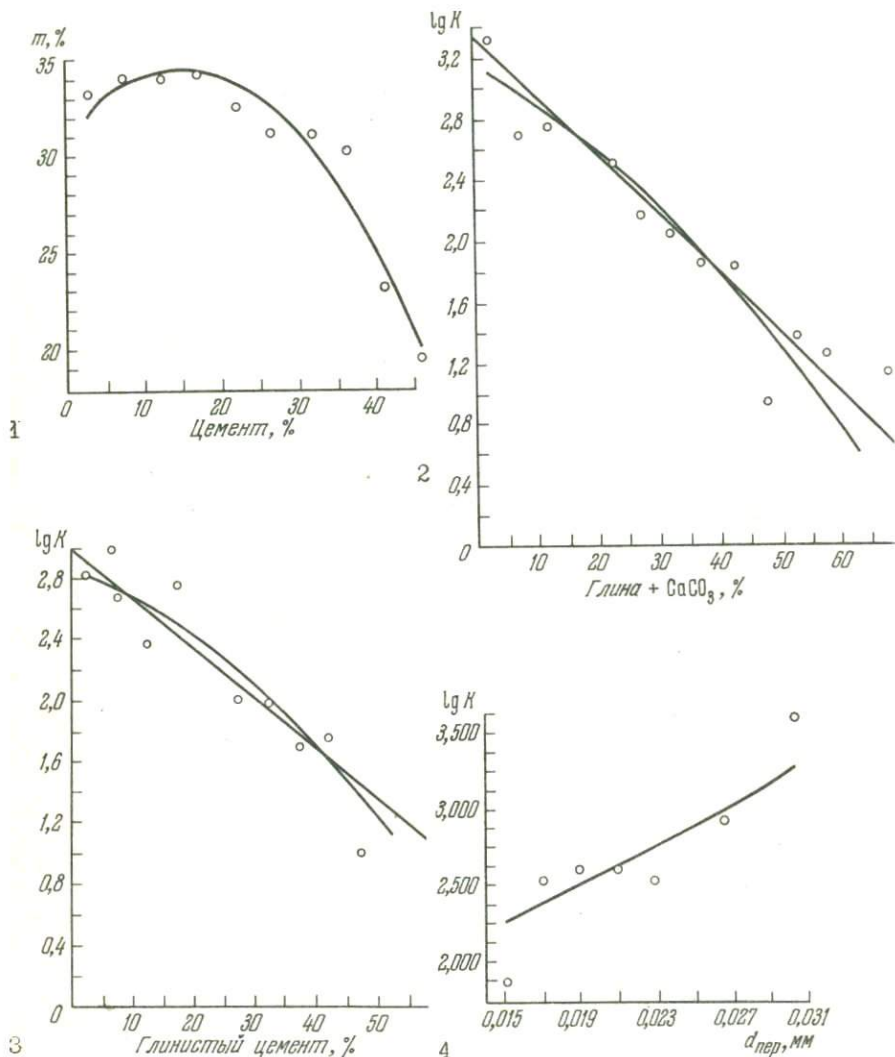


Рис.1. График зависимости открытой пористости песчано-алевритовых пород мела от содержания в них цемента

Рис.2. График зависимости проницаемости песчано-алевритовых пород мела от содержания в них цемента

Рис.3. График зависимости коэффициента проницаемости от содержания глинистой фракции в песчаниках и алевритах мела

Рис.4. График зависимости между средней величиной пор и проницаемостью песчано-алевритовых пород мела

Кроме изучения влияния литологических особенностей породы на ее пористость, нами рассматривались связи между литологическими особенностями породы и ее проницаемостью.

При изучении зависимости между средним диаметром зерен и коэффициентом проницаемости песчано-алевритовых пород был получен коэффициент корреляции, равный 0,555.

Более сильная связь выявлена при изучении зависимости коэффициента проницаемости песчано-алевритовых пород мела от содержания в них цемента ( $r = 0,645$ ,  $\eta = 0,68$ ) - рис.2.

Аналогичная связь была выявлена между коэффициентом проницаемости и содержанием глинистой фракции в песчаниках и алевритах мела ( $r = 0,602$ ,  $\eta = 0,64$ ) - рис.3.

Помимо пористости, содержания цемента и др., на величину проницаемости оказывает влияние и размер пор. Было установлено, что существует корреляционная зависимость между средней величиной пор и проницаемостью породы ( $r = 0,43$ ,  $\eta = 0,53$ ) - рис.4.

Рассматриваемые парные связи между коллекторскими свойствами песчано-алевритовых пород меловых отложений и их литологическими особенностями указывают на их довольно низкую корреляционную зависимость, т.е. каждый взятый в отдельности литологический фактор не может быть определяющим при изучении коллекторских свойств песчано-алевритовых пород. Поэтому мы пытались рассматривать комплексные связи.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции трехмерных связей. Так, например, проведенные исследования парной связи между коэффициентом проницаемости песчано-алевритовых пород и индексом упаковки зерен (отношение близости упаковки зерен к плотности) не дали положительных результатов. Был получен низкий коэффициент корреляции (0,42), так же, как и при изучении взаимосвязи между коэффициентом проницаемости и эффективной пористостью ( $r = 0,4$ ), эффективной пористостью и близостью упаковки ( $r = 0,25$ ). Однако при анализе трехмерных связей между этими величинами ( $K_{пр}$ ,  $\frac{P}{P}$ ,  $P_{эф}$ ) было выявлено, что связь существует, коэффициент корреляции повышается до 0,67. Аналогичные тройные связи, дающие положительные результаты, получены нами при изучении зависимостей между проницаемостью пород, средним диаметром зерен и открытой пористостью. Так же, как и в описанном выше случае, была получена более тесная связь  $r = 0,758$ . Парные же, двойные связи, как было сказано выше, или совсем отсутствуют (между средним диаметром зерен и открытой пористостью  $r = 0,044$ ) или довольно низкие (между проницаемостью и пористостью  $r = 0,49$ , а между проницаемостью и средним диаметром зерен  $r = 0,55$ ). Изучение взаимосвязей между коэффициентом проницаемости,эф-

фактивной пористостью и диаметром пор в меловых отложениях показывает, что связь существует, при этом коэффициент корреляции  $r = 0,43$ .

Следовательно, проведение двумерных связей в большинстве случаев не дает положительных результатов и может привести к ошибочным заключениям. Поэтому при определении влияния литологических особенностей пород на их коллекторские свойства целесообразно оценивать тесноту многомерных связей.

#### Л и т е р а т у р а

Чакабаев С.Е., Иванов В.А., Кононов Ю.С., Хромова В.Г. Коллекторские свойства юрских и меловых отложений Южного Мангышлака. - Изв. АН КазССР, серия геол., 1966, № 2.

О ВЛИЯНИИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД  
ХУП ГОРИЗОНТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЗЕНЬ НА ИХ КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА

Одним из основных объектов разработки среднеюрских отложений на месторождении Узень является ХУП горизонт, который представлен чередованием песчано-алевритовых пород с прослоями глин.

Как известно, коллекторские свойства песчано-алевритовых пород определяются их вещественным составом, под которым понимается петрографо-минералогический, гранулометрический состав обломочного материала, характер упаковки обломочных зерен, содержание и состав цемента. Для определения каждого из перечисленных параметров были изучены прозрачные и пропитанные окрашенным бакелитом шлифы песчано-алевритовых пород по методу П.П.Авдусина (1948) и В.П.Батурина (1947).

Характер упаковки зерен песчано-алевритовых пород определялся по несколько измененной методике Д.Кана (Кан, 1956; Черников, 1969). Характеристика упаковки определялась двумя величинами - плотностью упаковки ( $P_{пл}$ ) и близостью упаковки ( $P_{бл}$ ). Под плотностью упаковки понимается часть объема породы, занятая обломочным материалом. Близость упаковки характеризует число контактов, приходящееся на одно зерно исследуемой породы. Плотность упаковки зависит главным образом от количества цементирующего материала. Что же касается близости упаковки, то этот параметр в некоторой степени предопределяется фациальными условиями накопления осадков, но в основном зависит от постседиментационных процессов, главным образом уплотнения в результате действия нагрузки вышележащих толщ. Отношение количества контактов, приходящихся на одно зерно, к объему обломочного материала характеризует параметр упаковки ( $P_{бл}/P_{пл}$ ).

Для выявления влияния литологических характеристик на коллекторские свойства песчано-алевритовых пород были использованы методы корреляционного анализа математической статистики и теории информации (Длин, 1958; Вистелиус, 1964).

Песчаники и алевролиты ХУП горизонта серого и темно-серого цвета, с включениями обуглившегося растительного детрита, нередко с линзочками глинистого материала. Породы обладают неясно выраженной

слоистостью. В разрезе горизонта преобладают известковистые разности, характеризующиеся средней степенью цементации. Цементирующий материал в них преимущественно глинистый хлорит-гидрослюдисто-каолинового состава. Крепко сцементированные известковистые породы встречаются обычно за контуром нефтеносности. Этот факт может иллюстрировать различную степень проявления вторичных процессов в нефтенасыщенных породах и за контуром нефтеносности.

Глубины залегания песчано-алевритовых пород ХУП горизонта изменяются в сравнительно небольших пределах от 1320 до 1470 м. Спокойное залегание пластов (углы падения, замеренные по керну, не превышают  $5-7^{\circ}$ ), а также платформенные условия формирования локальной структуры Узень способствовали сравнительно низкой интенсивности преобразованности пород.

По петрографо-минералогическому составу обломочного материала песчано-алевритовые породы подразделяются нами, соответственно классификационной схеме А.Г. Коссовской (1962), на граувакковые и граувакково-кварцевые разности. Они незначительно отличаются друг от друга соотношением породообразующих компонентов. Так, в граувакковых разностях содержание кварца колеблется от 21 до 41%, полевых шпатов — от 6 до 19% и обломков пород — от 50 до 61%. В граувакково-кварцевых разностях, которые встречаются реже и, как правило, представлены алевролитами, содержание кварца составляет 30-49%, полевых шпатов — 7,9-23% и обломков пород — 32-49%. Содержание кварца увеличивается от песчаников к алевролитам.

Как видно из изложенного выше, петрографо-минералогический состав песчано-алевритовых пород колеблется в незначительных пределах, следовательно влияние названного литологического параметра на коллекторские свойства для всех исследованных пород ХУП горизонта будет однозначным. Корреляционный (линейный) анализ содержания кварца в породах и их пористости и проницаемости показал отсутствие линейной зависимости. Однако между анализируемыми параметрами существует более сложная по форме связь, что подтверждается весьма высоким коэффициентом информационной корреляции ( $\rho$ ). Так, между содержанием кварца и пористостью  $\rho = 0,86$ ; между проницаемостью и содержанием кварца  $\rho = 0,78$ .

Гранулометрический состав песчано-алевритовых пород охарактеризован средним диаметром обломочного материала ( $d_{cp}$ ) и коэффициентом его сортировки ( $\sigma$ ). Проведенный линейный корреляционный анализ между средним диаметром, пористостью и проницаемостью указывает на отсутствие такой связи (соответственно  $r = 0,21$  и  $0,3$ ). Более сложная по форме и тесная связь между анализируемыми параметрами характеризуется информационными коэффициентами корреляции

( $\rho = 0,7$  и  $0,73$ ). Еще более слабую прямолинейную зависимость показал анализ связи между коэффициентом отсортированности и коллекторскими свойствами пород ( $r = 0,15$  и  $0,19$ ). И в этом случае наблюдается весьма тесная более сложная по форме связь ( $\rho = 0,71$  для пористости и  $\rho = 0,72$  - для проницаемости). Отсутствие прямолинейной зависимости между гранулометрическими параметрами породы и ее коллекторскими свойствами, по-видимому, объясняется небольшими колебаниями содержаний в породах фракций различной размерности. В разрезе ХУП горизонта развиты преимущественно мелкозернистые песчаники, в которых преобладают фракции размером  $0,2-0,16$  и  $0,16-0,1$  мм. Примесь зерен других размерностей незначительна, что и обусловило незначительное колебание коэффициента сортировки, который изменяется от  $0,9$  до  $1,3$ , редко превышая  $2,0$ .

