ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© М.И.Рустамов, 2012

МОДЕЛЬ КОРНЕЙ ОФИОЛИТОВ В ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ МЕЗОТЕТИСА МАЛОГО КАВКАЗА*

Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

На основе анализа и обобщения геологических данных, включая индикаторные признаки магматизма, установлены рифтогенные заложения океанического бассейна Малого Кавказа в позднем триасе. В геодинамической модели предлагаются совершенно новая схема палеотектонической обстановки и этапы развития структур Мезотетиса. На раннеокеаническом этапе спрединг прекращается в байосе, а в период кульминации позднекиммерийского тектогенеза компрессии происходит превращение океанической коры в серпентинитовый меланж и образование офиолитовой аккреционной призмы островов на фронте активной окраины Южнокавказской плиты и террейнов. Сужение бассейна приводит к причленению террейнов друг к другу с образованием сдвоенного океанического бассейна, а также формированию сутур офиолитов в зоне сопряжения симатической (Гарабагской) и сиалической (Лок-Агдамской) островных дуг. На позднеокеаническом этапе наряду с регенерацией спрединга и субдукции в новом плане и другими процессами формируются желобоподобные грабен-прогибы на южных бортах в каждой ветви океанического бассейна, в период закрытия которых грабен-прогибы служили «ловушкой» в накоплении автохтонной олистостромовой толщи и аллохтонных покровов офиолитов.

Некоторые проблемы малокавказского Мезотетиса и постановка вопроса

Вопросы геолого-тектонического строения, закономерностей проявления магматизма и размещения месторождений рудных полезных ископаемых Малого Кавказа, начиная с 30-х годов прошлого века, привлекали пристальное внимание многочисленных исследователей. За этот период был установлен стратиграфический возраст почти всех осадочных, вулканогенно-осадочных толщ, слагающих тектонические зоны внешней рамы офиолитовых поясов, а также покрывающих их карбонатных, терригенных и вулканогенных комплексов и некоторых литофациальных образований, выступающих внутри офиолитов.

В многочисленных публикациях и обобщенных работах по Малому Кавказу габбро-гипербазиты Гейча (Севано)-Акеринской тектонической зоны были приняты как интрузивные образования, прорывающие спилито-диабазовую формацию средне-верхнего мела. При этом последовательность процессов не противоречила впервые установленному К.Н.Паффенгольцем туронскому возрасту для вулканогенно-осадочных образований офиолитов (эффузивно-радиоляритовый комплекс) и Л.И.Леонтьевым и В.Е.Хаином – позднемеловому до верхнесенонского возрасту для гипербазитов, а также позднеэоценовому времени их внедрения (Паффенгольц 1934, 1971; Леонтьев, Хаин, 1949). В последующем Э.Ш.Шихалибейли (1967), исходя из укоренившихся представлений, и на основе обнаруженного им трансгрессивного перекрытия терригенно-обломочной толщей апта офиолитов северной подзоны (по-нашему, надсубдукционный аккреционный комплекс) Гейча-Акеринской зоны, допустил развитие в данном поясе, наряду с меловой, еще и палеозойской офиолитовой формации. Офиолиты Гейча-Акеринского пояса на протяжении длительного времени являлись предметом петрографических и металлогенических исследований.

Более существенным несоответствием в представлениях исследователей является расчленение малокавказского Мезотетиса по не

* Доклад обсужден на общереспубликанском научном семинаре в Институте геологии НАНА 27.I.2010 г.

существующему, как бы единому Анкаван-Зангезурскому (Гирратахскому) разлому на две мегазоны – платформенную или субплатформенную область геоантиклинория в юго-западном блоке и антикавказский геосинклинорий в северо-восточном блоке данного разлома. При этом в связи с отсутствием в составе юрского магматизма спилит-диабазов и гипербазитов в антикавказской области, так называемой Сомхито-Гафанской структурно-формационной зоне, данную область причисляли к вторичным геосинклинориям. В эволюции последней допускали формирование в среднем-верхнем мелу Гейча-Акеринской интрагеосинклинали и Малый Кавказ относили к типичным эвгеосинклиналям.

Следует отметить, что вышеуказанная трактовка, не соответствующая действительному геолого-тектоническому строению Малого Кавказа, находит в настоящее время своих сторонников не только фиксистского, но в некотором аспекте и мобилистского толка. Представления, независимо от позиций базирующиеся на соединении Анкаванского и Гирратахского разломов и причислении их к единой сутурной зоне офиолитов Малого Кавказа, не согласуются с геотектонической и геодинамической эволюцией Мезотетиса, со структурно-пространственной закономерностью развития мезокайнозойского магматизма, а также распространением позднекиммерийского и раннеальпийского офиолитового меланжа, разобщенного симатической Гарабагской островной дугой. Еще более противоречиво объединение этих разломов, не сходных по морфогенетическому типу и имеющих различные тектонические положения в ранне- и позднеокеанических периодах развития малокавказского Мезотетиса. Гирратахский разлом взбросонадвигового типа, ограничиваяя с юго-запада активную окраину Гафанского блока (террейна), а Анкаванский разлом сбросового типа, аналогично Лачын-Башлыбельскому разлому Гафанского блока, проходит вдоль ступени северо-восточного пассивного континентального склона Мисханского массива (террейна). Прав был Шихалибейли (1967), считавший, что продолжением Лачын-Башлыбельского разлома, покрытого южнее оз.Гейча (Севан) молодыми вулканитами, далее на западе является Анкаванский разлом. С другой стороны, Гирратахский разлом юго-западной вергентности характеризует поднятие и надвигание мезозойских островодужных комплексов и неокомских известняков на мезозойский аккреционный комплекс Зангезурской шовной зоны, где данный комплекс трансгрессивно покрывается терригенно-обломочными отложениями апта с базальными конгломератами в основании (Рустамов, 1968; Белов, 1969). Напомним, что до наших исследований и даже в последующие годы в обобщенных работах по традиции было принято говорить о северо-восточной вергентности Гирратахского разлома и надвигании метаморфизованных комплексов докембрия – нижнего палеозоя и известняков девона на вулканогенные толщи юры Гафанского антиклинория. Причем, согласно ошибочным мнениям армянских геологов, метаморфизованные комплексы юры, мела и даже кремнистые песчано-глинистые отложения палеоцена, прорванные многочисленными субвулканическими телами базальтоидов эоценового вулканизма, были отнесены к докембрию – нижнему палеозою, а часть батолита – к палеозою. Так сложилось и укоренилось в мнениях понятие о так называемом Зангезурском антиклинории. Уместно отметить, что в глубокой долине р.Охчичай на значительном удалении от Гирратахского разлома, на СВ борту Мегри-Ордубадского батолита по Говшутскому разлому отчетливо наблюдается надвиговая структура и обратное залегание пород апта. Данный надвиг является результатом коллизионной геодинамики и проявления интенсивного магматизма вулкано-плутонической ассоциации, что доказывается приуроченностью к СЗ продолжению Говшутского разлома Агсаккальского гранитоидного интрузива с протяженной лентообразной морфологией (Азизбеков, Рустамов, 1973; Рустамов, 1987). В интрузивном массиве с резкими границами прослеживается полоса ксенолитов аналогично ксенолитам и агматитам Пазмара-Агаракской полосы ЮЗ части батолита. Они метаморфизованы в амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фациях, порою гранитизированы и представлены всей гаммой пород офиолитовой ассоциации вплоть до кремнистых, превращенных в амфиболитовые кварциты.

В современной тектонике одной из характерных особенностей Гейча-Акеринской тектонической зоны является простирание цепи синклинориев (Сарыбабинский, Гейчинский, Ширакский) по северному флангу Лачын-Башлыбель-Анкаванского (Мармаринского) разлома. Нам представляется, что не следует эти разломы приравнивать и рассматривать в одном порядке с глубинным разломом, простирающимся вдоль центральной части погружения вышеуказанной цепи синклинориев, заполненных мощной олистостромовой толщей и покровами офиолитов.

К сожалению, при палеотектонических и геодинамических реконструкциях Мезотетиса совершенно не учитываются также значение региональных широких зон правых северо-восточных трансформных разломов (Аразчайский, Тертерчай-Агрыдагский), а также активизация в коллизионном периоде двух почти параллельных глубинных зон разломов согласно простиранию синклинориев Еревано-Ордубадской и Гейча-Акеринской тектонических зон. Для этих зон характерна отчетливо выраженная синхронная геодинамическая полярность обстановки сжатия и растяжения, сопровождаемая магматической полярностью экстенсивности проявления вулканизма и интрузивного магматизма палеогена. Они приурочены к рифтогенным флишевым трогам палеоцена, заложенным в новом тектоническом плане вдоль офиолитовой сутуры (Рустамов, 1983; 1987; 2005).

Таким образом, морфогенетически и кинематически идентичные Лачын-Башлыбельский и Анкаванский (Мармаринский) разломы континентального склона служат границей Сарыбабинского, Гейчинского и Ширакского синклинориев с Мисхано-Гафанской тектонической зоной Малого Кавказа. Наличие неоднократной трансгрессии моря в разрезах отложений автохтона континентального склона и их фаций и мощностей не вызывает сомнений в том, что данная граница в позднемеловой палеотектонике ограничивает пассивный южный борт с непрерывным погружением и югонаправленной латеральной миграцией осевой зоны Гейча-Акеринской ветви глубоководного бассейна с океанической корой.

Аналогичное геолого-тектоническое сходство наблюдается на северо-восточном фланге Северодаралагезского и Джульфинско-Джагринского разломов, ограничивающих юго-западные борта Вединского, Арпинского и Ордубадского синклинориев юга Малого Кавказа, а также Гарадагского синклинория – их непосредственного продолжения на территории Южного Азербайджана. Важно отметить, что в период (J_1-K_2) развития малокавказского океанического бассейна юго-западный борт Ордубадского синклинория, соответствующий пассивному континентальному склону Даралагезского блока Иранской плиты, характеризуется сложным тектоническим строением. Метаморфический фундамент байкалид с терригенно-карбонатной и карбонатной формациями чехла среднего девона – триаса, выступающий за пределами синклинория, местами прорывается допермскими малыми интрузивными телами высокотитанистых кварцевых и бескварцевых долеритов (Рустамов, 1989).

В палеотектонике пассивного континентального склона в соответствии с фацией и возрастом отложений отчетливо вырисовываются крайние ступени, континентальное подножье и приразломное окраинно-континентальное поднятие. Здесь в шельфовой зоне палеоценового флиша в районе минеральных вод Бадамлы над известняками верхнего сенона выступают отложения палеоцена обломочно-терригенной фации. Они имеют заметно сокращенную мощность (170 м) с многочисленными, но непротяженными слоями офиолитокластовых конгломератов. Данный факт не только подтверждает наличие в мезозойском субстрате офиолитов, но и еще более интересное явление в коллизионной геодинамике – выпирание и размыв офиолитов вдоль приразломного поднятия в процессе рифтогенного развития флишевого трога палеоцен-эоцена вдоль зоны Зангезурской сутуры. При этом отдельные выходы с невскрытым основанием довольно мощных (>600 м) флишоидных отложений турон-коньяка с быстро выклинивающимися пластами мраморизованных известняков трассируют континентальное подножье. Примечательно, что нижнеконьякская песчано-аргиллитовая часть разреза всюду приобретает темно-черную окраску, утрачивает ритм флиша и местами изредка содержит скопления глыб (до 80 см) гипербазитов.

Обломки последних встречаются среди аллювия ручья Бузгов, склоны которого всюду сложены осадочными породами.

На крайних ступенях континентального склона с тектоническим несогласием на доломитах триаса залегает толща (270 м) трещинных излияний высокотитанистых базальтов, которые трансгрессивно в основании гравеллитов покрываются карбонатно-терригенными отложениями аален-келловея. При этом корреляция разрезов (Альборса, Гарадага, Джульфы, Мисхана, Бейбурта, Восточного Понта и северо-восточного склона Малого Кавказа) осадочных толщ верхнетриас-лейаса и лейаса с подчиненными базальтоидами и их туфовулканокластическими слоями на северном и южном добайосовых пассивных окраинах Малокавказ-Альборсского океанического бассейна позволяет нам утверждать, что излияние высокотитанистых базальтов в осевой зоне и по листрическим разломам начинается после углистых моласс норийского века в период рифтогенного заложения океанического бассейна Мезотетиса (Рустамов, 1979; 2001). Поэтому эти базальтоиды обнаруживаются в офиолитовом меланже Малого Кавказа (Книппер, 1975; Книппер, Соколов, 1976; 1985).

В период кульминации позднекиммерийского тектогенеза и сужения океанического бассейна пассивный континентальный склон Даралагезского блока Иранского микроконтинента освобождается от морского бассейна вплоть до позднетуронской трансгрессии, охватывающей все пространство пассивного борта океанического бассейна на северо-восточном фланге Джульфинско-Джагрынского разлома. Поэтому на крайней ступени пассивного склона базальтовая толща и осадочное отложение аален-келловея с трансгрессивным и тектоническим несогласием покрываются мощной вулканогенной толщей верхнего турона – коньяка (370-615 м) с базальными конгломератами в основании (до 20 м). Восходящий разрез верхнего мела согласно продолжается сильно известковистыми песчано-алеврито-глинистыми отложениями (до 80 м), содержащими обильные органические остатки, а также в низах базальтового покрова (1,8 м). Разрез завершается массивными известняками верхнего сенона. Проявление верхнемелового контрастного базальт-плагиориолитового вулканизма андийского типа на пассивном континентальном склоне нами рассматривается как закономерность, связанная с реорганизацией обстановки двусторонних субдукций океанической коры в период окончательного закрытия малокавказского океанического бассейна в раннеальпийском тектогенезе (Рустамов, 1987; 2005).

Вышеизложенная детализация характеристик мезозойских комплексов вызвана тем, чтобы еще раз привлечь внимание геологов к проблемным вопросам Мезотетиса и плейттектонических структур типа синклинориев Малого Кавказа и Ирана, подобных Ордубадскому, являющемуся их тектонотипом. Поэтому при решении проблем геодинамической эволюции Мезотетиса необходимо на основе современных позиций пересмотреть устаревшие представления исследователей о разночтении возраста мезозойских комплексов (за исключением аален-келловейского), формировании этих комплексов в узком мелководном заливе в платформенной области, причислении этого залива к зародышам синклинориев и выделении между Ордубадским синклинорием и Гафанским антиклинорием в одном порядке с ними несуществующего Зангезурского антиклинория.