Слабая прямолинейная связь устанавливается между характером упаковки и пористостью и проницаемостью (коэффициенты корреляции между ними соответственно равны  $r = 0,22$  и  $0,3$ ). Однако более сложная по форме связь характеризуется весьма высокой силой, что следует из значений информационных коэффициентов корреляции между пористостью, проницаемостью и характером упаковки зерен ( $\rho = 0,8$ ). Отсутствие прямой связи обусловлено, по-видимому, двумя основными причинами - относительно невысокой и одинаковой степенью преобразованности песчаников и алевролитов ХУП горизонта и повышенным содержанием цемента в них.

Несколько более высокая прямолинейная связь устанавливается между содержанием цемента и пористостью ( $r = 0,26$ ); содержанием цемента и проницаемостью ( $r = 0,45$ ). Проведенный информационный корреляционный анализ показал весьма тесную связь более сложной формы между анализируемыми величинами ( $\rho = 0,86$  - пористость;  $\rho = 0,82$  - проницаемость). Отсутствие линейной связи или вернее ее относительно низкая сила объясняется небольшими колебаниями содержания цементирующего материала в исследуемых породах ХУП горизонта.

Для выявления литологического фактора, который оказывал бы доминирующее влияние на коллекторские свойства песчано-алевритовых пород, нами был проведен анализ матрицы частных коэффициентов корреляции (таблица). Он показал, что для пористости пород не удалось выявить доминирующего литологического фактора. Что же касается проницаемости, то ее величина определяется главным образом содержанием цемента и характером упаковки зерен.

Нами рассматривался размер и конфигурация поровых пространств в породах ХУП горизонта. По размеру поровые каналы изменяются от  $0,009$  до  $0,06-0,08$  мм. Причем для песчаников характерно присут-

Т а б л и ц а

Частные коэффициенты корреляции между коллекторскими свойствами и литологическими особенностями песчано-алевритовых пород ХУП горизонта месторождения Узень

Пористость

	Постоянные				
	$\sigma$	$d_{cp}$	$Q_v$	$P/p$	$ц$
Коэффициент сортировки $\sigma$		0,13	0,18	0,12	-0,28
Средний диаметр зерна $d_{cp}$	0,19		0,20	0,13	0,10
Содержание кварца $Q_v$	-0,12	0,08		-0,04	0,04
Параметр упаковки $P/p$	0,02	0,15	0,21		0,08
Содержание цемента $ц$	0,19	0,18	-0,25	-0,16	

Проницаемость

	Постоянные				
	$\sigma$	$d_{cp}$	$Q_v$	$P/p$	$ц$
Коэффициент сортировки $\sigma$		0,16	0,21	0,24	0,27
Средний диаметр зерна $d_{cp}$	0,28		0,30	0,49	0,10
Содержание кварца $Q_v$	-0,11	0,07		-0,09	0,16
Параметр упаковки $P/p$	-0,33	-0,49	-0,31		-0,80
Содержание цемента $ц$	-0,48	-0,36	-0,46	-0,83	

ствие пор размером 0,01 - 0,03 мм, для алевритов они не более 0,01 мм. Пory в песчаниках, как правило, удлиненные, извилистые, тогда как в алевритых - изометричные.

Эффективная пористость (по П.П.Авдусину) в песчаниках колеблется от 1 до 10%, в алевритых редко превышает 2%.

На основании всего изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Между литологическими особенностями и коллекторскими свойствами песчано-алевритовых пород ХУП горизонта месторождения Узень линейная зависимость отсутствует. Зависимость между этими параметрами имеет более сложную форму.

2. Доминирующими факторами, определяющими проницаемость исследуемых пород, являются содержание цемента и характер упаковки обломочных зерен.

## Л и т е р а т у р а

- Авдусин П.П. Грязевые вулканы. М., Изд-во АН СССР, 1948.
- Батурин В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., Изд-во АН СССР, 1947.
- Вистелиус А.Б. Задачи геохимии и информационные меры.- Сов.геология, 1964, № 12.
- Длин А.М. Математическая статистика в технике. М., "Советская наука", 1958.
- Коссовская А.Г. Минералогия терригенного комплекса Вилуйской впадины и Западного Верхоянья.- Труды ГИН АН СССР, 1962, вып.63.
- Черников О.А. Преобразование песчано-алевритовых пород и их пористость. М., "Наука", 1969.
- Kahn D. The analysis and distribution of the properties of packing in sand-size sediments. - J. Geol., 1956, v. 64, N 46.

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД  
ЮРЫ ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ИХ ПОРИСТОСТИ

---

В юрских отложениях промышленно-продуктивными коллекторами нефти и газа являются песчаники и алевриты. В связи с этим определенный интерес представляет литологическая их характеристика.

Среди исследованных пород по механическому составу выделяются все гранулометрические разности, однако распространение их как по площади, так и по разрезу неравномерно.

Крупнозернистые породы встречены почти исключительно в отложениях нижней юры и аалена. Наибольшее распространение они получили на западе исследуемой территории, особенно в пределах Мыса Песчаного. К востоку от него количество и мощность отдельных прослоев крупнозернистых песчаников уменьшается и в районах локальной структуры Узень они играют подчиненную роль. Крупнозернистые песчаники характеризуются двумя типами кумулятивных кривых. Хорошо отсортированные породы ( $S_0 = 2$ ) характеризуются кривыми первого типа с асимметрией от 0,5 до 1 (рис.1). Породы с худшей сортировкой ( $S_0 = 2$ ) характеризуются кривыми второго типа с асимметрией около 0,5. Размер медианного диаметра этих пород достигает 0,8 мм; средний диаметр редко превышает 0,55 мм; диаметр зерен первого квартиля редко составляет 0,4 мм.

Среднезернистые песчаники в отложениях юры распространены несколько шире. Они приурочены, так же, как и крупнозернистые разности, преимущественно к низам разреза, но в отличие от первых встречаются и в отложениях бата, байосса, где играют подчиненную роль.

Отсортированность их весьма высокая, значение коэффициента отсортированности в этих породах колеблется от 1,2 до 2, реже выше. По характеру кумулятивных кривых выделяются два типа среднезернистых песчаников (рис.2). Песчаники характеризуются кривыми первого типа с коэффициентом асимметрии до 1 и редко кумулятивными кривыми, аналогичными кривым второго типа с асимметрией  $> 1$ . Размер зерен первого квартиля среднезернистых песчаников иногда достигает 0,25 мм, средний диаметр не превышает 0,47 мм.

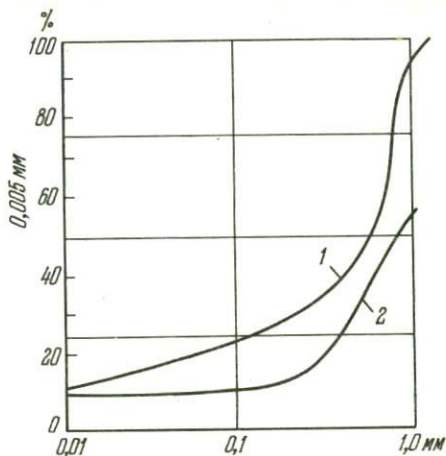


Рис.1. Типы кумулятивных кривых крупнозернистых песчаников

1 - скв. Жага, 6-Г, интервал 2832-2837 м (аален).  $Md = 0,53$ ,  $S_o = 2,32$ ,  $S = 0,58$ ; 2 - скв. Жетыбай, 8-Г, интервал 2535-2538 м (аален).  $Md = 0,80$ ,  $S_o = 1,74$ ,  $S = 0,81$

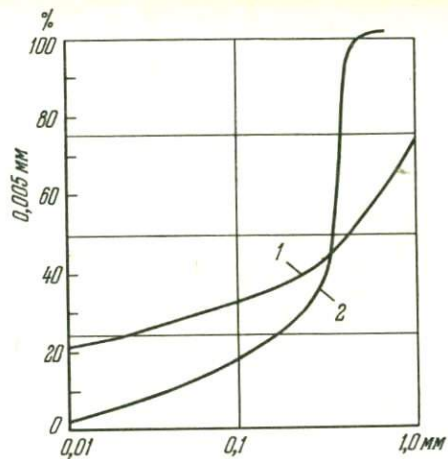


Рис.2. Типы кумулятивных кривых среднезернистых песчаников

1 - скв. Тасбулат, 1-Г, интервал 2450-2454 м (байосс).  $Md = 0,42$ ,  $S_o = 2,09$ ,  $S = 1,14$ ; 2 - скв. Жетыбай, 10-Г, интервал 2625-2630 м (нижняя юра).  $Md = 0,42$ ,  $S_o = 1,46$ ,  $S = 0,86$

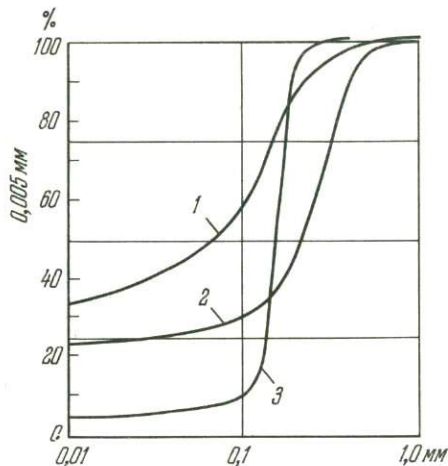


Рис.3. Типы кумулятивных кривых мелкозернистых песчаников

1 - скв. Жетыбай, 28-Г, интервал 2042-2045 м (бат).  $Md = 0,07$ ,  $S_o = 12,13$ ,  $S = 0,17$ ; 2 - скв. Жетыбай, 30-Г, интервал 2346-2350 м (байосс).  $Md = 0,21$ ,  $S_o = 3,52$ ,  $S = 0,42$ ; 3 - скв. Узень, 5-Г, интервал 1031-1038 м (бат).  $Md = 0,14$ ,  $S_o = 1,18$ ,  $S = 1,03$

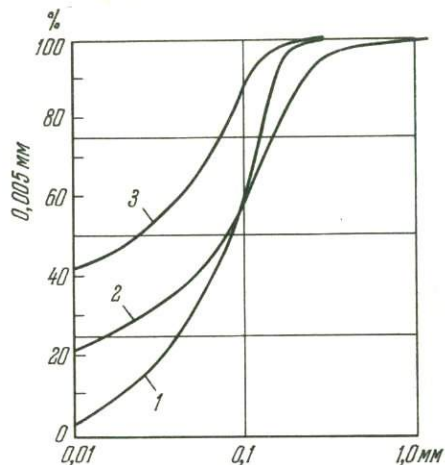


Рис.4. Типы кумулятивных кривых алевролитов

1 - скв. Жетыбай, 34-Г, интервал 2112-2115 м (бат).  $Md = 0,08$ ,  $S_o = 1,76$ ,  $S = 0,84$ ; 2 - скв. Узень, 22-Г, интервал 1072-1074 м (келловей).  $Md = 0,07$ ,  $S_o = 2,99$ ,  $S = 0,68$ ; 3 - скв. Тенга, 26-Г, интервал 2476-2481 м (бат).  $Md = 0,02$ ,  $S_o = 8,36$ ,  $S = 0,42$

Для средне- и крупнозернистых песчаников исследуемого разреза характерно незначительное содержание или отсутствие зерен алевритовой размерности и относительно низкая глинистость.