Следует отметить, что еще до появления революционной идеи тектоники литосферных плит автором доказана принадлежность Зангезурской области к крутому северо-восточному борту Ордубадского синклинория и выделена «Зангезурская шовная зона» в опущенном западном блоке Хуступ-Гирратахского разлома (Рустамов, 1968), что было в последующем подтверждено дополнительными фактическими материалами (Белов, 1969; Азизбеков, Рустамов, 1973 а,б). В отличие от существующих представлений зародышем Ордубадского и других синклинориев автором принимаются цепи остаточных прогибов на границе дуга-плита с неоавтохтонными карбонатными комплексами верхнего сенона, возникших после закрытия Веди-Зангезурской ветви океанического бассейна. На основе многочисленных фактических материалов впервые нами установлена приуроченность покровов офиолитовой сутуры к мезозойскому субстрату синклинориев юга Малого Кавказа, что вошло в число важнейших научных

результатов АН СССР. В последующем на юго-западном фланге Гирратахского разлома (аналогично Муровдагскому разлому) выявлена достаточно типичная меланжированная офиолитовая ассоциация, перекрытая базальными конгломератами верхнеаптско-альбской кремнисто-карбонатно-терригенной толщи (Успенская и др., 1988). Зангезурская сутура в коллизионный период представляла собой зону глубинного разлома, к которому были приурочены вулканический и гранитоидный магматизм палеогена.

К сожалению, в фундаментальных работах (Панов, Ломизе, 2007; Гамкрелидзе, Шенгелиа, 2005) по Кавказу продолжают допускаться устаревшие представления, в том числе причисление юго-восточного окончания Ордубадского синклинория к Зангезурскому антиклинорию или массиву платформенной области Гондваны, что является скорее всего артефактом.

Офиолитовые пояса Малого Кавказа

На Малом Кавказе и его погруженном юго-восточном сегменте в Куринской депрессии офиолиты приурочены к зоне коллизии дуга-дуга и дуга-плита. Обычно в горной области они прослеживаются в виде цепи поясов синклинориев шириною до 25-30 км. Офиолиты представляют собой аллохтонные комплексы меланжированной коры исчезнувшего океанического бассейна северной ветви Мезотетиса. В современной тектонике М.Кавказа аллохтонные ультрабазит-базитовые ассоциации с глубоководными эффузивно-радиоляритовыми образованиями обнажаются преимущественно на территории Азербайджана и составляют Гейча-Акеринский с Тоурогачай-Ходжавендской ветвью и Веди-Зангезурский офиолитовые пояса (рис. 1, 2). Эти самостоятельные пояса продолжаются в Восточной Анатолии и в Эрзинджанском синтаксисе соединяются с другими офиолитовыми поясами Турции. При этом западное погруженное продолжение Вединской зоны офиолитов вскрыто буровыми скважинами вплоть до армяно-турецкой границы, затем обнаженные офиолиты на правых притоках р.Араз в Турции сливаются с Ванским офиолитовым поясом и далее прослеживаются в зоне коллизии таврид и анатолид до Эрзинджанского синтаксиса. Ванский пояс цветного меланжа с хромоносными гипербазитами на ирано-турецкой границе представляет собой меридиональную ветвь главного офиолитового пояса Тавр-Загросского океанического бассейна Мезотетиса и ограничивает с запада Центральный Иранский микроконтинент и его северный Даралагезский блок герцинид (Рустамов, 1989; 2005).

Погруженные офиолиты Веди-Зангезурского пояса по простиранию слагают осевую зону мезозойского субстрата асимметричных синклинориев Еревано-Ордубадской зоны Нахчыванской складчатой системы между островодужной Мисхано-Гафанской зоной и окраинно-континентальным Шаруро-Джульфинским антиклинорием на пассивном склоне Даралагезского блока Иранского микроконтинента. Офиолитовый пояс через правый Аразчайский трансформный разлом продолжается в мезозойском субстрате Гарадагского синклинория в Иране и далее на востоке обнажается лишь в офиолитовых покровах вдоль Джокатай-Сабзеварской сутуры между Альборс-Биналудской островодужной зоной и Кевирской плитой. Распространение офиолитов и олистолитов на пассивном континентальном склоне отмеченных плит указывает на югонаправленную обдукцию офиолитов в процессе окончательного закрытия южной ветви океанического бассейна Малокавказ-Альборсской складчатой системы (Рустамов, 1979; 1987; 2005). Это событие происходило в предпозднеконьякское время, так как автохтон-олистостромовая толща нижнего коньяка и аллохтонные покровы офиолитов трансгрессивно покрываются неоавтохтонными карбонатно-терригенными отложениями верхнего коньяка и известняками сенона (Книппер, 1971; 1975; Соколов, 1977). В Зангезурской шовной зоне северо-восточного борта Ордубадского синклинория интенсивно дислоцированные юрские аккреционные комплексы континентального склона аналогично северному борту Гейча-Акеринской зоны трансгрессивно покрываются терригенно-обломочной толщей апта с базальными конгломератами в основании (Рустамов, 1968; 1979; Белов, 1969; Азизбеков, Рустамов, 1973а).

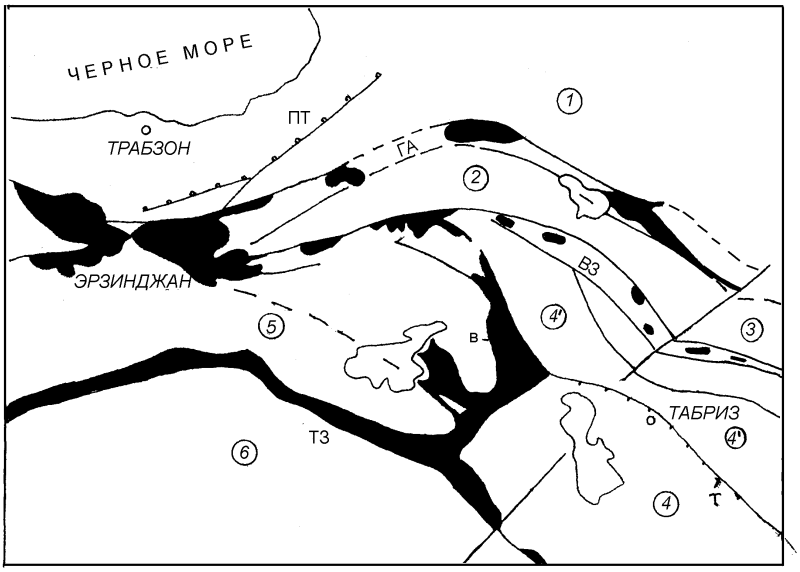


Рис. 1. Схема распространения офиолитовых поясов и плитное расчленение Мезотетиса

Пояса: ГА – Гейча-Акеринский; ВЗ – Веди-Зангезурский; В – Ванский; ТЗ – Тавр-Загросский. **Плиты:** 1 – Понтийско-Южнокавказско-Закаспийская; 2 – Анатолийско-Малокавказская; 3 – Талыш-Альборсская; 4 – Иранская и Даралагезский (4^1) ее блок; 5 – Таврская; 6 – Аравийская. Т – Табриз-Занджанский допалеозойский разлом – граница в современной тектонике между карбонатным шельфом Гондваны и Даралагезским бассейном типа окраинного моря Палеотетиса.

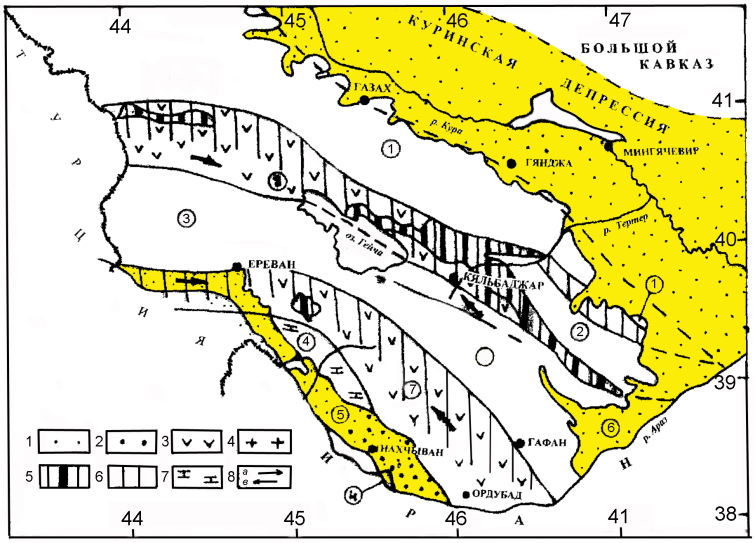


Рис. 2. Тектоническое положение офиолитов и магматическая полярность палеогеновых вулкано-плутонических поясов Малого Кавказа

1 – молассовые отложения межгорных прогибов; 2 – грубые красноцветные молассы олигоцена; 3 – вулкано-плутонические ассоциации палеогена; 4 – гранитоидный магматизм отраженной активизации в островодужных тектонических зонах; 5,6 – офиолитовая ассоциация мезозоя: 5 – обнаженная; 6 – погребенная; 7 – средний девон, триасовые комплексы герцинидов Даралагезского блока Иранской плиты, местами покрыты осадочным чехлом внешнего шельфа отложениями верхнего мела и кайнозоя; 8 – направления изменений синхронной переменной геодинамической обстановки растяжения и сжатия в вулкано-плутонических поясах: а – преимущественно обстановка растяжения, б – преимущественно обстановка сжатия. **Цифры в круге – тектонические зоны:** 1 – Лок-Агдамская сиалическая островодужная, южная фронтальная окраина Южнокавказской плиты; 2 – Гарабагская симатическая островодужная; 3 – Мисхано-Гафанская зона сопряженных островодужных террейнов; 4 – поднятия Даралагезского блока Иранской плиты; 5 – Нахчыванский и Агрыдагский молассовые прогибы; 6 – нижний Аразчайский прогиб; 7 – Ереван-Ордубадский вулкано-плутонический пояс; 8 – Гейча-Акеринский вулкано-плутонический пояс.

В Гейча-Акеринском поясе офиолиты от г. Амасия до Аразчайского разлома занимают цепи междуговых синклинориев между Лок-Агдамской и Мисхано-Гафанской зонами. К востоку от оз. Гейча раздвоенный пояс с Гарабагской примитивной симатической дугой во время становления меланжированных офиолитов образует самостоятельные ветви: позднекиммерийскую по Тоурогачай-Ходжавендской зоне синклинориев и раннеальпийскую по Сарыбабинскому синклинорию. При этом допоздненеокомский меланж офиолитов Тоурогачая к СЗ до г. Годжадаг в полосе лежащего южного фланга Муровдагского взброса-надвига непрерывно обнажается как аккреционный комплекс и трансгрессивно покрывается альб-сеноманским флишем.

В отличие от офиолитов Сарыбабинского синклинория в меланже Тоурогачайского прогиба и аккреционном комплексе совершенно отсутствуют эффузивно-радиоляритовые образования верхнего мела. В этом кроются причины дискуссии о возрасте радиолярий. Сдвоенные офиолитовые пояса к ЮВ погружаются в Куринскую депрессию и вырождаются в Западнокаспийском разломе. Последний наследует Талыш-Вандамскую ступень аномальных геофизических полей, представляющих собой зоны коленчатого изгиба сутуры Закавказско-Южнокаспийско-Мешхедского океанического бассейна Палеотетиса. Согласно геофизическим и буровым материалам, погруженным продолжением Гарабагской симатической дуги на ЮВ фланге Аразчайского правого разлома является Муганская дуга (Билясувар-Гарадонлинское и другие поднятия) на северном борту Предталышского прогиба Куринской депрессии. Погруженная Ширванская сиалическая дуга (Джарлинское, Сорсорское и другие поднятия) с мезозойскими гранитоидами на ЮЗ фронте Азербайджанской глыбы является аналогом сиалической Лок-Агдамской островодужной зоны Малого Кавказа (Рустамов, 2001; 2005).

Корни малокавказских офиолитов в представлении исследователей

Представление о корнях офиолитов не только служит основой реконструкции геодинамической истории ранне- и позднеокеанических этапов развития Мезотетиса, но также определяет правомочность мнений о палеотектонике мезозоя, о современной тектонической зональности и структурно-пространственных закономерностях распространения различных геодинамических типов мезокайнозойского магматизма Малого Кавказа. О корнях офиолитов имеются различные мнения А.Л.Книппера, С.Д.Соколова, Т.Аб.Гасанова, М.Г.Ломизе и Д.И.Панова, В.Е.Хаина, А.Д.Исмаилзаде, М.И.Рустамова и др.

Исследование малокавказских офиолитов с позиции тектоники плит связано с именем А.Л.Книппера (1971; 1975). В этих исследованиях принял активное участие С.Д.Соколов (1977), изучавший олистостромовые толщи и покровную тектонику офиолитов. Т.А.Гасановым (1985) на новой геолого-тектонической основе составлены по отдельным листам геологические карты (1:25000) Гейча-Акеринской зоны и внешней ее рамы, охватывающей территорию Азербайджана и Армении. В результате многолетних комплексных полевых работ этими учеными впервые установлены внутреннее строение офиолитов, протрузивное внедрение серпентинизированных гипербазитов (начиная с отложения альб-сеноманского флиша, и последующие периоды), доальбский возраст первого этапа меланжирования океанической коры, распространение, фации и происхождение верхнемеловой олистостромовой толщи, окончательное закрытие океанического бассейна в предпозднеконьякском веке и другие фактические материалы о формировании аллохтонных офиолитов Гейча-Акеринской и Вединской зон. Особенно следует подчеркнуть определенную закономерность в югонаправленном углублении бассейна и кинематике движения офиолитовых комплексов, выявленную литолого-фациальным и структурным анализами мощной (до 1800 м) олистостромовой толщи автохтона. Этот факт не подлежит дискуссии, подтверждается нашими исследованиями и поэтому должен служить главным критерием оценки правомочности того или иного представления, объясняющего скопление офиолитовых покровов в верхнемеловых разрезах синформных структур Малого Кавказа в период окончательного закрытия океанических бассейнов.

Вместе с тем в работах А.Л.Книппера и его сторонников некоторые очень важные вопросы не только не нашли своего решения, напротив, отрицалось присутствие в офиолитовом меланже верхнемеловых вулканогенно-осадочных или эффузивно-радиоляритовых образований, а все породы офиолитового комплекса причислялись к юре – нижнему мелу (до альба). Поэтому в формировании офиолитовых поясов также остались открытыми вопросы о тектоническом положении мелового вулканизма и синхронных кремнистых слоев в структурах дна океанического бассейна; о причинах отсутствия верхнемелового эффузивно-радиоляритового комплекса в Тоурогачайских офиолитах и на их западном аккреционном продолжении; о дискретном распространении верхнемеловых радиолярий или кремнисто-карбонатно-эффузивных образований в строении офиолитового меланжа; о наличии наряду с протрузиями габбро-гипербазитов также интрузивных дифференцированных габброидов, завершающихся внедрением плагиогранитов конечной фазы. Эти вопросы нами внесены в Кяльбаджарский протокол комиссии и доложены на Международном симпозиуме «Офиолиты в земной коре» (Азизбеков, Рустамов, 1973а). Необходимо отметить, что в последующем исследования В.Л.Книппера и его сторонников были направлены на решение вышеуказанных и других проблемных вопросов офиолитов Малого Кавказа.

В геодинамической реконструкции Малокавказского океанического бассейна и установлении источников офиолитовой ассоциации вышеуказанные важные проблемные вопросы, оставшиеся открытыми, по мнению автора, породили ошибочное представление о том, что в неокоме заканчивается океанический этап развития Мезотетиса, прекращается спрединг океанической коры и с аптского века наступает переходный период от океанического к континентальному. Однако, учитывая неоспоримый факт о предпозднеконьякском веке окончательного закрытия океанического бассейна, такое представление является парадоксом, так как в переходный этап включается длительный период (60 Ма) эволюции Мезотетиса, характеризующийся широким проявлением на Малом Кавказе, в том числе в его океаническом бассейне, мелового цикла вулканизма. По мнению автора, переходный период от позднеокеанического к коллизионному или от раннеальпийского к позднеальпийскому тектогенезу наступает в позднем сеноне и продолжается 18-20 Ма с осадконакоплением карбонатной толщи во всех синформных структурах, в том числе и в остаточных прогибах океанических бассейнов Мезотетиса, что соответствует и периоду затухания мелового цикла вулканизма. С другой стороны, на основе неубедительного представления (Тутхунский бассейн) и в противовес неоспоримым геологическим данным (широкое распространение эффузивно-радиоляритового комплекса в офиолитовом меланже в Сарыбабинском и Вединском прогибах, наличие габбро-тоналит-плагиогранитового интрузивного комплекса в доальбских меланжированных офиолитах Тоурогочая и их западных продолжениях и др.) предлагаются аналогичные общий механизм во времени и единый источник становления Тоурогачай-Ходжавендской ветви офиолитов и таковых для всего Гейча-Акеринского и Вединского поясов. Поэтому в первонaчальных исследованиях А.Л.Книппер и его сторонники, исходя из неопровержимых фактов о доальбском возрасте меланжированных аллохтонных офиолитов, югонаправленной кинематике их покровов и других данных, пришли к выводу, что офиолиты шарьированные в пределах Гейча-Акеринской и Вединской синформ Малого Кавказа имеют общий источник и их Тутхунская сутурная зона была расположена севернее современных выходов офиолитов, т.е. под Понтийско-Малокавказским островодужным поясом.

Альтернативное мнение, предложенное М.Г.Ломизе и Д.И.Пановым, заключается в том, что корни всех офиолитов Малого Кавказа находятся в осевой полосе Гейча-Акеринской зоны и отсюда до позднеконьякского времени происходила обдукция офиолитовых покровов в обе стороны к периферии бассейна. Однако в коллективном фундаментальном труде по Кавказу они (Панов, Ломизе, 2007) поддерживают новую идею А.Л.Книппера (Knipper, 1980) о Зангезурской корневой зоне офиолитовых шарьяжей, совпадающей с так называемым несуществующим Анкаван-Зангезурским швом Малого Кавказа.

Среди азербайджанских геологов существуют различные мнения. В работе коллективных авторов принимается вышеуказанное первоначальное представление А.Л.Книппера и вместе с тем предлагается довольно неудачная и абсолютно не соответствующая идее тектоники литосферных плит модель формирования океанической коры. В предлагаемой ими модели офиолиты не являются новообразованной меланжированной корой океанического бассейна Мезотетиса, а представляют собой аллохтонные покровы меланократовой коры, лежащие ниже гранитного слоя и раскрытые в процессах рифтогенеза Тутхунского океанического бассейна (Геология Азербайджана, том IV, Тектоника, рис. 5-51).

В последние десятилетия исследования офиолитов характеризуются не только новыми данными, предлагаются иная трактовка совокупности материалов и новые модели их формирования в геодинамической эволюции Малокавказского Мезотетиса (Книппер и др., 1985; Закариадзе и др., 1990; Рустамов, 2005; Богдановский и др., 1992; Хаин, 2005). Наиболее дискуссионными являются вопросы о геодинамических этапах эволюции и палеотектоники Мезотетиса, местоположении офиолитовой сутуры, вдоль которой произошло окончательное закрытие океанического бассейна.

В результате многолетних исследований нами выявлены очевидные факты, свидетельствующие об ошибочности выделения так называемого Зангезурского антиклинория в области северо-восточного крутого склона Ордубадского синклинория, неверности северо-восточной направленности комплексов в мезокайнозойской кинематике Гирратахского взбросо-надвига (Рустамов 1968; Азизбеков, Рустамов, 1973б). Нами выделены Зангезурская сутура офиолитов в мезозойском субстрате синклинориев юга Малого Кавказа и ее юго-восточное продолжение в Гарадагском синклинории Северного Ирана. Все это является бесспорным аргументом достоверности выделения автором Зангезурского тектонического шва еще до начала изучения офиолитов с позиции тектоники литосферных плит, а в последующих работах доказательством непрерывного простирания южной ветви Малокавказского океанического бассейна через Гарадаг и Южный Альборс до Урало-Оманского линеамента (Рустамов, 2005).

Напомним, что в работах многих исследователей, обычно сторонников несуществующего Анкаван-Гирратахского геошва, не допускалось наличие юго-восточного погруженного продолжения офиолитов (в том числе океанического бассейна) в мезозойской палеотектонике области за Аразчайским разломом или Нижнеаразским заливом Куринской депрессии. При этом юго-восточное центроклинальное строение Гейча-Акеринской зоны ими принимается вследствие соединения Гафанского и Гарабагского островодужных блоков – отторженных фрагментов единой так называемой Сомхито-Гафанской островодужной зоны Малого Кавказа, что в корне не соответствует геологической действительности.

Во-первых, сближение этих блоков и сужение Сарыбабинского синклинория более всего обусловлено резким падением горного рельефа, т.е. является эффектом неотектоники; очевидно, в северо-западном направлении в сторону Зодского перевала в высокогорной области Гарабагский и Шалва-Лачинский разломы разделяют постепенно расширяющееся пространство офиолитового пояса. Во-вторых, своеобразные сиалическая Гафанская и примитивная симатическая Гарабагская являются островными дугами различного типа и отличаются геодинамическим развитием, магматизмом и металлогенией, поэтому только лишь на батской зрелой стадии Гарабагская дуга имела схожий вулканизм, причем в отличие от Гафанской и Лок-Агдамской дуг, согласно симатическому строению ее субстрата, здесь закономерно отсутствует комагматический гранитоидный магматизм, хотя дифференцированный батский вулканизм всюду представлен базальт-андезит-риолитовой формацией.

Таким образом, неудачная реконструкция палеотектоники малокавказского Мезотетиса с выделением единой Сомхито-Гафанской тектонической зоны порождает новое еще более существенно необоснованное мнение, а именно: объединение мезозойского и палеогенового магматизма в «андезитовый» островодужный пояс Малого Кавказа. Причем палеогеновый магматизм якобы характеризуется латеральной петрохимической зонально-

стью, что связывается с субдукцией океанической коры остаточного бассейна Мезотетиса или же смыканием континентов вдоль Анкаван-Зангезурского шва.

После установления непрерывного простирания допозднеконьякского океанического бассейна южной ветви Мезотетиса в Северном Иране и офиолитовой сутуры в мезозойском субстрате синклинориев юга Малого Кавказа А.Л.Книппером (Knipper, 1980) было пересмотрено значение нами впервые выделенной Зангезурской шовной зоны и предложена новая идея о корнях офиолитов, которая была поддержана В.Е.Хаиным и др. По данной версии корнем биполярной обдукции офиолитовых покровов на севере Гейча-Акеринской и на юге Ереван-Ордубадской зон является Зангезурская сутура вдоль Гирратагского разлома, и тем самым офиолитовая сутура неудачно приравнивается к последнему. При этом ими принято, что Гейча-Акеринская зона обособилась от Сомхито-Гафанского островодужного пояса в то время, когда на его опущенный край были обдуцированы офиолитовые покровы. Значит, в мезозойском субстрате данной зоны участвуют еще мощные вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи, прорванные многоэтапными гранитоидами средней юры – нижнего мела, что противоречит изостазии в обстановке компрессии. С другой стороны, в длительных процессах формирования офиолитового разреза, включая детально изученный альбтуронский эффузивно-радиоляритовый комплекс, допускается три последовательных геодинамических этапа, причем, почему-то принимая завершение спрединга в аптском веке и период развития Мезотетиса от поздней юры до позднего коньяка, объединяются в один третий этап обстановки компрессии (Книппер и др., 1985; Закариадзе и др., 1990). Предложенное решение является не только возвращением к фиксистской позиции расчленения Малого Кавказа на два сектора (геоантиклинории и геосинклинории), но в свою очередь противоречит геолого-тектоническим событиям и процессам, в т.ч. геодинамическим этапам эволюции малокавказского Мезотетиса. Поэтому В.Е.Хаин (2005) вновь возвращается к этому дискуссионному вопросу, устраняет некоторые упущения иными трактовками и предлагает несколько иную палеотектонику, начиная с аптского века, т.е. выделенного нами позднеокеанического этапа эволюции Малого Кавказа. Главным стержнем данной идеи является то, что, начиная со среднего апта, прекращается спрединг и на северной активной окраине за счет аккреции океанической коры возникает внешняя невулканическая дуга, отделенная от вулканической преддуговым прогибом, заложенным на Сомхито-Гафанском островодужном поясе. В связи с некомпенсированным погружением данного Гейча-Акеринского прогиба сначала происходило накопление альб-сеноманского флиша, а затем мощных офиолитовых олистостром и, наконец, гравитационное сползание покровов офиолитов. Почти одновременно в процессе коллизии внешняя дуга надвигается на юг и в середине коньякского века происходит обдукция офиолитов Ереван-Ордубадского прогиба на окраине Даралагезского блока Иранского микроконтинента (рис. 3). При этом он принимает исключительно геодинамическую обстановку компрессии и прекращения спрединга в океаническом бассейне, и тем самым остается открытым вопрос о доальбском и средне- и позднемеловом этапах в формировании офиолитового меланжа и эффузивно-радиоляритового комплекса с микритовыми известняками среднего и верхнего мела, участвующего в составе меланжа офиолитов. Вместе с тем распространение среди меловых вулканитов высокотитанистых толеитов и щелочных базальтов однозначно свидетельствует о растяжении ложа океанического бассейна.

Надо отметить, что на переломном позднеокеаническом этапе эволюции М.Кавказа в связи с регенерацией спрединга и северонаправленной субдукцией океанической коры, наряду с высоким темпом обособления Гочасского интрадугового и Ходжавендского междугового прогибов, возникают новые задуговые прогибы с меловым дифференцированным вулканизмом. Цепь последних прогибов на границе Закавказско-Южнокаспийского массива с фронтальной островодужной окраиной Понтийско-Южнокавказского микроконтинента прослеживается от южной акватории Каспия до Восточного Понта включительно.

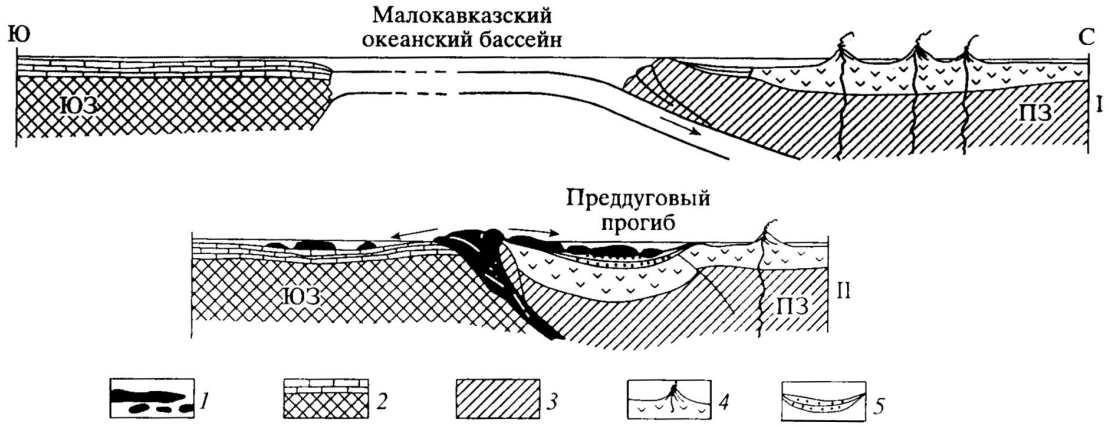


Рис. 3. Модель формирования Малокавказского офиолитового пояса (Хаин, 2005)

I – байос-бат: сокращение Малокавказского океанического бассейна по мере субдукции его литосферы под активную окраину Понтийско-Закавказского (ПЗ) микроконтинента; II – поздний коньяк – ранний сантон: сутурирование океанического бассейна с обдукцией офиолитов, их гравитационным перемещением и захоронением в преддуговом прогибе активной окраины и в бассейне на Южно-Закавказском (ЮЗ) микроконтиненте. 1 – офиолиты, офиолитовые меланжи и олистостромы; 2 – фундамент и чехол ЮЗМ; 3 – то же для ПЗМ; 4 – субдукцированный вулканизм и его продукты; 5 – флишоидное заполнение преддугового прогиба.

Мнение о гравитационном сползании офиолитовых покровов с внешней невулканической дуги Зангезурской сутуры вдоль Гирратагского разлома в Сарыбабинский и Тоурогачай-Ходжавендский прогибы несостоятельно и противоречиво.