Мелкозернистые песчаники встречаются во всех частях исследуемого разреза. В отличие от охарактеризованных выше пород, значительную долю мелкозернистых разностей составляет пелитовая фракция, содержание которой достигает 40%. Соответственно размер частиц первого квартиля часто  $< 0,01$  мм. Степень сортировки обломочного материала этих пород колеблется в широких пределах. Наряду с хорошо отсортированными породами с  $S_o = 1-2$  здесь встречаются слабо отсортированные породы с  $S_o =$  от 3 до 5, иногда и выше (рис.3).

По характеру кумулятивных кривых среди мелкозернистых песчаников можно выделить три типа: 1) глинистые породы, слабо отсортированные,  $S_o = 10$ , коэффициент асимметрии их не превышает 0,2. Эти породы характерны для отложений бата; 2) средне отсортированные песчаники, слабоглинистые, коэффициент сортировки  $S_o$  до 5, коэффициент асимметрии около 0,5; 3) хорошо отсортированные разности,  $S_o = 1-2$ , коэффициент асимметрии около 1, содержание глинистого материала незначительно.

Алевролиты в исследуемом разрезе имеют наибольшее распространение и преобладают в отложениях келловоя, бата и байосса. Для них характерно повышенное содержание пелитовой фракции (часто около 40%) и почти полное отсутствие зерен крупно- и среднепесчаной размерности. По характеру кумулятивных кривых среди алевролитов выделены три типа, которые в целом аналогичны мелкозернистым песчаникам: 1) глинистые алевролиты, слабо отсортированные,  $S_o = 10$ , коэффициент асимметрии не выше 0,30 (рис.4); 2) средне отсортированные, слабоглинистые породы с коэффициентом сортировки  $S_o$  от 3 до 6, коэффициент асимметрии около 0,5; 3) хорошо отсортированные разности, слабоглинистые (до 5% фракции  $< 0,01$  мм), коэффициент сортировки около 1-2, коэффициент асимметрии около 1.

Важной особенностью исследуемых пород является отсутствие в них сопряженности гранулометрического и петрографо-минералогического состава обломочной части. Исключение составляют отложения батского яруса, для которых наблюдается уменьшение среднего диаметра зерен по мере увеличения содержания кварца в породе до 30%. При содержании кварца  $> 30\%$  зависимость приобретает обратный характер - с увеличением содержания кварца увеличивается средний диаметр зерен.

Отсутствие сопряжения гранулометрического и минералогического состава песчано-алевритовых пород юры объясняется, во-видимому,

преимущественно континентальными условиями формирования осадков; обломочный материал сносился с местных близко расположенных источников питания и не успел претерпеть механической и химической дифференциации.

При систематизации песчано-алевритовых пород по составу обломочного материала мы пользовались классификационной схемой А.Г.Коссовской (1962). Наибольшее распространение в разрезе юры имеют породы грауваккового семейства, несколько меньшее развитие - кварцевые и аркозовые песчаники и алевролиты.

Семейство кварцевых в исследуемом разрезе представлено олигомиктово-кварцевыми, аркозово-кварцевыми и граувакково-кварцевыми разностями.

Олигомиктово-кварцевые песчаники и алевролиты в отложениях юры приурочены главным образом к нижней части разреза, где образуют пласты мощностью до 5-10 м, редко больше. Породы серого и темно-серого цвета, обогащены обугленным растительным детритом, ориентированное расположение которого создает иногда неясноструктурную текстуру. В гранулометрическом отношении олигомиктово-кварцевые породы представлены преимущественно относительно грубообломочными разностями - крупно- и среднезернистыми песчаниками. Сортировка обломочного материала средняя и низкая, значение коэффициента сортировки  $\sigma$  (по В.П.Батурину, 1947) колеблется от 1,7 до 3. Характер упаковки зерен песчано-алевритовых пород оценивается по методике Д.Кана (Kahn, 1956) величинами плотности ( $P_{пл}$ ) и близости ( $P_{бл}$ ) упаковки, а также отношением  $\frac{P_{бл}}{P_{пл}}$ , названным

нами "параметром" упаковки. Плотность упаковки определяет, какую долю объема породы занимают зерна песчано-алевритовой размерности; близость упаковки - количество межзерновых контактов, приходящихся на одно зерно в данном образце. Содержание обломочного материала в описываемых породах составляет, как правило, 70-90% (от объема породы), лишь иногда в верхней части разреза оно равно 55-60%. Величина близости упаковки колеблется в широких пределах - от 0,1 до 0,8, причем наблюдается тенденция увеличения этого параметра с увеличением глубины залегания пород.

Основным породообразующим компонентом исследуемых песчаников и алевролитов является кварц, содержание которого достигает 85%, чаще всего составляя 60-65%. Зерна кварца угловатые, округло-угловатые, часто неправильной или удлинённой формы. Отметим, что окатанность и первоначальную форму зерен песчаников и алевролитов юры в целом определить очень трудно благодаря интенсивному проявлению вторичных процессов преобразования, которые выражаются в регенерации, конформации, корродировании обломочных зерен. Этими же про-

цессами объясняется образование кварцитоподобных и псевдогранобластных участков пород.

Полевые шпаты в олигомиктово-кварцевых породах составляют от 6 до 24, чаще 18%. Представлены они кислыми плагиоклазами, ортоклазом, которые часто интенсивно пелитизированы и каолинизированы, а также зернами микроклина весьма свежего облика. Зерна ортоклаза и микроклина неправильной изометричной формы, плагиоклаза, — как правило, несколько удлинены. Полевые шпаты подвержены интенсивному процессу растворения под давлением и деформации.

Обломки пород в составе олигомиктово-кварцевых песчаников и алевролитов составляют от 7 до 24%. Среди них встречены обломки кремнистых (1,5–20%), интрузивных (0–6%), эффузивных (0–17%) и глинистых (0–10%) пород. Обломки неустойчивых пород характеризуются неправильной, измененной конформацией, формой. Устойчивые компоненты обладают, как правило, изометричной формой.

Цемент пород разнообразен как по составу, так и по типу. Глинистый и карбонатный материалы образуют поровые и базальные цементы, вторичный кварц — регенерационный, пленочный, реже поровый. Содержание цемента колеблется в широких пределах — от 2–3 до 47%, чаще всего составляя 10–15% объема породы.

Аркозово-кварцевые песчаники и алевролиты в виде единичных образцов встречены в разрезе всех ярусов юры на ряде площадей (Тасбулат, Узень и др.). Породы серые, с зеленоватым оттенком, крепкие, массивные, иногда неяснослоистые, пятнистые за счет глинистых включений. В гранулометрическом отношении они представлены алевролитами, мелко- и, реже, среднезернистыми песчаниками. Отсортированность обломочного материала высокая, коэффициент сортировки преимущественно 1,2–1,6, редко до 2. Содержание обломочного материала составляет не менее 70% объема породы. Параметры близости упаковки в характеризуемых породах колеблются от 0,1 до 0,6, чаще составляя 0,35. Сопряжение зерен в породах происходит по взаимопроникающим контактам. Цементированы породы смешанным по составу кальцитовым, глинистым, кварцевым цементом, суммарное содержание которого достигает 40%. Для перечисленных минеральных разновидностей характерны соответственно базальный, поровый и пленочный типы цементации. Цементы, как правило, неравномерные, исключение составляет базальный цемент разъедания.

В обломочной части аркозово-кварцевых пород преобладают зерна кварца, содержание которого колеблется от 50 до 65%. Зерна его округло-угловатой, реже удлиненной формы, часто корродированы цементирующим материалом и регенерированы. Широко распространены явления растворения под давлением.

Полевые шпаты - ортоклазы и плагиоклазы - составляют от 25 до 30% обломочного материала. Это - зерна угловатой, иногда удлиненной формы, интенсивно пелитизированные, хлоритизированные и каолинизированные, а в породах с кальцитовым цементом - корродированные, местами полностью замещенные им.

В составе аркозово-кварцевых песчаников и алевролитов до 20% составляют обломки пород. Среди последних наблюдаются кремнистые, интрузивные, эффузивные, глинистые и редко песчано-алевритовые.

Граувакково-кварцевые породы, в противоположность аркозово-кварцевым, весьма широко развиты в отложениях юры, где они образуют пласты мощностью до 7 м. По своей характеристике граувакково-кварцевые песчаники и алевролиты отличаются от аркозово-кварцевых лишь соотношением породообразующих компонентов. Кварц составляет в них от 50 до 65%, полевые шпаты - от 5 до 20%, обломки пород - от 25 до 45%. Отсортированность обломочного материала, содержание которого в характеризуемых породах достигает 60-95%, средняя; коэффициент сортировки колеблется от 1,5 до 2,9. Параметр близости упаковки изменяется от 0,1 до 0,7. Отметим, что какой-либо закономерности изменения этого параметра с увеличением глубины залегания пород не наблюдается, что, по-видимому, объясняется нарушением первоначального соотношения обломочных зерен, широким развитием базального кальцитового цемента разъедания. Однако с глубиной залегания характеризуемых пород намечается тенденция усложнения межзерновых типов контактов. В основании разреза широко распространены взаимно проникающие сутуроподобные типы контактов. Помимо кальцита, цементом в граувакково-кварцевых породах служит глинистый, кварцевый и реже сидеритовый материал. Как по составу, так и по типу цементация неоднородна. Часто в одном и том же образце наблюдаются кварцевый регенерационный, сидеритовый пленочный и поровый глинистый цемент. Содержание цемента в целом колеблется от 2-3 до 30%.

Песчано-алевритовые породы аркозового семейства в исследуемом разрезе представлены лишь граувакково-аркозовыми разностями, которые встречаются в виде единичных образцов в разрезах бата и байоса некоторых площадей северной части Южного Мангышлака.

В гранулометрическом отношении это - алевролиты, мелко- и, редко, среднезернистые песчаники, высокосортированные ( $\sigma = 1,2$ , реже  $> 2$ ). Содержание обломочного материала 75-90% и лишь в разностях с кальцитовым базальным цементом разъедания содержание обломочного материала значительно снижается - до 56%. Параметр близости упаковки редко превышает 0,3, преимущественно составляя 0,15. Межзерновые контакты преимущественно механического приспособления и лишь в

породах, относящихся по возрасту к пермо-триасу (?), развиты сугроподобные сочленения зерен.

Цементом аркозовых пород служит глинистый, карбонатный, хлоритовый и кварцевый материал. По типу различаются базальный, поровый и, редко, пленочный цемент. Общее содержание цемента колеблется от 2-3 до 30%.

В составе обломочной части аркозовых пород преобладают зерна кварца, содержание которого колеблется от 35 до 48%. Это-угловато-округлые зерна изометричной формы, в нижней части разреза интенсивно корродированы, растворены под давлением. Полевые шпаты представлены кислыми плагиоклазами, ортоклазом, единичными зернами микроклина. Последние характеризуются весьма свежим обликом, тогда как плагиоклазы и ортоклаз подвержены каолинизации, пелитизации.

Среди обломков пород в граувакково-аркозовых породах встречаются те же петрографические различия, что и в описанных выше породах, отличаясь от них лишь процентным содержанием. Так, содержание обломков кремнистых и интрузивных пород в отдельности составляет от 0 до 12%, содержание же обломков неустойчивых пород - эффузивных и глинистых - колеблется от 0 до 15%.

Выделение граувакково-аркозовых песчаников и алевролитов в исследуемом разрезе весьма условно, так как по своей характеристике они близки к полевошпатово-граувакковым разностям.

Песчаники и алевролиты, относящиеся по составу к граувакковому семейству, наиболее широко распространены в юрских отложениях Южного Мангышлака. Здесь они встречаются во всех стратиграфических горизонтах, преобладавая в верхней части.