Во-первых, Гирратахский разлом, ограничивающий с востока Зангезурскую шовную зону, характеризуется аналогично Муровдагскому и Гарабагскому взбросо-надвигам юго-западным взбросом островодужных комплексов Гафанского террейна. Во-вторых, возникают вопросы: почему отсутствуют офиолиты и даже офиолитокластические образования в меловых толщах Гочасского прогиба, характеризующихся в среднем и верхнем мелу непрерывным погружением и субдукционным интрадуговым вулканизмом (рис. 4, 5); в случае принятия мнения об отторженной природе Гафанского блока от Сомхито-Гафанской зоны во фронтальном Гочасском прогибе должны присутствовать офиолиты.

С другой стороны, при геотектоническом развитии Гарабагского поднятия в обстановке суши после неокомского периода невозможно накопление офиолитов в Тоурогачай-Ходжавендском прогибе, как северном продолжении покровов Сарыбабинского прогиба. Если принять за корни офиолитов Зангезурскую сутуру, остаются неопределенными места формирования примитивной симатической Гарабагской дуги, возникшей в позднекиммерийском тектогенезе в результате интенсивной деформации и скучивания меланжированной коры Мезотетиса. Возникает немыслимое допущение о покровном происхождении Гарабагской дуги совместно с офиолитовыми покровами внешней невулканической дуги Зангезурской сутуры. По нашему мнению, Гирратахский взброс-надвиг с северо-восточным наклоном и Зангезурская сутура дуга-плита, или зона глубинного разлома, относятся к различным категориям пликативных структур, и даже первый не является ветвью последнего, не контролирует пути проявления мезокайнозойского магматизма и в тектонике Малого Кавказа аналогично Муровдагскому и Гарабагскому разломам представляет собой плоскость срыва, возникшую в процессе субдукции океанической коры.

Таким образом, нам представляется, что последовательность событий и процессов, приводящих к формированию офиолитовых поясов в синформных структурах и становлению офиолитовых сутурных зон, следует рассматривать в несколько иной трактовке палеотектонической и геодинамической эволюции океанического бассейна малокавказского Мезотетиса.

Основные тенденции эволюции Малокавказского Мезотетиса и корни офиолитов

В результате многолетних исследований, анализа и обобщения литературных материалов автором систематизированы тектоническая и геодинамическая эволюция Тетиса в фанерозойской геологической истории Персидско-Кавказского сегмента Средиземноморского пояса (Рустамов, 2005). В данном сегменте отсутствует каледонский тектонический цикл. Установлены рифтогенное заложение и эволюция новообразованных океанических бассейнов с последовательным развитием геодинамических типов плейттектонических зон Палеотетиса в герцинском и Мезотетиса в альпийском тектоническом циклах. Палеотетис и Мезотетис характеризуются рифтогенным заложением, океаническим и коллизионным периодами эволюции. Причем эти периоды строго отличаются по многим особенностям, в том числе геодинамическим типом магматизма на ранне- и позднеокеаническом этапах, а также на раннем – мягком, среднем – жестком и позднем – хрупком коллизионных этапах.

Каждая тектоническая фаза складчатости соответствует подэтапам развития Тетиса (Рустамов, 2005; 2007). В этом сегменте и, очевидно, на всем протяжении Средиземноморского пояса наблюдается латеральная миграция на юг Мезотетиса, а также в пределах каждой его ветви – глубоководного бассейна к континентальным подножьям южного пассивного борта на границе пассивного склона плиты. Указанная тенденция устанавливается в эволюции Малокавказского океанического бассейна и отчетливо сохранилась в современной тектонической структуре на Большом Кавказе, в простирании осевой зоны некомпенсированного погружения турбидитового (J_1-J_2), карбонатно-терригенного флишевого (J_3-K_2), терригенного флишевого (P_1-P_2) и периклинального молассового (P_3) бассейнов. Нами доказано, что Крым – Большой Кавказ – Копетдагский субокеанический бассейн неверно причисляется к надсубдукционным окраинным морям, в то время как является самостоятельной геодинамической системой Мезотетиса. Достаточно отметить, что в отличие от окраинных морей для Большекавказского бассейна характерна северо- и югонаправленная субдукция на различных этапах эволюции с магматизмом западнотихоокеанского и андийского типов.

Нами предложена несколько иная модель заложения и эволюции северной ветви Мезотетиса Малого Кавказа и формирования в различные периоды разновозрастных желобоподобных прогибов – «ловушек» офиолитов и их аккреционных комплексов серпентинитового меланжа на дне северного и южного бортов океанического бассейна (рис. 4, 5). При этом ряд индикаторных признаков показывает развитие раннеокеанического этапа в ранне- и позднекиммерийском тектогенезе соответственно в обстановке спрединга (T_3r-J_2a) и компрессии (J_2b-K_1n_1) океанической коры. Позднеокеанический этап развития происходил в раннеальпийском тектогенезе также в обстановке спрединга (K_1a-K_2cm) и компрессии (K_2cm-K_2cn_1) с окончательным закрытием океанического бассейна. Примечательным является существование переменной обстановки в начале каждого переломного периода компрессии, что выражается проявлением контрастного вулканизма и плагиогранитов байоса на фронте наращенной активной окраины Южнокавказской плиты и на двух этапах допозднесенонского последовательно дифференцированного вулканизма, распространенного исключительно в надсубдукционных задуговых прогибах.

Рифтогенное заложение океанического бассейна на Малом Кавказе происходило на рубеже норийского и ретского веков после углистых молассов Даралагезского бассейна форланда Палеотетиса. Этот бассейн (Рустамов, 1987; 1989; 2001; 2005) с конседиментационными поднятиями, островами суши и мощными (>3000 м) отложениями девон-триаса севернее карбонатного шельфа Гондваны по Табриз-Занджанским глубинным разломам на границе Иранской антиклизы как окраинное море (Д-С) и прогиб форланда (Р-Т) с несколько утоненной корой служил разделом областей байкальской и герцинской консолидации, а в раннекиммерийском тектогенезе – наиболее проницаемой зоной для мантийного диапиризма и

рифтогенеза. Последний фиксируется обнажениями высокотитанистых базальтоидов по листрическим разломам рифта, и, несомненно, они проявлены в осевой зоне спрединга. По данным (Книппер, 1975), высокотитанистые базальтоиды участвуют в строении офиолитового меланжа. Позднетриасовый возраст рифтогенеза согласуется с Sm-Nd-возрастом (226±13, 224±8 Ма) габброидов толеитовой серии Гейча-Акеринской зоны (Богдановский и др., 1992).

Геодинамика рет-лейас-ааленского периода соответствует максимуму спрединга в течение 30-32 Ма и обособлению океанического бассейна Малого Кавказа с разветвленными спрединговыми хребтами и террейнами (Мисханский, Гафанский, Талышский), оторванными от Иранской плиты (рис. 4, 5). В спрединговых поднятиях дна океанического бассейна, а также в зонах Аразчайского и Тертерчайского трансформных разломов, доминирующий вулканизм представлен толеитовой серией и проявлен в тесной связи в пространстве и во времени с высокотитанистыми базальтоидами толеитовой и субщелочной серий внутриплитного типа. Главные трансформные разломы наследуют направление древних антикавказских линеаментов (Полмириды и др.) континента Гондваны, и в геологической истории наблюдается неоднократная их активизация, что доказывается по космическим снимкам приуроченностью молодых вулканов на Тавридах (Намруд, Суфан, Тандурек, Агрыдаг) к СВ разлому на продолжении Тертерчайского трансформного разлома. На обоих пассивных бортах бассейна атлантического типа в составе песчано-сланцевой толщи рет-лейаса участвуют пачки и линзы базальтоидов туфообломочной фации, а возрастающий вглубь бассейна их объем с покровом базальтов указывает также на проявление вулканизма по листрическим разломам на склоне плит и террейнов.

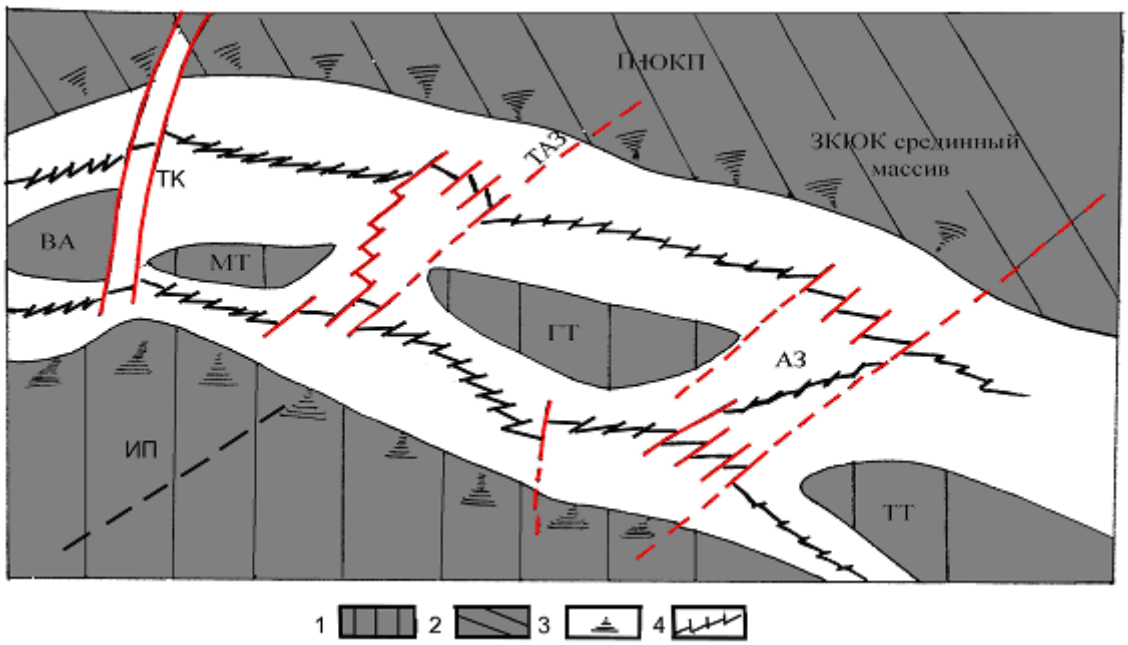


Рис. 4. Палеотектоника малокавказского Мезотетиса в раннекиммерийском тектогенезе максимума спрединга океанической коры (океанический бассейн показан вне масштаба, рет-аален 203-171 Ма)

Материковые плиты и террейны с фундаментом: 1 – байкальским; 2 – герцинским; 3 – пассивные континентальные склоны плит. ПЮКП – Понтийско-Южнокавказская плита с Закавказско-Южнокаспийским (ЗКЮК) срединным массивом; ИП – Иранская плита с центральным иранским срединным массивом; ВА – Восточноанатолийский, МТ – Мисханский, ГТ – Лачын-Гафанский; ТТ – Талышский; 4 – срединные океанические хребты; зоны трансформных разломов: ТАЗ – Тертерчай-Агрыдагская; АЗ – Аразчайская; ТК – Транскавказская