Собственно граувакковые разности в гранулометрическом отношении представлены главным образом мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Сортировка обломочного материала относительно хорошая, значение коэффициента отсортированности не превышает 2.

Содержание обломочного материала в характеризуемых породах около 90-85%, резко снижается до 55% в породах с базальным кальцитовым цементом разъедания. Укладка обломочного материала определяется значениями близости упаковки от 0,3 до 0,6, параметр упаковки - 0,3-0,5, иногда в нижней части разреза достигает 0,9.

Параметр упаковки обломочного материала собственно граувакковых пород с глубиной увеличивается. Эта тенденция нарушается присутствием пород с базальным кальцитовым цементом разъедания, который резко изменяет соотношение цементирующего и обломочного материала. Помимо кальцита, в исследуемых породах цементом служат глинистый материал, кремнистый, хлорит; часто роль цемента выполняют сильно

преобразованные обломки неустойчивых компонентов. Содержание цемента колеблется от 3-5 до 35-40%, чаще всего - 10-15%. Как по составу, так и по типу цементация смешанная - неоднородная.

Зерна кварца в кластической части собственно граувакковых разностей составляют от 6 до 40%, чаще 25-30%. Минимальное содержание кварца отмечается в породах оксфорд-киммериджа Жетыбайской, Песчаномысской и Чагала-Сорской структур, к низу разреза его содержание постепенно увеличивается. Первоначальная форма зерен повсеместно изменена коррозией либо кальцитовым или глинистым материалом. Часто наблюдается регенерация и спайвание кварцевых зерен, их коррозия и растворение под давлением, что иногда создает псевдогранобластовые участки пород. В характеризуемых породах в нижней части разреза иногда встречаются "бородчатые" зерна кварца.

Полевые шпаты в составе обломочной части собственно граувакковых песчаников и алевролитов составляют около 10-15%, реже снижаясь до 5% и повышаясь до 20%. Они представлены кислыми плагиоклазами, ортоклазом и редко микроклином. Все полевые шпаты подвержены сильным преобразованиям.

Основную долю состава кластической части граувакковых пород составляют обломки пород, содержание которых колеблется от 50 до 85%. Среди обломков нами выделены кремнистые (кварцитоподобные и скрытокристаллические образования), интрузивные, эффузивные и глинистые породы, в том числе сланцы. Причем обломки устойчивых пород представлены главным образом интрузивными, содержание которых в верхней части разреза Южного Мангышлака достигает 30%, а обломки кремнистых пород играют подчиненную роль (не превышают 5%). Среди обломков эффузивных пород, общее содержание которых колеблется от 0 до 45%, были определены андезиты и порфириты. К ним же относятся образования с пертитовой структурой. Обломки же глинистых пород в характеризуемых породах не превышают 10%. Обломки неустойчивых пород подвержены интенсивным преобразованиям - хлоритизированы, глинизированы, конформированы, местами выполняют роль цемента. Помимо описанных выше, в кластической части граувакковых песчаников и алевролитов значительно содержание измененной слюды, реже встречаются минералы тяжелой фракции.

Полевошпатово-граувакковые песчаники и алевролиты - наиболее распространенные минералогические разности пород в исследуемом разрезе. Они в гранулометрическом отношении представлены мелкозернистыми песчаниками и алевролитами, реже среднезернистыми песчаниками. Степень сортировки обломочного материала относительно высокая, коэффициент сортировки колеблется от 1 до 2, редко превышая 2. Содержание обломочного материала составляет 75-90% объема породы, ред-

ко сокращаясь до 50–55% в образцах с базальным кальцитовым цементом разъедания. Укладка кластического материала характеризуется значениями близости упаковки от 0,1 до 0,8; параметр упаковки колеблется в широких пределах – от 0,1 до 0,9 соответственно в верхней части и в низах разреза. Эта тенденция нарушается присутствием образцов с базальным цементом разъедания. Межзерновые контакты преимущественно взаимопроникающие. Цементированы породы, кроме кальцитового цемента, глинистым базальным и поровым, хлоритовым поровым и пленочным, реже кремнистым пленочным. В целом содержание цементирующего материала колеблется от 3–5 до 40%, составляя преимущественно 10–15%.

Характеристика обломочного материала полевошпатово-граувакковых песчаников и алевролитов очень близка таковой собственно граувакковых пород, описание которых дано выше. Различие наблюдается лишь в процентном содержании породообразующих компонентов. Зерна кварца в полевошпатово-граувакковых породах составляют от 28 до 50%, полевые шпаты – от 20 до 30%, обломки пород – от 25 до 50%, причем преобладают неустойчивые компоненты, составляя до 25–30% кластической части песчаников и алевролитов. Наряду с перечисленными выше компонентами в обломочной части значительно содержание листочков слюды (иногда до 10–12%). Неустойчивые компоненты интенсивно преобразованы и часто по периферии переходят в цементирующую массу, от которой их трудно отличить. Часто сами обломки неустойчивых компонентов выполняют роль цемента.

Для выявления влияния литологических особенностей песчано-алевритовых пород юры Южного Мангышлака на их пористость мы воспользовались методами математической статистики (Вентцель, 1962; Вистелиус, 1964). В результате корреляционного (линейного) анализа получены значения коэффициентов корреляции, которые оценивают тесноту соответствующих зависимостей.

Пористость – средний диаметр зерен ( $r = 0,16$ )

Пористость – коэффициент сортировки ( $r = 0,14$ )

Пористость – содержание устойчивых компонентов ( $r = 0,17$ )

Пористость – параметр упаковки ( $r = 0,14$ )

Пористость – содержание цемента ( $r = 0,36$ ).

Величины коэффициентов линейной корреляции указывают на очень слабую связь (или на ее отсутствие) между анализируемыми характеристиками породы. Однако более сильная и сложная по форме связь между ними существует, что видно по данным значений информационного коэффициента корреляции, который оценивает силу связи вне зависимости от ее формы.

Пористость - средний диаметр ( $\rho = 0,73$ )

Пористость - коэффициент сортировки ( $\rho = 0,67$ )

Пористость - содержание устойчивых компонентов ( $\rho = 0,77$ )

Пористость - параметр упаковки ( $\rho = 0,67$ )

Пористость - содержание цемента ( $\rho = 0,77$ )

С помощью анализа матрицы частных коэффициентов корреляции установлено, что содержание цементирующего материала в песчано-алевритовых породах является литологической характеристикой, которая оказывает доминирующее влияние на пористость этих пород.

Таким образом, величина пористости песчаников и алевролитов из отложений юры Южного Мангышлака зависит главным образом от содержания в них цемента и, как было показано ранее (Черников, 1969), от степени их вторичного преобразования.

### Л и т е р а т у р а

Батурин В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., Изд-во АН СССР, 1947.

Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Физматгиз, 1962.

Вистелиус А.Б. Задачи геохимии и информационные меры.- Сов.геология, 1964, № 12.

Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилуйской впадины и Западного Верхоянья.- Труды ГИН АН СССР, 1962, вып.62.

Черников О.А. Преобразование песчано-алевритовых пород и их пористость. М., "Наука", 1969.

Kahn D. The analysis and distribution of the properties of packing in sand-size sediments. - J. Geol., 1956, v. 64, N 46.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД  
НИЖНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ  
НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА

---

Нижнемеловые отложения широко развиты в пределах Западного Предкавказья, где с ними связаны крупные газовые и газоконденсатные месторождения. Разрез нижнего мела представлен терригенными породами с включением эффузивных образований, которые на отдельных площадях (Трехсельская) образуют довольно мощные (до 320 м) покровы.

Общая мощность нижнемеловых отложений в Западном Предкавказье изменяется в широких пределах — от 20–50 до 775 м.

Породы нижнего мела повсеместно в пределах исследованной территории трансгрессивно залегают на различных по возрасту образованиях — от гранито-гнейсов докембрия на севере до верхней юры на юге.

Основным типом коллектора в описываемых отложениях является гранулярный, емкостные и фильтрационные свойства которого обусловлены как литофаціальными особенностями, так и вторичными постседиментационными преобразованиями пород. В связи с этим выяснение влияния основных литологических параметров и факторов, их обусловивших, на структуру порового пространства является одним из основных вопросов, позволяющих определить изменение структуры порового пространства в гранулярном коллекторе во времени и пространстве.

В разрезе нижнего мела Западного Предкавказья основные продуктивные объекты связаны с отложениями верхнего готерива, апта и альба.

Готеривский ярус является продуктивным на Майкопском месторождении. Литологически разрез готерива представлен толщей светло-серых, почти белых ("сахаровидных") разномеристых слабосцементированных песчаников (мощностью до 40–60 м) с прослоями серых крепкосцементированных песчаников, алевролитов и глин.

Крупнозернистые песчаники встречаются в виде прослоев мощностью в 0,3–0,5 м. Содержание обломочного материала в них достигает 92–95%. Последний состоит из фракций  $> 0,5$  мм (55–78%). Примесь фракций размером 0,5–0,25 мм и 0,25–0,1 мм не превышает 10–17%.

Зерна алевритовой размерности составляют 5-20%. Отсортированность обломочного материала средняя и хорошая,  $S_o = 1,5 - 2,5$ .

В соответствии с классификацией М.С.Швецова (1948) песчаники характеризуют полевошпатово-кварцевый состав (кварца 65-75%, полевых шпатов 15-20% и обломков силицитов 3-5%). Устойчивые компоненты имеют угловатый габитус и неровную шероховатую поверхность. Крупные зерна кварца нередко имеют включения пирита в форме куба. Цемент песчаников глинистый, гидрослюдисто-каолинитового состава. Содержание его не превышает 5-8%. Тип цементации поровый и пленочный.

Среднезернистые песчаники получили большое развитие, они образуют пласты мощностью в 0,5-1,5 м в верхней и средней частях разреза готерива. В составе обломочного материала преобладают зерна размером 0,5-0,25 мм (45-67%), примесь других песчаных фракций составляет 25-35%, а алевритовой - до 5-12%. Заметная примесь различных фракций несколько ухудшает сортировку обломочного материала ( $S_o = 2 - 3,5$ ). Среднезернистые песчаники имеют полевошпатово-кварцевый и кварцевый состав обломочного материала. Содержание кварца в первых 68-80%, полевых шпатов - 15-20%, а во вторых кварца - 75-85%, полевых шпатов - 12-15% и обломков пород - 5-7%. Содержание цемента в породах 8-15%, что обусловило контактово-поровый и контактовый типы цементации.

Мелкозернистые песчаники встречаются по всему разрезу готерива, в нижней части они обогащаются алевритовым материалом и переходят в алевролиты. В составе обломочного материала песчаников преобладает фракция 0,1-0,25 мм, содержание которой составляет 53-80%. Примесь зерен средне- и крупнопесчаной размерности не превышает 3-5%, а алевритовой достигает 10-32%,  $S_o = 2,5 - 3,5$ . По минералогическому составу среди мелкозернистых песчаников преобладают кварцевые разности, в которых содержание кварца составляет 75-80% от общего объема кластической части породы. Полевошпатово-кварцевые мелкозернистые песчаники встречаются сравнительно редко. Цемент в описываемых песчаниках биминеральный - глинистый (каолиново-гидрослюдистый) и карбонатно-глинистый. Содержание карбоната кальция изменяется от 2-5% в пределах контура газоносности до 10-12% в законтурной части структур.

Алевролиты в разрезе готерива встречаются сравнительно редко в виде сантиметровых прослоев среди песчаников или образуют маломощные (в 0,2-0,5 м) прослои. Они характеризуются низкой сортировкой обломочного материала ( $S_o = 4,5$ ) и несколько повышенным содержанием цемента (до 20-23%). Обломочный материал преимущественно кварцевый (80-85%) с незначительной примесью полевых шпатов и обломков пород. Цемент карбонатно-глинистый.

Песчано-алевритовые породы готерива вскрываются на глубинах 2800–2900 м. Среднезавешенные геотермические ступени для нижнего мела, по данным В.Н.Матвиенко (1964), составляют 42,3 м<sup>0</sup>С. Кроме того, следует отметить, что формирование Майкопского месторождения происходило в спокойных платформенных условиях (углы падения, замеренные по керну, не превышают 2–5°). Тем не менее, несмотря на сравнительно большие глубины залегания песчано-алевритовых пород, интенсивность постседиментационных преобразований в них относительно невысокая, поэтому коллекторские свойства песчанников и алевритов находятся в прямой зависимости от фациальных условий накопления осадков.

Методом корреляционного анализа было установлено, что основным литологическим параметром, влияющим на коллекторские свойства пород готерива, является суммарное содержание цементирующего материала, т.е. была выявлена прямая зависимость между пористостью и содержанием цемента ( $r = 0,79$ ).

В связи с этим наиболее благоприятными породами для скопления в них газа и газоконденсата являются крупно- и среднезернистые песчаники, в которых содержание глинистого цемента сравнительно невысокое (3–5%). Пористость в породах данного типа достигает 20–28%, а проницаемость – 570–4507 мд. Песчаники с такими емкостными и фильтрационными свойствами, в соответствии с классификацией А.А.Ханина (1956), характеризуют I и II классы коллекторов.

В разрезе готерива встречаются также песчаники III и IV классов, емкостные и фильтрационные свойства которых несколько снижаются (пористость в них 10–16%, проницаемость 20–345 мд). Ухудшение коллекторских свойств связано с уменьшением размерности зерен обломочного материала и с увеличением суммарного содержания глинистого и глинисто-карбонатного цемента (до 8–15%).

Песчаники и алевриты, в которых пористость не превышает 10 мд, характеризуют У класс коллекторов. Низкие значения пористости и проницаемости обусловлены не только повышенным содержанием цементирующего материала (до 20–28%), но и вторичными постседиментационными процессами, способствующими замещению глинистого цемента карбонатом кальция.

Кроме того, на изменение коллекторских свойств песчанников и алевритов по разрезу готерива оказал влияние процесс уплотнения. Последний обусловлен главным образом геостатической нагрузкой вышележащих толщ. Разнозернистый и неоднородный состав обломочного материала создал условия неравномерного уплотнения гранулярных коллекторов по разрезу. В результате этого в песчаниках со средней и низкой отсортированностью, содержащих устойчивые (кварц) и

менее устойчивые (полевые шпаты) компоненты, наблюдается раздробление полевых шпатов на более мелкие обломки, которые заполняют свободное пространство между устойчивыми зернами, заметно сокращают поровое пространство и ухудшают фильтрационные свойства. В песчаниках (особенно с небольшим содержанием цемента) геостатическое давление способствовало более компактной упаковке обломочного материала, в результате чего обломочные зерна в породе приобретают точечные и линейные контакты. Однако вдавливания зерен друг в друга с образованием выпукло-вогнутых контактов не наблюдается.

В разрезе аптского яруса встречаются две разновидности пород-коллекторов: кварцевые песчаники и алевролиты и глауконитово-кварцевые разности. Породы имеют серую и зеленовато-серую окраску, крепкую цементацию, неравномернозернистый состав, неяснослоистые и пятнистые текстуры.

Кварцевые песчаники и алевролиты вскрываются скважинами глубокого бурения на площадях Великой, Ладжской, Усть-Лабинской, Некрасовской, Темиргоевской и Медведовской. Глубина залегания кварцевых песчаников аптского яруса составляет 2800—4400 м. По внешнему облику песчаники разнозернистые, светло-серые ("сахаровидные"), со средней и крепкой степенью цементации. Содержание обломочного материала в них 80—90%, остальная часть падает на долю цемента, который представлен кварцево-каолинитовым материалом порового, контакто-порового и регенерационного типов.

По гранулометрическому составу среди кварцевых разностей встречаются средне- и мелкозернистые песчаники и довольно часто алевролиты. Среднезернистые песчаники отмечаются на Некрасовской, Ладжской и Усть-Лабинской площадях, где образуют прослой мощностью

0,5—0,8 м. Обломочная часть их состоит на 30—57% из фракций размером 0,5—0,25 мм с примесью мелкопесчаной фракции — 0,25—0,1 мм (до 15—28%) и алевроитовой (до 10—17%). Коэффициент отсортированности колеблется от 3,5 до 4,5. Хорошо отсортированные разности песчаников встречаются довольно редко. Обломочный материал состоит в основном из угловатых зерен кварца, содержание которого достигает 75—83%. Полевые шпаты и обломки пород встречаются обычно в небольшом количестве (до 8—10%). Цемент в песчаниках глинистый, преимущественно каолинитового состава.

Мелкозернистые кварцевые песчаники получили наибольшее развитие по всему разрезу аптского яруса. Встречаются они в виде пластов мощностью до 1—1,5 м или сантиметровых прослоев. Обломочный материал их состоит на 45—62% из зерен размером 0,25—0,1 мм; количество среднепесчаной фракции составляет 10—16%, а алевроитовой 15—23%.  $S_0$  в них колеблется от 2,5 до 4,5. Минералогический состав мелко-

зернистых песчаников представлен кварцем (64–78%), полевыми шпатами (6–8%) и обломками силицитов (5–8%). Цемент глинистый и карбонатно-глинистый.

Алевролиты в виде отдельных прослоев встречаются по всему разрезу аптского яруса, но наибольшее развитие имеют в верхней части, где образуют пласты мощностью до 1–2 м. По структурным особенностям алевролиты характеризуются низкими значениями коэффициента отсортированности ( $S_0 = 3 - 4,5$ ).

Помимо алевритовой фракции, содержание которой достигает 50–66%, в алевролитах отмечается заметная примесь мелко- и среднепесчаной фракций. По минералогическому составу обломочного материала и цемента алевролиты имеют большое сходство с мелкозернистыми песчаниками.

Как видно из описанного выше, породы-коллекторы аптского яруса представлены плохо отсортированными разностями.

По коллекторским свойствам песчано-алевоитовые породы неоднородны как по разрезу, так и по площади развития. В соответствии с классификацией А.А.Ханина (1956), среди кварцевых песчаников и алевролитов встречаются породы-коллекторы II, III, IV и V классов.

Песчаные породы с повышенной (II класс коллекторов) и средней (III класс) емкостью встречаются в разрезе аптского яруса на Ладожской, Усть-Лабинской и Некрасовской площадях. Породы-коллекторы на перечисленных площадях подверглись постседиментационным преобразованиям в меньшей степени, чем на Темиргоевской площади. Постседиментационные преобразования пород-коллекторов на перечисленных площадях проявились в образовании карбоната кальция, сферосидерита, серицита и хлорита. Кроме того, наблюдаются процессы окварцевания и уплотнения.

Карбонат кальция встречается в виде отдельных включений (обычно не более 2–3%) в составе цемента. В шлифах видно, как кальцит образует небольшие "лепешковидные" скопления, состоящие из тонкозернистого кальцита. По каолинитовому цементу и обломочным зернам полевых шпатов развивается новообразованный серицит. Процесс серитизации проявляется повсеместно в породах-коллекторах аптского яруса и увеличивается с глубиной. Наиболее интенсивно процесс серитизации наблюдается на Темиргоевской площади, где кровля апта вскрывается на глубинах свыше 4100 м. Породы-коллекторы на этой площади содержат до 2–5% новообразованного серицита, который часто образует пленку вокруг обломочных зерен, что изменяет и сокращает поровое пространство.

Следует заметить, что в районах, где отложения апта испытали глубокие погружения (Темиргоевская площадь), отмечается и видоиз-

менение каолинового материала цемента в песчаниках и алевролитах.

Здесь каолинит участками образует искривленные сноповидные пакеты, напоминающие вермикулитовидные образования. Эти пакеты, в противоположность обычному агрегационному каолиниту, сильно изменены и превращены в своеобразный слюдоподобный минерал.

Процесс окварцевания в породах-коллекторах аптского яруса проявляется хотя и повсеместно в пределах Западного Предкавказья, однако с различной степенью интенсивности.

В песчаниках и алевролитах аптского яруса процесс окварцевания проявляется интенсивно на Темиргоевской площади, и в меньшей степени на Ладожской, Усть-Лабинской и Некрасовской площадях и заключается в появлении каемок нарастания аутигенного кварца на аллотигенных зернах кварца. Новообразованная каемка аутигенного кварца придает зерну неправильную регенерационную форму с неровными контурами. Вследствие окварцевания образуются регенерационные типы цементов, что также изменяет структуру порового пространства. Содержание аутигенного кварца в разрезе апта Темиргоевской площади составляет обычно 4-6% (нередко до 8-9%), в то время как на Некрасовской и Усть-Лабинской оно не более 4-5%.

Процесс уплотнения песчано-алевролитовых пород-коллекторов аптского яруса проявился во всей исследованной территории и связан главным образом с гравитационной нагрузкой вышележащих толщ. Под действием геостатического давления произошло перераспределение и более компактная упаковка глинистых компонентов и обломочного материала породы, в результате чего зерна обломочного материала сблизилась между собой и нередко контактируют, образуя выпукловогнутые (на Темиргоевской) и линейные (на Некрасовской и Усть-Лабинской площадях) контакты.

В разрезе аптского яруса Западного Предкавказья встречаются прослойки песчаников, почти лишенные цементирующего материала. Изучение подобных песчаников в шлифах показало, что обломочные зерна в них в большинстве случаев имеют линейные контакты и лишь в отдельных участках наблюдается вдавливание зерен друг в друга с образованием конформных структур. Следовательно, геостатическое давление обеспечило лишь перераспределение обломочных и глинистых компонентов породы, в результате чего обломочный материал приобрел более компактную упаковку.

Кварцевые песчаники и алевролиты апта на Некрасовской, Ладожской и Усть-Лабинской площадях характеризуются низкими значениями пористости и почти непроницаемы. Так, алевролиты имеют пористость насыщения 2-2,5%, а песчаники 2-9,6%. Проницаемость их

максимально достигает 2-6 мд и в редких образцах (Некрасовская площадь) составляет 41,5 - 173,6 мд.

Для песчаников апта (залегających на глубинах 2500-3300 м) был сделан корреляционный анализ, который показал отсутствие прямой корреляционной связи между пористостью и содержанием глинистого материала в составе цемента ( $r = 0,314$ ). Отсутствие прямой корреляционной связи отмечается также и между глинистостью и проницаемостью ( $r = 0,407$ ). Несмотря на то что содержание глинистого материала в песчано-алевритовых породах сравнительно небольшое (3,8 - 15%), пористость в них составляет 2,2 - 17% (лишь в единичных образцах достигает 20%). Такие низкие значения пористости обусловлены главным образом окварцеванием песчано-алевритовых пород, что подтверждается более тесной корреляционной связью ( $r = 0,68$ ) между пористостью и суммарным содержанием кварцево-глинистого цемента.

Помимо кварцевых песчаников и алевролитов, в разрезе аптского яруса отмечаются глауконитово-кварцевые песчаники и алевролиты, сцементированные глинистым цементом. Породы-коллекторы этого типа развиты преимущественно в южной части Западного Предкавказья на Абадзехской, Великой, Майкопской и других площадях.

В разрезе апта перечисленных выше площадей описываемые породы представлены преимущественно мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Среднезернистые песчаники встречаются редко, в подошве аптского яруса, где образуют сантиметровые прослои.