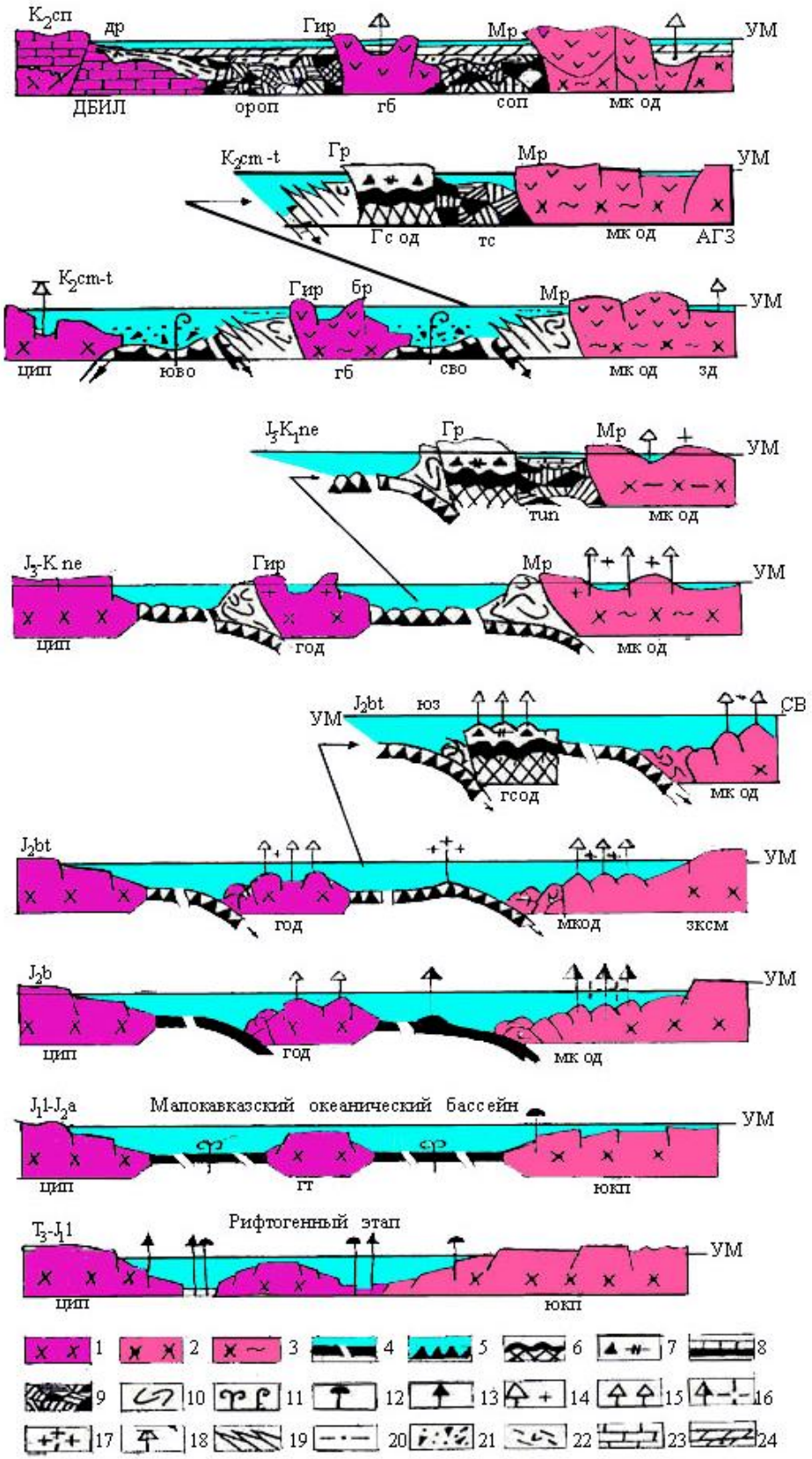


Рис. 5. Геодинамическая модель эволюции малокавказского Мезотетиса

Континентальная кора плит и террейнов: 1 – байкальской; 2 – герцинской; 3 –позднекиммерийской консолидаций; 4 – океаническая кора; 5 – офиолитовая меланжированная кора; 6 – симатическая кора примитивной Гарабагской дуги с вулкано-плутоническим комплексом; 7 – бонинитовая серия симатической коры; 8 – новообразованная океаническая кора с фрагментами меланжированной офиолитовой коры киммеридов; 9 – сутурная зона с аккрецией офиолитовых покровов; 10 – аккреционная призма меланжированных офиолитов; 11 – спрединг океанической коры: по СОХ (а) и рассеянный приразломный (в); **вулканизм:** 12 – базальтоидов толеитовой серии различного типа; 13 – высокотитанистых базальтов субщелочной серии; 14 – островодужный последовательно дифференцированный с завершающими гранитоидами; 15 – то же без гранитоидных комагматов; 16 – контрастный вулканизм активных окраин с плагиогранитоидами; 17 – вулкано-плутоническая ассоциация бонинитовой серии во внутриокеанических поднятиях; 18 – внутриплитный рифтогенный вулканизм базальт-риолитов субщелочной серии; 19 – покровная тектоника на дне океанического бассейна; 20 – флишевая и флишоидная толща с протрузиями офиолитов в аккреционной и неоавтохтонной зоне, вглубь бассейна переслаивание с олистостромами; 21 – олистостромовые образования и начало покровной тектоники офиолитов; 22 – карбонатно-терригенные флишоидные отложения, а порою вулканогенные комплексы пассивного склона; 23 – карбонатно-терригенные и карбонатные отложения субстрата на пассивном склоне; 24 – карбонатные отложения автохтона остаточных, задуговых и интрадуговых прогибов. **Буквами обозначены:** ЦИП – Центральная Иранская плита; ДБИП – Даралагезский блок Иранской плиты; ЮКП – Южнокавказская плита; ГТ – Гафанский террейн; ГОД – Гафанская островная дуга; МКОД – Малокавказская островная дуга; ЗКСМ – Закавказский срединный массив; АГЗ – Азербайджанская глыба; ГСОД – Гарабагская симатическая островная дуга; остаточные прогибы: ОП – Ордубадский; ТОП – Тоурогачайский; СОП – Сарыбабинский. **Региональные главные разломы:** Др – Джульфинский; Гир – Гирратахский; Мр – Муровдагский; Бр – Башлыбельский; Гр – Гарабагский.

В позднекиммерийском тектогенезе, начиная с байосского века, наступает переломный этап в обстановке компрессии, который длится до раннего неокома включительно. Происходит северо-направленная субдукция по плоскостям срывов параллельно региональным Муровдагскому, Гирратагскому и на последующих подэтапах Гарабагскому разломам, сопровождаемая формированием островодужных комплексов. В океаническом бассейне происходят прекращение в середине байоса спрединга, сужение и перестройка дна океанического бассейна, меланжирование его коры, и на скученных офиолитах возникают примитивные островные дуги. Симатические дуги служили ареной проявления вулкано-плутонической ассоциации бонинитовой серии в океаническом пространстве, подобно Джил-Сатанахскому комплексу в Гейча-Акеринском офиолитовом поясе (Закариадзе и др., 1990). Габбротоналит-плагиогранитовые интрузивы бонинитовой серии также развиты на юго-восточном окончании Шахдагского палеогенового синклинория, южный борт которого наложен на аккреционные образования офиолитового меланжа. В юрских вулканитах марионит-бонинитовая серия описана в Гарабагской островодужной зоне (Остроумова, Центер, 1986). Наряду с этим в надсубдукционных рифтогенных вулканитах мела Ходжавендского междугового прогиба встречаются обломки базит-гипербазитов, метаморфизованные в амфиболитовые ступени.

Период кульминации компрессионного тектогенеза и субдукции знаменуется причленением Гарабагской примитивной симатической дуги к Лок-Агдамскому сиалическому островодужному поясу, при этом в зоне сопряжения или сутуры сохраняется Тоурогачай-Ходжавендский остаточный междуговой прогиб с субстратом аккреционных меланжированных офиолитов. В океаническом бассейне меланжированная кора офиолитов, в том числе примитивные дуги с бонинитовым магматизмом, в зависимости от их положения в океаническом пространстве образуют надсубдукционную аккреционную призму, наращивая окраину Лок-Агдамской дуги к западу Тоурогачая вдоль Муровдагского разлома и Гафанской дуги вдоль Гирратагского разлома и др. террейнов. Причем всюду до начала аптальбской трансгрессии в океаническом бассейне аккреционные зоны превращаются в сушу, тем самым доказывается латеральная миграция погружения на юг в каждой ветви Мезотетиса. Примечательно, что в результате размыва офиолитовой суши часть сноса (титаномагнетитовые песчаники и др.) накапливалась в позднеюрском мелководье между Шамкирским и Муровдагским поднятиями островодужного пояса активной окраины Южнокавказской плиты.

В позднекиммерийском тектогенезе на фронтальной окраине последней, начиная с байоса, проявлен многоэтапный островодуж-

ный вулкано-плутонический магматизм (Лок-Агдамская дуга), а террейны отличаются неполнотой этапов магматизма (J_2-K_1). Устанавливается также ЮВ направленность субдукции океанической коры в высоком темпе под Талышский террейн, что выражается не только сближением и сопряжением Талышского и Гафанского террейнов, но также проявлением позднеюрско-раннемелового вулканизма исключительно в СЗ области Талышского террейна на продолжении синхронного вулканизма Гафанского террейна. В данном тектогенезе или в завершающий период эволюции раннеокеанического Мезотетиса на протяжении 38-40 Ма (байос – ранний неоком) в результате сокращения океанического бассейна, причленения террейнов и других процессов были сформированы сдвоенные глубоководные бассейны Малого Кавказа со сложной геоморфологией и тектоникой дна с меланжированной офиолитовой корой. Для тенденции развития каждого бассейна характерны поднятие дна северного активного борта и смещение к югу наиболее глубоководной зоны. В малокавказском Мезотетисе обстановка компрессии и соответственно субдукция океанической коры завершаются в позднем неокоме стабилизацией геодинамических и геотектонических процессов, а также затуханием среднеюрско-раннемелового цикла магматизма, сопровождаемого отложением неокомских известняков.

В раннеальпийском переломном тектогенезе, начиная с апта, в обстановке растяжения, в новом тектоническом плане происходила регенерация спрединга и северонаправленной субдукции меланжированной коры сдвоенных океанических бассейнов Малого Кавказа. Поэтому позднеокеанический этап довольно резко отличается тектоническим положением мелового цикла субдукционного вулканизма, который приурочивается исключительно к новой заложенной цепи задуговых прогибов в тылу суши Лок-Агдамского островодужного пояса, а в пределах причлененных террейнов – к интрадуговым меловым прогибам. При этом на раннем этапе вулканизма доминируют островодужные базальтоиды, а на допозднесенонском этапе происходит изменение кинематики извержения вулканитов известково-щелочной и субщелочной серий последовательно дифференцированного базальт-риолитового ряда. Указанные особенности вулканизма являются прямым индикатором смены обстановки растяжения компрессией в геодинамической эволюции малокавказского Мезотетиса.

Следует отметить, что прямым доказательством регенерации спрединга в Малокавказском океаническом бассейне является присутствие обломков, глыб и даже блоков средне-верхнемеловых эффузивно-радиоляритовых образований в офиолитовом меланже Ширак-Сарыбабинской подзоны Гейча-Акеринского пояса и в офиолитах Вединского прогиба. Начиная с исследований К.Н.Паффенгольца, в многочисленных публикациях приводятся неопровержимые данные о присутствии в офиолитовых поясах Малого Кавказа эффузивно-радиоляритовых образований среднего-верхнего мела (Ахундов, 1974; 2003; Книппер и др., 1985). В офиолитовых поясах, кстати сказать, в первоначальных исследованиях А.Л.Книппер (1976) и его сторонники, а также при геологическом картировании (1:25000 м-ба) Т.А.Гасанов (1985), исходя из трансгрессивного перекрытия меланжированных офиолитов терригенно-флишоидным комплексом альб-сеномана и протрузивного прорывания последнего гипербазитами, не допускали возможности проявления мелового вулканизма. В последующем ими разрезы аллохтонных покровов офиолитов с участием мелового вулканизма, в отличие от прежних исследователей, более подробно были подвергнуты комплексному изучению вплоть до петрогеохимического состава вулканитов и их расплавленных включений и др. с выделением внутриплитных рифтогенных высокотитанистых субщелочных и щелочных базальтов и толеитов (Книппер и др., 1985; Закариадзе и др., 1985).

В сдвоенных океанических бассейнах спрединг и синхронно меловой вулканизм происходили в течение около 22 Ма до появления в офиолитовом разрезе олистостромовой толщи в верхнем сеномане. Процесс спрединга в раннеальпийском тектогенезе сопровождался общим региональным погружением и расширением океанического бассейна со сложными строением и геоморфологией его офиолитового дна. В отличие от раннего,

на позднеокеаническом этапе процессы спрединга характеризуются рассеянной приразломной кинематикой по дискретным ветвям зоны глубинного разлома на фоне интенсивного погружения осевой зоны и смещением ее к южному пассивному борту с утоненной корой континентального подножья. Формируются желобоподобные грабен-прогибы в сдвоенном океаническом бассейне, трассируемые в современной тектонике М.Кавказа цепью синклинориев (Ереван-Ордубадской и Ширак-Сарыбабинской).

В обстановке спрединга и погружения цепи грабен-прогибов, очевидно, и их северные области офиолитового океанического дна стали ареной апт-сеноманского вулканизма базальтоидов толеитовой, субщелочной и щелочной серий с формированием довольно пестрой по составу и строению вулканогенно-осадочной толщи. Фрагменты этой толщи в виде крупных глыб и пластин обнаруживаются в составе меланжа Гейча-Акеринских и Вединских офиолитов. Тесная взаимосвязь в пространстве и во времени проявления базальтоидов с широкой вариацией геодинамических типов и состава, включая их высокотитанистые разности, свидетельствует о различных мантийных источниках магмогенерации в формировании желобоподобных грабен-прогибов путем рассеянного рифтогенного спрединга по кулисообразно простирающимся разломам.

На фоне регионального погружения на бортах бассейнов терригенно-обломочная толща апта и альб-сеноманский флиш характеризуются трансгрессивным залеганием и покрывают аккреционную призму офиолитового меланжа на южном опущенном фланге Муровдагского и Гирратагского взбросо-надвигов. Вглубь бассейна на верхнем уровне флиша наличие олистолитов и обломков офиолитокластовых конгломератов в тех же синхронных конгломератах, а также установленная А.Л.Книппером и С.Д.Соколовым латеральная фациальная смена флиша олистостромов однозначно являются индикатором начала проявления в позднем сеномане компрессионной обстановки и покровной тектоники в геодинамической эволюции Мезотетиса. В последующем кульминационном периоде (9-11 Ма) в обстановке компрессии в океаническом бассейне прекращаются спрединг и вулканизм, происходят интенсивные процессы деформации и покровной тектоники с накоплением мощной олистостромовой толщи. В обстановке сужения и быстрого окончательного закрытия в раннем коньяке сдвоенных океанических бассейнов их желобоподобные грабен-прогибы явились «ловушкой» – вместилищем автохтонной олистостромовой толщи и аллохтонных покровных пластин офиолитов. Важно отметить, что в процессах закрытия океанических бассейнов в связи с реорганизацией двусторонних субдукций пассивная окраина Иранской плиты превращается в активную континентальную окраину андийского типа, что выражается проявлением на рубеже турона и коньяка рифтогенного контрастного базальт-риолитового вулканизма. Вулканический комплекс в современной тектонике пассивной окраины Иранской плиты выступает в виде «окон» в зоне сопряжения юго-западного борта Ордубадского и Гарадагского (Южный Азербайджан) синклинориев с герцинидами Даралагезского, Джульфинского и Кямкинского поднятий, а также на Бузговском горсте, разобщающем Вединский и Ордубадский синклинории. Их возраст в пределах Нахчыванской АР А.Ш.Азизбеков условно относил к альбу. Нами установлено, что они всюду надстраиваются терригенно-карбонатными и карбонатными отложениями коньяк-кампана и с базальными конгломератами в основании перекрывают осадочные толщи аален-келловея на северном пассивном склоне Иранской плиты. Возраст проявления вулканизма на рубеже турона и коньяка определен нами на основе макро- и микрофаунистических данных (Рустамов, 1987; 2005).

Позднеокеаническая эволюция Мезотетиса завершается стабилизацией геодинамической и тектонической напряженности с отложением карбонатной толщи верхнего сенона в остаточных прогибах, наследующих грабен-прогибы – вместилище офиолитовых покровов.

Заключение

1. В формировании современной тектоники М.Кавказа переименование выделенных согласно фиксизму так называемых ан-

тикавказской эвгеосинклинали или Сомхито-Гафанской тектонической зоны в качестве единого одноименного мезокайнозойского островодужного пояса, а также объединение различных по категории, кинематике и тектоническому положению разломов Анкаван-Гирратагской сутуры офиолитов являются по сути артефактом.

2. Офиолитовый субстрат Тоурогачай-Ходжавендского синклинория в зоне сопряжения сиалической (Лок-Агдамской) и симатической (Гарабагской) островных дуг образовался в конце раннеокеанического этапа в период кульминации (J_3-K_1) геодинамической обстановки сжатия киммерийского тектогенеза. В обстановке сужения океанического бассейна не происходит его закрытие, вместе с тем с причленением террейнов формируются сдвоенные бассейны с меланжированной офиолитовой корой.

3. К западу от Гарабагской дуги офиолитовый меланж дна океанического бассейна согласно северонаправленной субдукции (J_3-K_1) образовал аккреционную призму островов на фронте Лок-Агдамской дуги вдоль Муровдагского разлома. Эти острова лишь на позднеокеаническом этапе эволюции Мезотетиса в результате апт-альбской трансгрессии покрылись офиолитокластовыми отложениями терригенно-обломочной и флишевой фаций. Аналогично на фронте островодужного Гафанского террейна вдоль Гирратагского разлома терригенно-обломочные отложения апта с базальными конгломератами в основании перекрыли метаморфизованную аккреционную призму Зангезурского геошва, что прослеживается на правом склоне р.Охчичай.