Мелкозернистые песчаники состоят из фракций размером 0,25 - 0,1 мм (50-61%) с примесью алевритовой (до 32%) и среднеспесчаной (до 8%). Состав обломочного материала кварцевый, но в породах присутствует глауконит (до 20-28%) в виде округло-лапчатых зерен, что позволило отнести их, согласно классификации М.С.Швецова (1948), к типу глауконитово-кварцевых разностей. Содержание глинистого цемента в песчано-алевритовых породах колеблется от 10-12 до 18-25%. Типы цементации - контактовый, контактово-поровый, порово-базальный и базальный.

В разрезе апта Майкопской площади наибольшее развитие получили породы-коллекторы III класса, со средней емкостью и проницаемостью. В то же время встречаются (хотя и сравнительно редко) прослои песчаников (скв.7, 16 и др.) как с очень высокими емкостными и фильтрационными свойствами (пористость 18-20%, а проницаемость достигает 1370 мд), так и прослои, в которых емкость не превышает 8-10%, а проницаемость вообще отсутствует.

Для песчаников апта Майкопского месторождения отмечается тесная корреляционная связь между содержанием глинистого цемента и пористостью ( $r = 0,82$ ).

В низах альбского яруса повсеместно отмечаются серые и зелено-вато-серые мелкозернистые песчаники и алевролиты. Среднезернистые песчаники отмечаются в виде прослоев мощностью 0,3–0,7 м. Крупнозернистые песчаники образуют лишь сантиметровые прослои на Березанской, Каневской и Сердюковской площадях.

Среднезернистые песчаники состоят на 38–52% из зерен размером 0,5–0,25 мм; на 22–38% из фракции 0,25–0,1 мм и незначительной примеси фракций > 0,5 мм (до 9%) и алевритовой (до 11%). Коэффициент отсортированности  $S_o = 2,5–3,5$ . По минералогическому составу они полевошпатово-кварцевые с примесью глауконита. Содержание кварца – 45–58%, полевых шпатов – 10–18%, глауконита – 8–15% и обломков силицитов – 5–8%. Цемент глинистый: гидрослюдистый, каолиново-гидрослюдистый, участками глауконитовый. Содержание цемента не превышает 10–15%, чаще составляет 8–12%, что обусловило поровый, контактово-поровый, порово-базальный, редко базальный типы цементации.

Мелкозернистые песчаники развиты по всему разрезу альбского яруса. Наибольшее развитие они имеют на площадях Армавирского, Усть-Лабинского, Тихорецко-Кропоткинского районов и в центральных разрезах Ейско-Березанского района. В песчаниках, помимо фракции 0,25–0,1 мм (количество которой колеблется от 39 до 63%), присутствуют среднепесчаная (до 8–21%) и алевритовая (до 14–22%) фракции. По минералогическому составу мелкозернистые песчаники представлены глауконитово-кварцевыми разностями. Содержание кварца в них 48–57%, а глауконита 18–24%. Полевые шпаты и обломки силицитов не превышают 6–10%. Цементом служат глинистый (глауконитово-гидрослюдистый и глауконитово-каолиново-гидрослюдистый) и карбонатно-глинистый материалы. Содержание цемента колеблется в широких пределах – от 10–12 до 18–25%. Тип цементации преимущественно смешанный: порово-контактный, порово-базальный и, реже, базальный.

Алевролиты наибольшее развитие получили на площадях Армавирского, Усть-Лабинского и в северных разрезах Ейско-Березанского районов. Представлены они глинистыми алевролитами, а по вещественному составу весьма близки к мелкозернистым песчаникам.

Песчано-алевоитовые породы по физическим свойствам неоднородны. Среди них встречаются породы-коллекторы всех классов. В нижней части альбского яруса в отдельных скважинах на Южно-Советской, Майкопской, Ново-Покровской, Березанской, Сердюковской, Староминской и Ленинградской площадях отмечаются прослои с очень высокими (I класс коллекторов) емкостными (пористость свыше 20%) и фильтрационными свойствами (проницаемость свыше 1000 мд).

Породы-коллекторы I класса в основном состоят из двух фракций

(мелко- и среднеспесчаной), для них характерно сравнительно невысокое (до 7-9%) содержание глинистого материала в составе цемента и отсутствие карбоната кальция.

Породы-коллекторы высокой емкости (II класс коллекторов) с пористостью 17-20% и проницаемостью 500-1000 мд (по данным керна) встречаются в разрезе альба довольно редко. Представлены они кварцевыми слабощемярованными песчаниками или песками. Не исключена возможность, что ввиду слабой цементации они не были подняты при бурении.

В большинстве разрезов Западного Предкавказья в альбском ярусе отмечаются в основном породы-коллекторы III и IV классов со средними (пористость 16-19%, проницаемость 188-499 мд) и пониженными (пористость 11-17%, проницаемость 28,1-42 мд) емкостными и фильтрационными свойствами.

Породы-коллекторы III класса наиболее развиты на Ленинградской, Березанской, Каневской, Челбасской и Староминской площадях, где они представлены глауконитово-кварцевыми и полевошпатово-кварцевыми песчаниками с каолинитово-гидрослюдистым цементом, содержание которого изменяется от 10 до 15-18%. Коэффициент отсортированности в большинстве случаев равен 2,5 - 3. Породы-коллекторы этого класса наиболее часто отмечаются в нижней части разреза, почти по всем изученным площадям, где они образуют пласты мощностью в 1-2 м.

Наибольшие значения пористости в породах-коллекторах III класса наблюдаются в разрезах скважин на Крыловской и Челбасской площадях, а проницаемости - на Березанской. Значительные изменения в физических свойствах пород-коллекторов средней емкости обусловлены худшей отсортированностью обломочного материала ( $S_0 = 3$ ), более высоким содержанием (до 10-18%) цементирующего материала, а также постседиментационными процессами, которые протекали с различной степенью интенсивности в пределах исследованной территории.

В породах-коллекторах III класса вторичные процессы затронули главным образом цементирующий и в меньшей степени обломочный материал. Наиболее часто в цементе отмечаются хлорит, серицит и пирит, образование которых происходило в стадию литификации осадка, а также в более позднюю стадию бытия породы.

На площадях Ейско-Березанского района, Майкопской площади, а также в Армавирском и Тихорецко-Кропоткинском районах значительно развиты породы-коллекторы пониженной и низкой емкости (IV и V классы). Коллекторы этих классов представлены глинистыми алевролитами глауконитово-кварцевого состава. Содержание кварца в них изменяется от 52 до 75%, содержание глауконита в полевых шпатах - 18-25%. Отсортированность обломочного материала очень низкая ( $S_0 = >5$ ).

Форма терригенных зерен только угловатая. Цементом в этих породах является гидрослюдистое, каолиново-гидрослюдистое, хлоритовое, глауконитовое и карбонатно-глинистое вещество.

Количество цемента нередко достигает 25-30%, обычно 15-20%. Тип цементации базальный и редко порово-базальный.

Коллекторские свойства пород-коллекторов IV класса изменяются в широких пределах. Так, пористость в разрезах Ейско-Березанского района колеблется от 11 до 17%; Усть-Лабинского - 14-16%, Армавирского - 10-18%. Проницаемость соответственно равна 28-41 мд в Ейско-Березанском районе, 18-45 мд в Усть-Лабинском и 17-84 мд в Армавирском районе.

Резкое изменение коллекторских свойств пород IV класса по сравнению с породами III класса обусловлено не только мелкозернистым составом обломочного материала и его низкой отсортированностью ( $S_0 = >5$ ), но также значительным содержанием глинистой, а в отдельных прослоях и карбонатно-глинистой примеси. Наиболее существенное влияние на ухудшение емкостных и фильтрационных свойств песчано-алевритовых пород-коллекторов U класса оказал процесс замещения, в результате которого по глинистому материалу развивались карбонат кальция, сидерит и доломит. Нередко, как на Ленинградской и Староминской площадях, отмечается присутствие всех перечисленных выше карбонатов. Корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь между суммарным содержанием карбонатной примеси ( $r = 0,8$  по Ленинградской площади) и пористостью. Еще более тесная взаимосвязь устанавливается между суммарным содержанием цементирующего материала и пористостью ( $r = 0,82$ ).

В разрезе Староминской площади в породах-коллекторах U класса отмечается заметная степень преобразованности песчано-алевритовых пород. Здесь гидрослюдистый материал почти полностью замещен хлоритом, образующим крупные пакеты в составе цемента. Такая интенсивная хлоритизация обусловила низкие емкостные и еще более низкие фильтрационные свойства. Вследствие этого пористость в большинстве исследованных образцов составляет 7-10%, а проницаемость практически отсутствует (0,5-2,2 мд). Для песчано-алевритовых пород, сцементированных хлоритовым и хлоритово-глинистым цементом, устанавливается сравнительно высокая корреляционная связь ( $r = 0,71$ ) между суммарным содержанием цемента и пористостью.

Помимо процесса хлоритизации, существенное влияние на снижение коллекторских свойств оказал процесс уплотнения, который способствовал сближению обломочных зерен. Последнее обстоятельство обусловило образование участков мозаичных структур с линейными и, редко, выпукло-вогнутыми контактами за счет регенерации кварцевых

зерен. Этот процесс наблюдается в разрезах скважин Усть-Лабинского района, а также на Темиргоевской и Медведовской площадях. Пористость в этих разрезах не превышает 8,5%, а проницаемость 0,1 - 2,5 мд.

Следует несколько остановиться на коллекторских свойствах песчано-алевритовых пород альба Куцевской площади, в разрезе которого отмечаются прослой алевролитов, характеризующиеся несколько отличными емкостными и фильтрационными особенностями по сравнению с другими разрезами Ейско-Березанского района. Так, пористость в них изменяется от 17 до 36%, а проницаемость от 0 до 7,5 мд. Повышенные емкостные свойства алевролитов Куцевской площади обусловлены высоким (до 20%) содержанием спикул губок, полные каналы которых обладают хорошими емкостными способностями, в то же время повышенное содержание глинистого и глинисто-опалового цемента (до 15-20%) резко снижает их фильтрационные свойства.

Как видно из изложенного, основными факторами, влияющими на коллекторские свойства песчано-алевритовых пород нижнего мела Западного Предкавказья, являются: 1) суммарное содержание цементирующего материала в составе песчаников и алевролитов. Корреляционный анализ устанавливает прямую зависимость между содержанием цемента и пористостью: для песчаников  $r = 0,79$ , а для алевролитов  $r = 0,68$  и  $0,82$ , а для альба  $r = 0,82$ ; 2) интенсивность постседиментационных преобразований песчано-алевритовых пород, которые зависят от привноса вещества из глубины или перегруппировки исходного вещества песчано-алевритовых пород под действием геостатического давления.

#### Л и т е р а т у р а

- Матвиенко В.Н. Геотермические особенности нижнемеловых отложений Западного Предкавказья.- Труды КФ ВНИИ, 1964, вып.23.
- Ханин А.А. О классификации коллекторов нефти и газа.- Разведка и охрана недр, 1956, № 1.
- Швецов М.С. Петрография осадочных пород. М., Госгеоллиздат, 1948.

К ИЗУЧЕНИЮ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ

---

Одним из основных направлений в нефтепромысловой геологии в настоящее время является изучение неоднородности продуктивных пластов.

Под неоднородностью продуктивного пласта в промышленной геологии понимают изменчивость как по площади, так и по разрезу литолого-физических свойств пород, слагающих этот пласт. При этом различают макро- и микронеоднородность в зависимости от масштаба исследований.

Так, Е.И.Семи́н (1962) и А.Ф.Дементьев (1965) под микронеоднородностью понимают изменчивость свойств коллектора, связанную с изменением внутренней микроструктуры породы. Сюда относится различие в гранулометрическом, минералогическом составе компонентов породы и другие ее особенности, которые могут быть изучены лишь в образцах керна и в шлифах.