4. На Малом Кавказе автохтонные офиолитовые олистостромовые толщи и аллохтонные покровы офиолитов слагают мезозойский субстрат Ереван-Ордубадской и Ширак-Сарыбабинской цепей синклинориев. Зарождение автохтонных и аллохтонных комплексов офиолитового разреза из одного источника или из одного корня путем бимодальной субдукции или гравитационного сползания не согласуется с геологической действительностью.

5. В раннеальпийском тектогенезе Мезотетис вступает в позднеокеанический переломный этап эволюции самостоятельных глубоководных бассейнов с меланжированной корой. В обстановке растяжения (K_1ap-K_2cm) происходила в новом плане регенерация спрединга и субдукции, сопровождаемых наряду с меловым вулканизмом расширением и высоким темпом погружения бассейнов с югонаправленной тенденцией, а главное, формированием на пассивных бортах желобоподобных грабен-прогибов.

6. В обстановке компрессии (K_2cm$_1$-cn$_1$) в бассейнах Мезотетиса затухают процессы спрединга и вулканизма, и это время характеризуется главным образом развитием югонаправленной покровной тектоники с формированием мощной олистостромовой толщи и покровов офиолитов в грабен-прогибах. Реорганизация двусторонней субдукции, обусловленная сближением континентов Афроаравии и Евразии, завершается окончательным закрытием океанических бассейнов с превращением их в остаточные карбонатные прогибы.

ЛИТЕРАТУРА

АЗИЗБЕКОВ, Ш.А., РУСТАМОВ, М.И. 1973а. Некоторые особенности офиолитов Кавказа, Ближнего и Среднего Востока. В матер. межд. симп.: *Офиолиты в земной коре*. Наука, Москва, 83-87.

АЗИЗБЕКОВ, Ш.А., РУСТАМОВ, М.И. 1973б. Положение Мегри-Ордубадского батолита в общей структуре Южного Зангезура. В кн.: *Очерки по геологии Азербайджана.* Элм, Баку, 7-16.

АХУНДОВ, Ф.А. 1974. К вопросу размещения и происхождения меловых вулканических формаций Малого Кавказа в пределах Азербайджана. *Ученые записки Азерб. Ун-та*, 21, 3-10.

АХУНДОВ, Ф.А. 2003. Позднемеловые вулканические формации Малого Кавказа. Изд. БГУ. Баку. 232.

БЕЛОВ, А.А. 1969. Стратиграфия и структура метаморфизованных вулканогенных и осадочных комплексов зоны Анковано-Зангезурского разлома в юго-восточной Армении. *БМОИП отд. геологии*, XIV, 65-76.

БОГДАНОВСКИЙ, О.Г., ЗАКАРИАДЗЕ, Г.С., КАРПЕНКО, С.Ф. и др. 1992. Sm-Nd возраст габброидов толеитовой серии офиолитов Севано-Акеринской зоны Малого Кавказа. *Докл. РАН*, 327, 4-6, 566-569,

ГАМКРЕЛИДЗЕ, И.П., ШЕНГЕЛИЯ, Д.М. 2005. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. Научный Мир. Москва. 458.

ГАСАНОВ, Т.Аб. 1985. Офиолиты Малого Кавказа. Недра. Москва. 240.

ГЕОЛОГИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА (под ред.Али-Заде Ак.А.). 2005. Т.IУ. Тектоника. Nafta-press. Баку. 506.

ЗАКАРИАДЗЕ, Г.С., КНИППЕР, А.Л., СОБОЛЕВ, А.В. и др. 1985. Особенности структурного положения и

состав вулканических серий офиолитов Малого Кавказа. В кн.: *Офиолиты*. Наука, Москва, 218-221.

ЗАКАРИАДЗЕ,, Г.С., КНИППЕР, А.Л., БИБКОВА, Е.В. и др. 1990. История формирования и возраст плутонической части офиолитового комплекса северо-восточного побережья оз.Севан. *Изв. АН СССР, серия геологическая,* 3, 17-30.

ИСМАИЛЗАДЕ, А.Д. 2009. Биполярная сопряженность вулкано-плутонических и офиолитовых поясов на Кавказе. *Изв. НАН Азербайджана*. *Науки о Земле*, 1, 40-53.

КНИППЕР, А.Л. 1971. Серпентинитовый меланж Малого Кавказа (внутреннее строение и возраст). *Геотектоника*, 5.

КНИППЕР, А.Л. 1975. Океаническая кора в структуре Альпийской складчатой области. *Труды ГИН АН СССР,* 267, 208.

КНИППЕР, А.Л., ЗАКАРИАДЗЕ, Г.С., ЛОРДКИПАНИДЗЕ, М.Б. 1985. Верхнемеловой вулканизм Севано-Акеринской зоны Малого Кавказа. *Geologicky zbornik – Geologica Carpathica*, 36, 6, Bratislava, 651-682.

КНИППЕР, А.Л., СОКОЛОВ, С.Д. 1976. Офиолиты Веди: автохтон или аллохтон? *Геотектоника*, 4.

ЛЕОНТЬЕВ, Л.Н., ХАИН, В.Е. 1949. Верхнемеловые гипербазиты и офиолитовая формация на Малом Кавказе. *ДАН СССР*, 65, 1.

ОСТРОУМОВА, А.С., ЦЕНТЕР, И.Я. 1986. Аналоги пород марианит-бонинитовой серии в юрских вулканитах Гарабагского Хребта (Малый Кавказ). *ДАН СССР,* 290, 2, 441-445.

ПАНОВ, Д.И., ЛОМИЗЕ, М.Г. 2007. Ранняя и средняя юра Большого Кавказа (стратиграфия, тектоника, вулканизм и геодинамическая эволюция). В кн.: *Большой Кавказ в альпийскую эпоху*. ГЕОС, Москва, 367.

ПАФФЕНГОЛЬЦ, К.Н. 1934. Бассейн озера Гокча (Севан). Геологический очерк. *Труды Всесоюзного геологоразведочного объединения*, Ленинград, 219.

ПАФФЕНГОЛЬЦ, К.Н. 1971. Очерк магматизма и металлогении Кавказа. Изд.-во АН Арм. ССР. Ереван. 503.

РУСТАМОВ, М.И. 1968. Новые данные о тектоническом строении Южного Зангезура. *Геотектоника,* 2, 117-124.

РУСТАМОВ, М.И. 1979. Олистостромовые образования и проблемы офиолитов Араксинской зоны. *Изв. АН Азерб.ССР, серия наук о Земле*, 5, 84-91.

РУСТАМОВ, М.И. 1983. Новые данные об эволюции палеогенового магматизма Малого Кавказа. В сб.: *Эволюция магматизма в главнейших структурах Земли*. Наука, Москва, 65-66.

РУСТАМОВ, М.И. 1987. Магматические формации Араксинской зоны и задачи дальнейших исследований. В сб.: *Вопросы геологической петрологии Азербайджана*. Элм, Баку, 44-64.

РУСТАМОВ, М.И. 1989. Геошвы континентальной коллизии Центрального сегмента Средиземноморского пояса. В кн.: *Эндогенные процессы в зонах глубинных разломов*. Иркутск, 14-16.

РУСТАМОВ, М.И. 2001. Палеотектоника и геодинамика Палеотетиса Каспийско-Кавказского региона. *Труды Института геологии,* Баку, 29, 136-147.

РУСТАМОВ, М.И. 2005. Южнокаспийский бассейн – геодинамические события и процессы. Nafta-press. Баку. 344.

РУСТАМОВ, М.И. 2007. Главные тенденции геодинамической эволюции Центрального сегмента Тетиса. В сб.: *Проблемные вопросы геодинамики, петрологии и металлогении Кавказа.* Nafta-press. Баку. 14-35.

СОКОЛОВ, С.Д. 1977. Олистостромовые толщи и офиолитовые покровы М.Кавказа. *Труды ГИН АН СССР*, 296, 94.

УСПЕНСКАЯ, Е.А., БУРИТЕЙН, Л.Е., ГУЩИН, А.В. и др. 1988. В сб.: *X Всесоюзное литологическое совещание. Тез. Докладов*, Ереван, 42-43.

ХАИН, В.Е. 2005. Малокавказский офиолитовый пояс – модель формирования. *Докл. РАН*, 404, 2, 225-228.

ШИХАЛИБЕЙЛИ, Э.Ш. 1967. Геологическое строение и история тектонического развития восточной части Малого Кавказа. Изд-во АН Азерб.ССР, Баку, III, 235.

KNIPPER, A.L. 1980. Tectonic position of ophiolites of the Lesser Caucasus. Ophiolites. Proceed.Int.Ophiol.Symp. Cyprus.

Рецензент: д.г.-м.н. С.Д.Соколов

© X.B.Ağayev, 2012

KƏSKİN AKUSTİK SƏRTLİKLİ LAY OLAN MÜHİT ÜZRƏ SEYSMİK KVAZİANİZOTROPİYANIN TƏDQİQİ

X.B.Ağayev

AMEA Geologiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prosp., 29A

Məqalədə kəskin akustik sərtlikli lay olan mühit üzrə seysmik sürət qiymətlərində kvazianizotropiya ilə əlaqədar olan xətanın xüsusiyyətinin və onun korreksiyası effektivliyinin müəyyən edilməsinə həsr olunmuş tədqiqatın nəticələri şərh edilir. Tədqiqat sahəsi üzrə dərin quyu yerində 3D və ŞSP-yə görə, orta sürətlərin fərqi təqribən -1 ÷ +7%, interval sürətlərin fərqi isə −10 ÷ +27 % təşkil edir. Seysmik anizotropiya ilə əlaqədar sürətlər xətası isə 1÷3 %-dir. "Urupov-Diks" formulasının tətbiqi ilə kvazianizotropiyaya görə korreksiyadan sonra 3D və ŞSP üzrə orta sürətlərin fərqi +2 ÷ +4 %, lay sürətlərinin fərqi isə -5 ÷ +14%-dir. 3D sürətləri kvazianizotropiyaya görə, korreksiyadan sonra ŞSP sürətlərinə gətirilmişdir və nəticədə 3D və ŞSP orta sürətlər fərqi +1%-dən çox alınmamışdır. Tədqiqat sahəsində akustik sərtliyi kəskin fərqlənən lay olduqda seysmik sürətlərin "Urupov-Diks" formulasını tətbiq etməklə kvazianizotropiyaya görə, korreksiyası kifayət qədər effektiv olmur. Buna görə də mühitin sürət modeli qurularkən seysmik kvazianizotropiyaya görə, xətanın xüsusiyyəti nəzərə alınmalıdır.

Giriş. Son zamanlar geofiziki kəşfiyyat işləri ilə geoloji mühitin anizotrop xüsusiyyətləri geniş tədqiq edilir. Bunu nəzərə alaraq məqalənin əsas hissəsinə keçməzdən əvvəl minerallarn, çökmə süxurların və geoloji mühitin anizotrop xüsusiyyətlərin öyrənilməsi üzrə laboratoriya və real şəraitdə aparılan tədqiqatların nəticələrini qısaca olaraq nəzərdən keçirək.

Müxtəlif kristallik qəfəsli minerallarn akustik, elastiki və anizotrop xüsusiyyətləri və onların laboratoriya şəraitində təyini üzrə çoxlu tədqiqatlar aparılmışdır (Баюк и др., 1982; Александров и Продайвода, 2000; Сафаров, 2011). Müəyyən edilmişdir ki, minerallarda uzununa dalğa seysmik sürətləri üzrə anizotropiyanın ölçüsü əsasən 20-25%-ə qədər ola bilər. Təzyiq artdıqca anizotropiya əmsalı adətən azalır, temperatur artdıqca isə praktik olaraq dəyişmir. Dağ süxurlarının anizotropik xüsusiyyətləri onların mineral tərkiblərindən, minerallarn süxurda yerləşmə xarakterindən, məhz kristalların əksəriyyət təşkil etdiyi istiqamətdən asılıdır. Minerallarn əksəriyyətinin anizotrop olmasına baxmayaraq, dağ süxurlarında əsasən xaotik yerləşdikləri halda onların anizotropiyasını, demək olar ki, əmələ gətirmir. Çökmə süxurlar üzrə quyulardan götürülmüş kern nümunələrinə görə, təyin edilmişdir ki, süxurların anizotrop xüsusiyyəti həm çöküntü çökmə prosesində və həm də geodinamik təzyiqin təsiri ilə süxurların sıxlaşması nəticəsində yaranır. Anizotropiya, əsasən, süxurların tərkibindəki dənələrin ölçüləri, onların forması, qablaşması və həmçinin mikroməsaməliliklə əlaqədardır (Баюк и др., 1982; Авербух, 1982; Сафаров и др, 2009). Göstərilir ki, çökmə süxurların əksəriyyətinin anizotropiya əmsalı 3-12% hüdudunda dəyişir, əmsalın ölçüsü hərtərəfli təzyiqin artması ilə azalırsa, məsamə təzyiqinin artması ilə artır.

Real geoloji mühitdə süxurların akustik və elastiki xüsusiyyətlərinin çöküntü çökmə prosesində geodinamik şəraitin təsiri ilə dəyişməsi nəzəri cəhətdən tədqiq edilmişdir (Kuliev and Jabbarov, 1999; Кулиев и Джаббаров, 2000; Кулиев, 2000; Кулиев, 2005; Кулиев, 2009; Кулиев и Агаев, 2010; Кулиев, 2011). Müəyyən edilmişdir ki, mühitdəki süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin formalaşmasına, orada seysmik dalğaların yayılması prosesinə mühitin gərginlik vəziyyəti əhəmiyyətli təsir edir.

Seysmik dalğaların çökmə süxurlardan ibarət anizotrop geoloji mühitdə yayılmasının nəzəri əsasları bir çox tədqiqatçılar tərəfindən təhlil edilmişdir (Ляховский, 1968; Бреховский, 1973; Невский, 1974; Чесноков, 1977; Петрашень, 1980; Авербух, 1982; Ризниченко, 1985; Уайт, 1986). Elastiki dalğaların ilkin gərginlik vəziyyətində olan, sıxılan və sıxılmayan izotrop və kvazianizotrop mühitdə yayılmasının nəzəri əsasları üzrə fundamental tədqiqatlar aparılmışdır (Guliyev and Jabbarov, 1998; Guliyev, 1998; Guliyev, 1999a; Guliyev, 1999b; Никитин,

1983; Гузь, 1986). Bu tədqiqatların nəticələri seysmik dalğaların geoloji anizotrop mühitdə yayılmasının öyrənilməsində geniş istifadə edilir.

Məlumdur ki, seysmik kəşfiyyat təcrübəsində izotrop müstəvisi adlanan müstəvi üzrə mühitin xüsusiyyəti dəyişməyən transversal-izotrop mühit (TİM) modeli kimi qəbul edilmişdir (Боганик и Гурвич, 2006). Nəzəri tədqiqatın nəticələri (Ризниченко, 1985) göstərir ki, TİM nazik təbəqəlidirsə, yəni təbəqələrin qalınlığı dalğa uzunluğundan dəfələrlə azdırsa, belə mühit kvazianizotropdur. Seysmik dalğa tezliyindən asılı olaraq eyni mühitə qalıntəbəqəli və yaxud naziktəbəqəli kimi baxıla bilər (Авербух, 1982). Təbəqələrin qalınlığı dalğa uzunluğundan azdırsa, dalğanın yayılması zamanı eyni işarəli deformasiyaya müxtəlif xassəli təbəqələr məruz qalır. Bu halda dalğanın yayılma sürəti onun istiqamətindən asılı olur. Sürətin istiqamətdən asılı olaraq dəyişməsi litoloji qeyri-həmcinsliklə, yəni mühitin nazik təbəqəliyi ilə əlaqədardırsa, bu, kvazianizotropiya, cismin daxili strukturunun nizamlılığı ilə əlaqədardırsa, anizotropiya adlanır (Авербух, 1982). Tədqiqatın nəticələri (Невский, 1974) göstərir ki, mühitin kvazianizotrop xüsusiyyətində qalınlıqları seysmik dalğa uzunluğundan 10 dəfədən az olan laylar əhəmiyyətli rol oynayır. TİM üzrə çox nazik təbəqələrin izotrop olmasını qəbul etmək olar. Bu halda həm süxurun daxili strukturunun və həm də nazik təbəqəliyin birlikdə mühitin elastiklik xüsusiyyətinə təsirini seysmik sürətlərin anizotropiyası adlandırmaq olar.

ŞSP və 2D/3D seysmik materialları üzrə real geoloji mühitdə seysmik anizotropiyanın təyininin həm nəzəri, həm də praktik cəhətləri əsaslı şərh edilmişdir (Авербух, 1982; Helbig, 1981; Thomsen, 2002; Ağayev, 2005; Grechka, 2009). Alxalifan və Tsvankin tərəfindən TİM mühit üzrə əks olunan uzununa dalğa hodoqrafının tənliyi təyin edilmişdir (Alkhalifan and Tsvankin 1995). Seysmik materiallara görə çökmə süxurlar üzrə anizotropiya tədqiq edilmişdir (Alkhalifan, 1996). Anizotropiyanın təyini zamanı tətbiq edilən seysmik emal prosedurları (Risto, 2001)-də ətraflı şərh edilir. Dərin quyuda uzununa və eninə dalğalarla aparılmış akustik karotaj məlumatlarına görə, çökmə süxurlar üzrə müəyyən edilmişdir ki, seysmik sürətlərin variasiyası 20-30% olan kəskin diferensiallı mühitlər üzrə anizotropiya, əsasən mühitin nazik təbəqəliliyi ilə əlaqədardır. Sürətlərin variasiyası 10%-dən kiçik olan zəif diferensiallı mühitlər üzrə isə anizotropiya, əsasən, süxurlardakı minerallarn qablaşması ilə əlaqədardır. Təyin edilmişdir ki, sürət variasiyası artdıqca, uzununa və eninə dalğa sürəti nisbəti azaldıqca anizotropiya artır (Авербух, 1982). Dalğanın yayılma və sürətin simmetriya oxu istiqamətləri arası fərq artdıqca anizotropiya kəskin artır. Seysmik kəşfiyyat materiallarına görə, AVO analizi və seysmik anizotropiya üzrə nəzəri və praktik cəhətdən fundamental tədqiqat Tomsen tərəfindən aparılmışdır (Thomsen, 2002). Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, çökmə süxurlar zəif anizotropiyaya malikdir və onun ölçüsü 10-20 %-dən çox olmur. Tomsen zəif anizotropiyalı TİM mühiti üzrə uzununa dalğa sürətinin yayılma istiqamətindən asılılığı tənliyini tərtib etmişdir. Göstərilir ki, əksəriyyət anizotrop mühitlər üzrə uzununa dalğa cəbhəsi elleptik olmadığı üçün Tomsen parametrləri δ və ε-nun qiymətləri də bərabər olmur. Kvazianizotropiya halında isə $\delta < \varepsilon$ şərti yerinə yetirilir. AVO analizi üzrə anizotropiyanın uzununa dalğanın əksolunma əmsalına təsiri araşdırılmışdır (Воскресенский, 2001). Müəyyən edilmişdir ki, anizotrop mühitdə əksolunma əmsalının azimutal istiqamətdə dəyişməsi və əksetdirici sərhəddən üstdəki qatların anizotropluğu əksolunan uzununa dalğanın amplitudunun təhrif olunmasına səbəb olur.

Azərbaycanda həm laboratoriya şəraitində, həm də real mühitdə uzununa və eninə seysmik dalğa sürətlərinə görə anizotropiyanın təyin edilməsi üzrə bir çox tədqiqatlar aparılmışdır (Сафаров и др., 2009; Сафаров, 2011; Кулиев и Джаббаров, 2003; Guliyev and Gasimova, 2004; Ağayev, 2004; Ağayev, 2005; Ağayev və b., 2008; Кулиев, 2008; Guliyev. et al., 2010). Laboratoriya şəraitində təyin edilmişdir ki, çökmə süxurların əksəriyyəti 8–12% anizotropiyaya malikdir (Сафаров и др., 2009). Müxtəlif seysmogeoloji şəraitlərində yerləşən 12 dərin quyu üzrə ŞSP məlumatlarına görə, uzununa dalğa orta sürətinin kvazianizotropiyası təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, mühitin təbəqəliliyinin nəzərə alınmaması tətbiq edilən seysmik müşahidə sistemindən asılı olaraq 8-19 % sürətlər xətasına səbəb ola bilər. Sürətin kvazianizotropiyası dərinlik üzrə orta sürət qradiyentinin dəyişməsinə daha çox həssasdır (Ağayev və b., 2008). CXÇ-dəki Abşeron strukturu üzrə «Walkaway» ŞSP məlumatı üzrə seysmik anizotropiya

təyin edilmişdir. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, 4840-4900 m dərinlikdəki lay üzrə uzununa dalğa sürəti üfüqi istiqamətlərdə 4% ölçüsündə fərqlənir. Həmin lay üzrə sürət üfüqi istiqamətdə şaquli istiqamətə nisbətən 13% çox alınmışdır. Kvazianizotropiya ilə əlaqədar xəta isə 10% təşkil edir (Ağayev, 2005). Qobustandakı Qarabağlı strukturu üzrə ŞSP məlumatına görə, uzununa dalğalar üzrə 8% ölçüsündə seysmik anizotropiya təyin edilmişdir. SV və SH tipli eninə dalğalara görə, 3% ölçüsündə seysmik anizotropiya olduğu müəyyən olunmuşdur (Ağayev, 2004).

Azərbaycanda CXÇ-dəki Abşeron strukturu üzrə 2D seysmik məlumatlarına istinad edərək əks olunan uzununa dalğa hodoqrafının qeyri-hiperbolikliyinin təhlili əsasında geoloji kəsilişinin yuxarı hissəsi üzrə anizotropiya təyin edilmiş, onun effektiv qiymətləri üzrə vaxt kəsilişi alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, 5-6 km dərinliklərdə üfüqi istiqamətdə uzununa dalğanın yayılma sürəti şaquli istiqmətdəkinə nisbətən 10-13 %-ə qədər çox ola bilər (Kuliyev and Jabbarov, 2003; Guliyev and Gasimova 2004; Кулиев, 2008). Hodoqrafın anizotropiya ilə əlaqədar yaranmış qeyri-hiperbolikliyinin nəzərə alınması seysmik sürətlərin daha dəqiq təyin edilməsinə, cəm vaxt kəsilişində əks olunan uzununa dalğanın isə daha inamla izlənməsinə imkan vermişdir (Guliyev et al., 2002).

Məlumdur ki, 2D/3D seysmik materialları üzrə ümumi dərinlik nöqtəsi (ÜDN) seysmoqramlarında cəmləmə effektiv sürət ($V_{ÜDN}$) seçilərkən, adətən, orta sürət modelinə əsaslanan, yəni əksetdirici sərhəddən üstəki mühitin izotrop olması fərz olunan alqoritmlər üzrə hazırlanmış geofiziki kompyuter proqramlarından istifadə edilir. Proqramlarda orta sürət modelindən istifadə edildiyinə görə təyin edilən $V_{ÜDN}$ qiyməti orta sürətdən (V_{OR}) yüksək alınır. Sürətlər fərqi, yəni $V_{ÜDN}$ qiymətindəki müntəzəm xəta, əsasən, mühitin təbəqəliliyi, təbəqələrdə sürətin şaquli və üfüqi istiqamətlərdə fərqli olması ilə əlaqədar müvafiq olaraq kvazianizotropiya, anizotropiya üzrə xətaların cəmindən ibarətdir (Авербух, 1982; Боганик и Гурвич, 2006; Ризниченко, 1985). Adətən $V_{ÜDN}$ və V_{OR} -nin fərqi 20%, bəzən isə daha çox ola bilər. Seysmik müşahidə sistemi bazası və mühitdəki təbəqələrdə lay sürətlərinin dispersiyası böyük olduqca qeyd edilən xətaların ölçüsü də böyük olur. Kvazianizotropiya üzrə xətanı aradan qaldırmaq üçün, adətən, "Urupov-Diks" formulasından istifadə edilir, $V_{ÜDN}$ -dən hesablanan V_{LAY} və V_{OR} sürətlərinin dəqiqliyi, əsasən, üfüqi təbəqəli mühit və sürətlərin profil boyunca ÜDN seysmoqramı hüdudunda kəskin dəyişməməsi hallarında yüksək olur (Боганик и Гурвич, 2006).

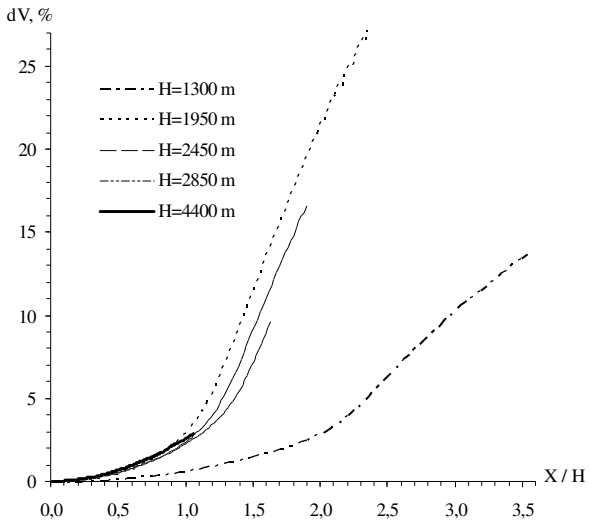
Azərbaycanda seysmik kəşfiyyatla tədqiq edilən çöküntü qatı müəkkəb geoloji quruluşa malikdir. Əksər geoloji strukturlar üzrə laylar böyük bucaq altında yatır. Dərinlik üzrə lay sürətlərinin orta kvadratik pərakəndəliyi, əsasən, 10-20% hüdudlarındadır, yəni geoloji mühit seysmik sürət üzrə kəskin diferensiallı deyil. Bununla belə, adətən, geoloji kəsilişdə böyük sürətli qumdaşı, əhəngdaşı və ya kiçik sürətli anomal yüksək lay təzyiqli, qazla doyumlu süxur layları mövcud olur. Belə mürəkkəb xüsusiyyətli mühit üzrə V_{LAY} və V_{OR} sürətlərinin təyini zamanı kvazianizotropiyanın nəzərə alınması effektivliyi, adətən, aşağı olur. Buna görə geofiziki tədqiqat sahəsi üzrə seysmik sürət modelinin qurulması zamanı onun dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi üçün kvazianizotropiyanın təsirinin tədqiq edilməsi vacibliyi yaranır.

Məqalədə üfüqi təbəqəli, seysmik sürətlər üzrə zəif diferensiallı, kəskin akustik sərtlikli lay olan mühit üzrə təyin edilən effektiv sürət qiymətlərində kvazianizotropiya ilə əlaqədar olan xətanın xüsusiyyətinin və onun korreksiyası effektivliyinin müəyyən edilməsi üzrə aparılan tədqiqatın nəticələri şərh edilir.