К макронеоднородности относится пространственное распределение коллекторов внутри пласта – расчлененность его, изменение числа прослоев по площади, прерывистость отдельных прослоев, наличие отдельных участков полного отсутствия коллекторов в разрезе, которые определяются с помощью геофизических методов исследований, охватывающих интервалы разреза продуктивного пласта в скважине.

Однако такая, казалось бы, логическая градация, при специальных исследованиях неоднородности продуктивного пласта явно недостаточна. Существует некоторая неясность в отношении масштабности при изучении ряда параметров пласта (например, пористости и проницаемости). Действительно, проницаемость пород может быть определена на образцах керна и тогда изменение ее от образца к образцу следует, пользуясь установившейся градацией, относить к микронеоднородности. В то же время проницаемость пород продуктивного пласта может быть определена геофизическими или гидродинамическими методами исследований скважин и тогда ее следует относить к макронеоднородности. На наш взгляд, ни первое, ни второе не отвечает действительности, так как изменение проницаемости от образца к образцу является следствием изменения литологической характеристики породы,

т.е. зависит от микронеоднородности ее. А относить причину и следствие к одной категории масштаба неоднородности, нам кажется, неверно.

С другой стороны, изучение литологических особенностей пород пласта в зависимости от масштаба исследования может включать как исследование изменения гранулометрического, петрографо-минералогического состава пород и т.д., так и выделение в разрезе продуктивного пласта песчаных прослоев и прослеживание их по площади (т.е. выявление зон выклинивания). По-видимому, прежде чем приступить к изучению неоднородности продуктивного пласта, необходимо установить масштабность исследования. Для получения объективных данных для изучения неоднородности необходимо ввести понятие "элемент неоднородности". Вслед за М.В.Рацем (1968) под "элементом неоднородности" мы будем понимать наибольший объем рассматриваемого тела, который при данном масштабе исследования может считаться внутренне однородным по отношению к изучаемому параметру и отличаться по нему от смежного объема. М.В.Рац, изучая неоднородность горных пород в зависимости от абсолютного (линейного) размера элемента неоднородности, различает четыре порядка неоднородности.

В промыслово-геологических исследованиях в зависимости от размера элемента неоднородности можно выделить тоже четыре порядка неоднородности.

1. Неоднородность четвертого порядка проявляется при изучении кристаллической решетки минералов породы, при исследовании фильтрации индивидуальных поровых каналов, которые и являются элементом неоднородности.

2. Неоднородность третьего порядка проявляется при изучении петрографо-минералогического состава и структуры пород продуктивного пласта, при изучении проницаемости совокупности поровых каналов образца породы. Элементом неоднородности в подобных исследованиях является образец породы или шлиф.

3. Неоднородность второго порядка проявляется при выделении в разрезе продуктивного горизонта пластов, сложенных породами одного литологического типа, или неоднородных по проницаемости отдельных интервалов разреза. Это осуществляется с помощью геофизических методов или гидродинамическими исследованиями. Элементом неоднородности в этом случае является интервал разреза скважины, сложенный породой одного литологического типа и т.п.

4. Неоднородность первого порядка проявляется при сравнительной характеристике нескольких продуктивных горизонтов, каждый из которых является в этом случае элементом неоднородности.

Из сказанного следует, что при изучении неоднородности в промысловой геологии, как, впрочем, в любом другом случае, необходимо конкретизировать, неоднородность какого свойства породы изучается. Это тем более необходимо, если учесть, что литологические особенности определяют физические свойства породы и, следовательно, можно различать первичные и вторичные свойства породы. Первичными являются литологические особенности, вторичными — физические свойства.

Причем неоднородность первичных свойств (т.е. гранулометрического, петрографо-минералогического состава и других литологических особенностей пород, которые определяют коллекторские свойства) может быть изучена лишь в образцах и относится исключительно к микрон неоднородности, тогда как вторичные свойства, к которым относится пористость и проницаемость, могут быть изучены и по образцам и по участкам разреза скважины и отнесение этих свойств к той или иной категории неоднородности зависит от масштаба исследования.

Таким образом, изучение и выявление закономерностей изменения литологических особенностей пород по существу является изучением первичной микрон неоднородности продуктивного пласта.

Как следует из проведенных многими авторами исследований (Баишев, 1960; Семенов, 1962; Дементьев, 1965; Крамбейн, Грейбилл, 1969), параметры пласта подчиняются, как правило, определенным статистическим законам распределения. Установлено, что в некоторых случаях, по мере увеличения элемента неоднородности по отношению к области исследования, законы распределения значений изучаемого параметра меняются. Так, если значение проницаемости песчано-алевритовых пород, определенной на образцах керна, для продуктивного пласта подчиняется логарифмически нормальному закону распределения или близким к нему (эти законы отражают наиболее полную гамму изменений проницаемости), то распределение значений проницаемости для того же продуктивного горизонта, полученного в результате геофизических или гидродинамических исследований, подчиняется уже нормальному закону или близкому к нему закону Максвелла. При этом дисперсия и асимметрия распределения проницаемости уменьшается (таблица).

Это можно объяснить тем, что фильтрующий объем образца керна содержит значительно меньшее количество каналов фильтрации, чем интервал разреза скважины. Форма распределения проницаемости, как показали М.В.Рац и С.Н.Чернышев (Рац, 1968), зависит от количества и взаимосвязи каналов фильтрации, пронизывающих фильтрующий объем. Установлено, что при фильтрации через очень большие объемы, содержащие множество каналов фильтрации, распределение будет нормальным

## Т а б л и ц а

Характеристики распределения проницаемости  
некоторых месторождений. (Баишев, 1960)

Количество определений и статистики	Бавлы	Шкапово	Соколова гора	Ромашкино
	пласт			
	$D_1$	$D_1$	$D_2$	$D_1$
По данным исследования образцов керна				
Количество определений проницаемости . . . . .	192	236	82	412
Среднее значение проницаемости по фактическим данным, дарси . . . . .	0,523	0,420	0,376	0,459
Характеристики по теоретическому распределению Саттарова:				
среднее значение ( $K_{cp}$ ), дарси . . . . .	0,495	0,375	0,323	0,422
среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ), дарси . . . . .	0,404	0,306	0,263	0,344
По геофизическим данным				
Количество определений проницаемости . . . . .	161	72	163	376
Среднее значение проницаемости по фактическим данным, дарси . . . . .	0,570	0,429	0,589	0,398
Характеристики по теоретическому распределению Максвелла:				
среднее значение ( $K_{cp}$ ), дарси . . . . .	0,530	0,412	0,541	0,352
среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ), дарси . . . . .	0,262	0,174	0,262	0,164

или близким к нему. По мере уменьшения каналов фильтрации, участвующих в процессе, связь между ними в любой произвольно выбранной паре будет возрастать и нормальное распределение проницаемости приобретет асимметрию и будет стремиться к логарифмически нормальному.

Известно, что неоднородность оценивается значениями ряда статистик, характеризующими распределение данного параметра ( $\bar{x}$ ,  $\sigma$ ,  $s$ ), а, как было указано выше, закон распределения параметров пласта меняется в зависимости от отношения элемента неоднородности к обла-

сти исследования, следовательно меняются и значения статистики. Поэтому при изучении неоднородности необходимо учитывать и это положение.

Таким образом, при изучении неоднородности продуктивного пласта необходимо: 1) конкретизировать, изменение какого свойства пород изучается; 2) установить масштаб изучения; 3) учитывать соотношение размеров элемента неоднородности и области воздействия.

#### Л и т е р а т у р а

Байшев Б.Т. Функция распределения проницаемости и учет неоднородности пласта при проектировании разработки нефтяных месторождений.- Труды ВНИИ, Л., 1960, вып.28.

Дементьев Л.Ф. О понятии "геологическая неоднородность продуктивных пластов" и методах ее изучения.- Труды Гипровостокнефть (Пермский филиал), 1965, вып.1.

Крамбейн У.К., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. М., "Мир", 1969.

Рац М.В. Неоднородность горных пород и их физических свойств. М., "Наука", 1968.

Семин Е.И. Геологическая неоднородность пластов и некоторые способы ее изучения.- Труды ВНИИ, Л., 1962, вып.34.

Введение . . . . .	3
<u>А.Г.Алексин, Б.Ю.Вендельштейн, А.Д.Везирова, О.Н.Лысянская, М.В.Макаренко, Э.Б.Скрынник.</u> К вопросу оценки запасов верхне-меловой залежи нефти Малгобек-Вознесенского месторождения . . .	5
<u>Е.С.Парамонова.</u> Литологические особенности карбонатных коллекторов Малгобек-Вознесенского месторождения . . . . .	12
<u>В.Л.Зубайраев.</u> К вопросу о физико-механических свойствах карбонатных пород Карабулак-Ачалукского месторождения . . . . .	15
<u>Е.С.Парамонова.</u> К вопросу оценки пористости карбонатных коллекторов верхнего мела месторождения Карабулак-Ачалуки . . .	21
<u>О.А.Черников.</u> Комплекс методов количественного литологического изучения песчано-алевроитовых пород в связи с оценкой их коллекторских свойств . . . . .	26
<u>П.С.Жабрева, Ю.А.Райская.</u> Влияние пелитового цемента на коллекторские свойства песчано-алевроитовых пород нижнего мела Западного Предкавказья . . . . .	49
<u>А.И.Куренков.</u> О некоторых методах определения удельной поверхности и проницаемости гранулярных коллекторов . . . . .	52
<u>А.И.Куренков, В.С.Ключарев.</u> Эпигенетические преобразования пород-коллекторов пласта Д <sub>1</sub> Туймазинского месторождения и их влияние на коллекторские свойства . . . . .	58
<u>В.Р.Еникеев, Ю.А.Козлов, М.В.Макаренко, П.И.Пасько, Э.М.Сабанеева.</u> Влияние литолого-фациальных особенностей продуктивного горизонта на нефтеотдачу (на примере разработки горизонта Д <sub>1</sub> Туймазинского месторождения) . . . . .	62
<u>П.С.Жабрева, Т.М.Могилевская.</u> Литолого-геофизическая характеристика ХУП горизонта месторождения Узень . . . . .	71
<u>В.С.Ключарев, Л.П.Шендерей, В.А.Осипов.</u> Уточнение строения пласта Д <sub>1</sub> Туймазинского месторождения . . . . .	82

<u>Р.А.Владимирская.</u> Влияние литологических особенностей песчано-алевроитовых пород мела Южного Мангышлака на их коллекторские свойства . . . . .	87
<u>П.С.Жабрева, О.А.Черников, Ю.А.Райская.</u> О влиянии вещественного состава песчано-алевроитовых пород ХУП горизонта месторождения Узень на их коллекторские свойства . . . . .	91
<u>О.А.Черников, Н.Ф.Филина, Ю.А.Райская, Хо Ван Тинь.</u> Литологическая характеристика песчано-алевроитовых пород юры Южного Мангышлака в связи с оценкой их пористости . . . . .	96
<u>П.С.Жабрева.</u> Литологические особенности песчано-алевроитовых пород нижнего мела Западного Предкавказья и их влияние на коллекторские свойства . . . . .	107
<u>Э.М.Сабанеева, О.А.Черников.</u> К изучению неоднородности продуктивных пластов . . . . .	118

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ВЕРХНЕМЕЛОВОЙ ЗАЛЕЖИ НЕФТИ МАЛГОБЕК-ВОЗНЕСЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. Алексин А. Г., Вендельштейн Б. Ю., Везинова А. Д., Лысянская О. Н., Макаренко М. В., Скрынник З. Б. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Неоднократный пересчет запасов нефти и газа, приуроченных к карбонатным коллекторам, объясняется тем, что карбонатные разрезы, характеризуясь высокой неоднородностью, резко ограничивают возможность экстраполяции данных по отдельным скважинам на всю площадь. Особенно затруднено определение коэффициента эффективной пористости, выделение проницаемых участков разреза и определение эффективной мощности. Применение усовершенствованного варианта комплексного метода для обработки промыслово-геофизических материалов позволяет уточнить определение вторичной пористости и эффективной мощности ( $K_{п}^{вт} N_{эф}$ ). В результате подсчета, основанного на этом методе, начальные геологические запасы увеличились почти в два раза, а извлекаемые - в полтора раза, что может рассматриваться как верхний предел начальных геологических и извлекаемых запасов. Илл. 2.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МАЛГОБЕК-ВОЗНЕСЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. Парамонова Е. С. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Способность пород к трещинообразованию под влиянием тектонических факторов определяется прежде всего их механическими свойствами, которые, в свою очередь, контролируются литологическими особенностями. Для установления закономерностей развития трещин проведено детальное изучение литологических особенностей карбонатных пород, слагающих верхнемеловой разрез, таких, как вещественный состав, структура, текстура, состав и распределение примеси нерастворимого остатка и т. д. Детальные лабораторные исследования и анализ фактического материала показали, что на формирование коллекторских свойств верхнемеловых карбонатных пород существенное влияние оказывает количество и распределение нерастворимого остатка. Неоднород-

ность верхнемеловых известняков, обусловленная скоплением глинистого вещества в виде линз, прослоев и т.д., а также расположением сутуро-стилолитов и трещин, является одним из основных факторов влияния на физико-механические свойства пород верхнего мела.

УДК 552.54:539.219

К ВОПРОСУ О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД КАРАБУЛАК-АЧАЛУКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. З у б а й р а е в В.Л. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

На основании данных о скорости механического бурения, пористости и содержания нерастворимого остатка делается вывод о том, что разрез верхнемеловых отложений неоднороден. Дается краткое литологическое описание по новой скв.154, пробуренной с полным отбором керна. Табл.1. Илл. 1.

УДК 552.54:539.217

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОРИСТОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ВЕРХНЕГО МЕЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАБУЛАК-АЧАЛУКИ. П а р а м о н о в а Е. С. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

На основании промыслово-геофизических данных вся верхнемеловая толща разбита на шесть промысловых пачек. Статистическая обработка аналитических данных по разрезу скв.154 позволила определить основной вид пористости, присущий тому или другому пласту. Пачки, обладающие достаточным количеством пластов, которые характеризуются повышенными значениями вторичной пористости и трещиноватости, являются наиболее интересными с точки зрения коллекторских свойств. Наличие разных дебитов и различный процент обводнения по скважинам в какой-то мере объясняются слоистой неоднородностью, которая образуется вследствие переслаивания прослоев-коллекторов и плотных разностей карбонатных пород. Илл.1.

УДК 553 984 (001)

КОМПЛЕКС МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ИХ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ. Ч е р н и к о в О. А. Сб. "Литологические исследова-

ния пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Дается описание измерения литологических особенностей песчано-алевритовых пород, которые определяют их коллекторские свойства. В этот комплекс входят методы измерения петрографо-минералогического и гранулометрического состава слагающих породу компонентов, а также методы измерения их структурных особенностей. Измерение всех литологических характеристик производится на одном и том же образце (шлифе) без нарушения его целостности. В качестве примера применения комплексной методики приводятся результаты изучения коллекторов продуктивного пласта  $D_I$  Туймазинского месторождения в связи с оценкой их пористости и проницаемости. Табл.1. Илл.4. Библ. 29 назв.

УДК 553 984 (470.6)

ВЛИЯНИЕ ПЕЛИТОВОГО ЦЕМЕНТА НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД НИЖНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ. Ж а б р е в а П. С., Р а й с к а я Ю. А. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Рассматриваются вопросы влияния пелитовой фракции в песчано-алевритовых породах на их коллекторские свойства в зависимости от глубины залегания.

УДК 552.51.144:539.217

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПРОНИЦАЕМОСТИ ГРАНУЛЯРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ. К у р е н к о в А. И. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Приводятся данные расчета удельной поверхности гранулярных коллекторов пласта  $D_I$  Туймазинского месторождения по гранулометрическому анализу и содержанию цемента, определенному в шлифах. По данным удельной поверхности рассчитана проницаемость для этих пород. Табл.1. Илл. 3. Библ. 1 назв..

УДК 552.51.144:539.217

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ПЛАСТА  $D_I$  ТУЙМАЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА. К у р е н к о в А. И., К л ю ч а р е в В. С.

Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Рассматриваются эпигенетические преобразования песчано-алевритовых пород пласта  $D_1$  Туймазинского месторождения, обусловленные растворением кварца на контактах зерен. После формирования нефтяной залежи эпигенетические преобразования прекращаются в нефтенасыщенных породах и продолжают за контуром нефтеносности, где образуются "окварцованные" зоны, уменьшающие проницаемость песчаников. Авторами делается предположение о сравнительно древнем ( $C_3 - P_1$ ) времени формирования залежи и устойчивом положении границ залежи в последующие геологические эпохи. Илл. 2. Библ. 4 назв.

УДК 552.578.4 : 622.323

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА НА НЕФТЕОТДАЧУ (на примере разработки горизонта  $D_1$  Туймазинского месторождения). Е н и к е е в В. Р., К о з л о в Ю. А., М а к а р е н к о М. В., П а с ь к о П. И., С а б а н е е в а З. М. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Излагаются результаты определений основных геологических характеристик по 18 участкам горизонта  $D_1$ . Балансовым методом определены текущая и прогнозная конечная нефтеотдача по участкам. Выполнено сопоставление нефтеотдачи на различных участках и выявлено влияние литологического строения на нефтеотдачу. Отмечается неудовлетворительная выработка верхней пачки и водонефтяных зон. Табл. 3. Илл. 1. Библ. 4 назв.

УДК 552.51: 553.984.(574.1)

ЛИТОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХУП ГОРИЗОНТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЗЕНЬ. Ж а б р е в а П. С., М о г и л е в с к а я Т. М. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Рассматриваются вопросы корреляции, изменения литологического состава и коллекторских свойств по разрезу ХУП горизонта и структуры месторождения. Выделяются пачки, более обогащенные песчаным материалом. Рассматриваются вопросы литофациального замещения песчаных пород-коллекторов алевритами и глинами. Илл. 3. Библ. 9 назв.

УДК 553.984 (470.4)

УТОЧНЕНИЕ СТРОЕНИЯ ПЛАСТА  $D_1$  ТУЙМАЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.  
К л ю ч а р е в В. С., Ш е н д е р е й Л. П., О с и п о в  
В. А. Сб. "ЛитоLOGические исследования пород-коллекторов в  
связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений".  
1970 г.

На основе детальной корреляции разрезов и скважин и ана-  
лиза механического состава пород-коллекторов пласта  $D_1$  в  
статье дается уточнение строения пропластка  $D_1^B$  ( $D_0$  по про-  
мысловой номенклатуре) и выясняется сходство его с песчани-  
ками верхней пачки пласта  $D_1$ . Табл. 1. Илл. 3. Библ. 6 назв.

УДК 539.217:552.51:551:763 (574.1)

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПО-  
РОД МЕЛА ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА НА ИХ КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА.  
В л а д и м и р с к а я Р. А. Сб. "ЛитоLOGические исследо-  
вания пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой неф-  
тяных месторождений". 1970 г.

Рассматривается взаимосвязь между литологическими особен-  
ностями песчано-алевритовых пород и их коллекторскими свой-  
ствами с помощью корреляционного анализа. Илл. 4. Библ. 1 назв.

УДК 539.217:552.51:551.7622(574.1)

О ВЛИЯНИИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД  
ХУП ГОРИЗОНТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЗЕНЬ НА ИХ КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙ-  
СТВА. Ж а б р е в а П. С., Ч е р н и к о в О. А., Р а й -  
с к а я Ю. А. Сб. "ЛитоLOGические исследования пород-кол-  
лекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных место-  
рождений". 1970 г.

Рассматривается возможность применения метода корреляцион-  
ного анализа, позволяющего выявить основные литологические  
параметры песчано-алевритовых пород, влияющих на их коллек-  
торские свойства. Установлено, что прямой корреляционной свя-  
зи между вещественным составом и коллекторскими свойствами в  
полимиктовых песчаниках ХУП горизонта месторождения Узень не  
существует. Отмечается довольно тесная информационная связь  
между названными параметрами. Табл. 1. Библ. 7 назв.

УДК 552.51:551.762:539.217 (574.1)

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД ЮРЬЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ИХ ПОРИСТОСТИ. Черников О. А., Филина Н. Ф., Райская Ю. А., Хован Тинь. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Приводится детальная характеристика гранулометрических и петрографо-минералогических разностей песчано-алевритовых пород, встреченных в изученном разрезе. Между гранулометрическим и петрографо-минералогическим составом породобразующей части песчано-алевритовых образований юры отсутствует сопряженность. Показано также отсутствие линейной корреляционной связи между литологическими особенностями характеризуемых пород и их пористостью. Между названными параметрами отмечается связь сложной формы - информационная корреляционная связь. Илл. 4. Библ. 6 назв.

УДК 552.51:551.762:539,217 (470.6)

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД НИЖНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА. Жабрева П. С. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Излагаются результаты литологических определений по основным газоносным месторождениям Западного Предкавказья. Методом корреляционного анализа выявлены основные литологические параметры, влияющие на коллекторские свойства в гранулярных коллекторах. Отмечается влияние вторичных постседиментационных преобразований на пористость песчано-алевритовых пород. Библ. 3 назв.

УДК 552.5:553.982.2

К ИЗУЧЕНИЮ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ. Сабанеева З. М., Черников О. А. Сб. "Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений". 1970 г.

Геологическая неоднородность пласта рассматривается с позиций масштабности явлений, в связи с этим вводится понятие "элемента неоднородности". Неоднородность гранулометрическо-

го, петрографо-минералогического состава и других литологических особенностей породы пласта может быть изучена лишь в образцах и относится исключительно к микронеоднородности, вне зависимости от масштаба исследования. Коллекторские же свойства породы (пористость, проницаемость) могут быть изучены и в образцах и в массиве, и отнесение их к той или иной категории неоднородности зависит от масштаба исследования. Таким образом, при изучении неоднородности продуктивного пласта необходимо конкретизировать изменение какого свойства пород изучается и каково соотношение размеров элемента неоднородности и области воздействия, в зависимости от этого соотношения будем получать различные функции распределения изучаемых параметров. Табл. I. Библ. 5 назв.

Литологические исследования пород-коллекторов  
в связи с разработкой нефтяных месторождений

Утверждено к печати Институтом геологии  
и разработки горючих ископаемых  
Министерства нефтяной промышленности СССР

Редактор Н.А.Никитина  
Технический редактор В.В.Тарасова

Подписано к печати 4.IX 1970г. Формат 60x90 1/16. Бумага № 2.  
Усл.печ.л.8,5. Уч.-изд.л.8,2. Тираж 600 экз. Т-14402  
Тип.зак.1245 Цена 82 коп.

Издательство "Наука". Москва, К-62, Подсосенский пер., д.21  
I-й типография изд-ва "Наука". Ленинград, В-34, 9 линия, д.12

### Исправления и опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
18	6 св.	дробления	бурения
53	1 св.	6650 С	66,50 С
86	9 св.	$S_k = 1$	$S_k < 1$
121	3 св.	s	as

Литологические исследования пород-коллекторов. . .

82 КОП.

1682