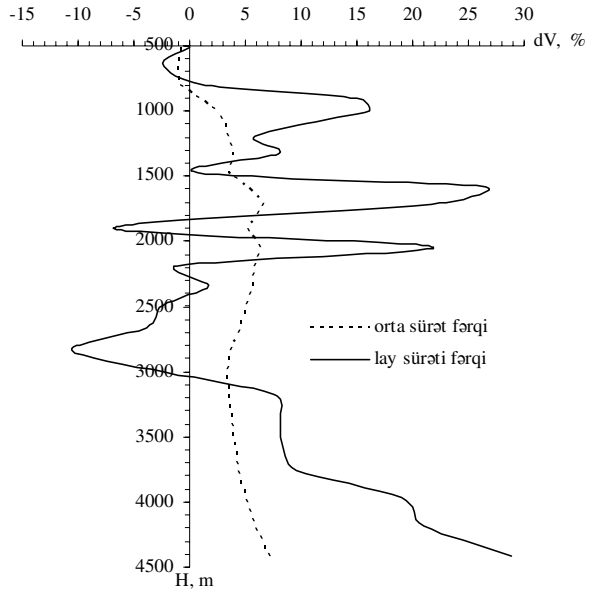
Tədqiqat sahəsinin akustik xüsusiyyətləri. Tədqiqatda Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorundakı kəşfiyyat sahələrindən biri üzrə geofiziki məlumatlardan istifadə edilmişdir. Dəniz sahəsinin seçilməsi, əsasən, ona aid seysmik materialların keyfiyyətinin quruya nisbətən yüksək olması ilə əlaqədardır. Tədqiqat sahəsində mühit, demək olar ki, üfüqi təbəqəlidir. Uzununa seysmik dalğaların yayılması sürəti dərin quyuda aparılmış akustik karotaj (AK), şaquli seysmik profilləmə (ŞSP) və sahə üzrə 2D, 3D seysmik işləri ilə təyin edilmişdir. Tədqiqatda dərin quyu üzrə süxurların sıxlığının müəyyənləşdirilməsində karotaj məlumatından istifadə edilmişdir. ŞSP və AK məlumatlarına, əsasən, buradakı mühit V_{LAY} üzrə zəif diferensiallıdır. Lay sürəti qiymətlərinin ən çox pərakəndəliyi $H = 570-760$ m,

$H = 1290 - 1480$ m, $H = 1650 \div 1930$ m və $H = 3910 - 4260$ m dərinlik intervallarında müşahidə edilir və müvafiq olaraq 16%, 19%, 74% və 19% təşkil edir. Ən sərt akustik lay isə $H = 1650 - 1930$ m dərinlikdə yerləşir və əsasən, əhəngdaşı süxurundan ibarət olan təbaşir çöküntüləridir. Layın daxilində litoloji tərkibləri ilə fərqlənən müxtəlif qalınlıqlı nazik təbəqələr mövcuddur. AK məlumatına əsasən, sürət layın tavanında $V_{LAY} = 2275$ m/san-dən başlayaraq dərinlik üzrə qeyri-müntəzəm olaraq $V_{LAY} = 5290$ m/san-ə qədər artır və sonradan azalaraq dabanda $V_{LAY} = 2930$ m/san-ə təşkil edir. Orta hesabla lay sürəti $V_{LAY} = 4380$ m/san, məlum düsturla hesablanmış Puasson elastiklik əmsalı isə 0.325-dir. Laydan üstdəki və altdakı laylarda süxurlar isə, əsasən, alevrolit və gillərdən ibarətdir və onlar üzrə isə Puasson əmsalı orta hesabla müvafiq olaraq 0.380 və 0.390-dır. Laylar üzrə süxurların sıxlığı və seysmik sürət məlumatlarına əsasən hesablanmış akustik sərtlik (Боганик и Гурвич, 2006) qiymətləri əhəngdaşı layının akustik sərtliliyinin geoloji kəsilişdəki digər laylara nisbətən çox yüksək olduğunu göstərir. Qeyd edilənlər əhəngdaşı layının tavanında və dabanında seysmik sürət qradiyentinin cox kəskin dəyişdiyini, bu isə həmin yerlərdə seysmik şüaların istiqamətinin kəskin dəyişəcəyini, yəni bu mənada kvazianizotropiyanın təsirinin yüksək olacağını deməyə əsas verir. Tədqiq edilən lay 2D və 3D profillərinin vaxt kəsilişlərində ən yüksək amplitudlu seysmik yazı ilə seçilir. Layın sərhədlərindən yaranan intensiv təkrar dalğalar seysmik yazılarda və şaquli sürət spektrlərində aydın şəkildə görünür. Sahənin geoloji kəsilişində ekranlaşdırıcı əhəngdaşı layının mövcudluğu ondan aşağıdakı laylardan əksolunan seysmik dalğaların zəif olması səbəblərindən biridir və seysmik kvazianizotropiyanın əsas mənbəyidir.

Test materialı üzrə kvazianizotropiyaya görə, sürət xətası. Tədqiqat sahəsi üzrə kvazianizotropiyaya görə, xətanın ölçüsünü və xüsusiyyətini testləşdirmə ilə təyin etmək üçün AK və ŞSP məlumatları əsasında uzununa dalğa üzrə ikiölçülü nazik təbəqəli lay sürəti modeli qurulmuşdur. Model üfüqi yatımlı, paralel müstəvili və hər birinin qalınlığı 25 m olan 256 təbəqədən ibarətdir. Modelə görə, dərinlikləri $H = 1320$ m, $H = 1950$ m, $H = 2440$ m, $H = 2850$ m və $H = 4390$ m olan sərhədlər üzrə seysmik dalğa mənbəyindən uzaqlığı $X = 0 - 4650$ m olan qəbul məntəqələri üzrə mühitin təbəqəliliyi nəzərə alınmamaqla və alınmaqla hesablanmış orta sürətlərin fərqi təyin edilmişdir. Sürətin $X \neq 0$ və $X = 0$ qiymətlərindəki fərq edilən hər bir sərhəd üzrə kvazianizotropiya ilə əlaqədar orta sürət xətası kimi qəbul edilmişdir. X / H nisbəti və yaxud seysmik dalğanın sərhəddə düşmə bucağı artdıqca xəta təqribən eksponensial şəkildə artır (1-ci şəkil). Xətanın ölçüsü $H = 1320$ m, $H = 1950$ m, $H = 2440$ m, $H = 2850$ m və $H = 4390$ m dərinlikli sərhədlər üzrə $X = 2500$ m halında müvafiq olaraq 2.5 %, 7,1%, 2,5%, 1,7%, 0,9% və $X = 4600$ m halında isə 13,7%, 27,0%, 16,6%, 9,6%, 2,9% təşkil edir. Orta sürət xətası $H = 1950$ m dərinlikli sərhəd üzrə $H = 1320$ m-dəkinə nisbətən $X / H = 1$ halında təqribən 4 dəfə, $X / H = 2$ halında isə 8 dəfə çoxdur (1-ci şəkil). Əhəngdaşı təbəqəsinin dabanından başlayaraq xətanın qiymətinin kəskin artımı və bu təbəqədən daha dərinə uzaqlaşdıqca isə xətanın tədricən azalması müşahidə olunur. Bu xüsusiyyət mühitdə akustik sərtliyi kəskin fərqlənən təbəqənin mövcudluğu halında ondan aşağıdakı laylar üzrə $V_{ÜDN}$ sürətlərin kvazianizotropiyaya görə, korreksiyasının kifayət qədər dəqiq olmayacağını deməyə əsas verir.



1-ci şəkil. Sıfır və müxtəlif məsafəli dalğa qəbulu məntəqələri üzrə seysmik şüa sürətlərinin fərqi



2-ci şəkil. 3D və ŞSP üzrə seysmik sürətlər fərqi

Real material üzrə sürət xətası və onun korreksiyası. Tədqiqat sahəsi üzrə seysmik anizotropiya ilə əlaqədar sürətlər xətasını müəyyən etmək üçün 2D və 3D seysmik profil materialından istifadə edilmişdir. Sürət analizindən əvvəl, seysmik yazıdakı təkrar dalğalar "ProMAX" emal proqram sistemindən istifadə etməklə, "Radon" süzgəci ilə əhəmiyyətli dərəcədə zəiflədilmişdir. Profillərin ÜDN seysmoqramlarında anizotropiyanı nəzərə almaqla və almamaqla şaquli sürət spektrləri üzrə $V_{ÜDN}$ sürətləri təyin edilmişdir. Anizotropiya Tomsen əmsalını (Thomsen, 2002) testləşdirərək seçməklə nəzərə alınmışdır. Nəticədə $V_{ÜDN}$ sürətləri $1 \div 3\%$ daha az alınmışdır. 2D profillərinin kəsişmə nöqtəsində eyni sürətlərin alınması sürət analizinin dəqiq aparıldığını göstərir. X/H nisbətinin təqribən 0,5-dən kiçik qiymətlərində δ təyinedilmə dəqiqliyinin azalması müşahidə edilir.

"Urupov-Diks" formulası (Боганик и Гурвич, 2006) ilə $V_{ÜDN}$ -dən V_{LAY} hesablanmışdır və onun əsasında V_{OR} üzrə mühitin seysmik sürət kubu modeli qurulmuşdur. Modeldəki təsadüfi xətaları aradan qaldırmaq üçün sürətlər sahə üzrə 1500 m radiuslu bazada geoloji struktur forma nəzərə alınmaqla hamarlaşdırılmışdır. Sürət kubunun şaquli və üfüqi kəsiklərində lay sürətləri dərinlik üzrə geniş diapazonda və tədqiqat sahəsi üzrə isə mozaik şəkildə dəyişirlər.

Məlumdur ki, üfüqi təbəqəli mühit və yaxın uzaqlıqlı atış məntəqəsi üzrə alınmış ŞSP sürətlərində anizotropiya və kvazianizotropiya ilə əlaqədar xətalara, demək olar ki, təsadüf edilmir. Buna əsaslanaraq, sürət kubunun dəqiqliyini yoxlamaq üçün dərin tədqiqat quyusu olan yer üzrə ŞSP və 3D orta və interval sürətləri fərqi kvazianizotropiya nəzərə alınmamaqla və alınmaqla hesablanmışdır (2-ci şəkil). Gözlənildiyi kimi, 3D üzrə sürətlər əsasən ŞSP sürətlərindən yüksək alınmışdır.

3D və ŞSP üzrə orta sürətlər fərqi (dV) təqribən $-1 \div +7\%$, interval sürətlər fərqi isə $-10 \div +27\%$ təşkil edir. Kvazianizotropiyaya görə, korreksiyadan sonra orta sürətlərin fərqi təqribən $+2 \div +4\%$, lay sürətlərinin fərqi isə təqribən $-5 \div +14\%$ -dir. Sürətlərin böyük fərqləri $H = 900 - 1100$ m, $H = 1600 \div 1900$ m və $H = 3900 - 4300$ m dərinlik intervallarında müşahidə edilir (2-ci şəkil). Sürət fərqi ən çox əhəngdaşı təbəqəsindən aşağıda yatan çöküntülər üzrədir. Bəzi intervallarda, məsələn, $H = 2500 - 2900$ m-də mənfi qiymətli fərqlərin alınmasını, 3D materialları üzrə sürət analizi zamanı ÜDN seysmoqramı vaxtı boyunca sürətlərin kifayət qədər dəqiq seçilməməsi ilə izah etmək olar. 3D üzrə sürətlərin hətta kvazianizotropiya görə korreksiyadan sonra ŞSP üzrə sürətlərdən çox alınması, əsasən, mühitin laylığının tam nəzərə alınmamasına görədir. Bunlar göstərir ki, mühitdə kəskin akustik sərtlikli sərhədlərin olması kvazianizotropiya ilə əlaqədar xətanın "Urupov-Diks" formulasının tətbiqi ilə azaldılması effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salır. Kvazianizotropiyaya görə, korreksiyadan sonra 3D sürətləri bütün tədqiqat sahəsi üzrə ŞSP sürətlərinə gətirilmişdir və nəticədə quyu yerində 3D və ŞSP orta sürətlər fərqinin $+1\%$-dən yüksək alınmamasına nail olunmuşdur. "Urupov-Diks" formulasını tətbiq etmədən də 3D üzrə sürətlər SŞP sürətlərinə gətirilə bilər. Lakin bu halda seysmik sürətlərin quyu yerində kvazianizotropiyaya görə xətası tədqiqat sahəsinin başqa yerlərindən kəskin fərqlənə biləcəyi nəzərə alınmır. Buna görə də əvvəlcə "Urupov-Diks" formulasını tətbiq etməklə kvazianizotropiyaya görə xətaları azaltmaq və sonradan isə sürətlərin SŞP-yə görə korreksiya edilməsi daha məqsədəuyğundur.

Nəticə. Tədqiqat sahəsində akustik sərtliyi kəskin fərqlənən lay olduqda 2D, 3D üzrə sürətlərin "Urupov-Diks" formulasını tətbiq etməklə korreksiyası kifayət qədər effektiv olmadığı üçün mühitin seysmik sürət modelinin dəqiqliyi təyin edilərkən seysmik kvazianizotropiyaya görə xətanın xüsusiyyəti nəzərə alınmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

AĞAYEV, X.B., ALLAHVERDİYEV, E.Q., ATAKİŞİYEV, F.Ə. 2008. Orta sürətin kvaziotropiyasının təyini nümunəsi. *Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri*, 1–2, 22–24.

AĞAYEV, X.B. 2004. Şaquli seysmik profilləmədə uzununa və eninə dalğaların seçilməsi və mühitin fiziki xüsusiyyətlərinin təyini təcrübəsi. *Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri*, 1, 19-26.

AĞAYEV, X.B. 2005. Mühitin daxili nöqtəsində seysmik anizotropiyanın təyin edilməsi təcrübəsi. *Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri*, 1, 14–18.

АВЕРБУХ, А.Г. 1982. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. Недра. Москва. 232.

АЛЕКСАНДРОВ, К.С., ПРОДАЙВОДА, Г.Т. 2000. Анизотропия упругих свойств минералов и горных пород. Изд. СО РАН. Новосибирск. 354.

БАЮК, Е.И., ВОЛАРОВИЧ, М.П., ЛЕВИТОВА, Ф.М. 1982. Упругая анизотропия горных пород при высоких давлениях. Наука. Москва. 169.

БОГАНИК, Г.Н., ГУРВИЧ, И.И. 2006. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Изд. АИС. Тверь. 744.

БРЕХОВСКИЙ, Л.М. 1973. Волны в слоистых средах. Наука. Москва. 343.

ВОСКРЕСЕНСКИЙ, Ю.Н. 2001. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов. Российский Государственный университет нефти и газа им. И.М.Губкина. Министерство образования РФ. Москва. 69.

ГУЗЬ, А. Н. 1986. Упругие волны в телах с начальными напряжениями. Т.2. Общие вопросы. Наук. Думка. Киев. 376.

КУЛИЕВ, Г. Г., АГАЕВ, Х.Б. 2010. Моделирование сейсмических разрезов с учетом напряженного состояния среды. *Геодинамика*, 1(9), Львов, 81-86.

КУЛИЕВ, Г. Г., ДЖАББАРОВ, М.Д. 2000. Об амплитудных характеристиках упругих волн в напряженных средах. *Доклады Академии Наук России,* 370, 4, 672-674.

КУЛИЕВ, Г. Г., ДЖАББАРОВ, М.Д. 2003. О сейсмической анизотропии в Южно-Каспийском бассейне. *Труды Института Геологии НАНА,* 31, 77-83.

КУЛИЕВ, Г. Г. 2011. Деформационное сопровождение процессов уплотнения, разуплотнения и фазовых переходов во внутренних структурах Земли. Геодинамика. Международная научная Конференция «Геофизические технологии прогнозирования и мониторинга геологической среды», 10-14 октября, Львов, 138-140.

КУЛИЕВ, Г.Г. 2005. Неклассическая линеаризированная теория деформаций в геофизике. *Изв. НАНА. Науки о Земле*, 2, 41-51.

КУЛИЕВ, Г. Г. 2009. Нелинейные действия упругой среды и их влияния на скорость распространения упругих волн. *Известия НАНА. Науки о Земле*, 2, 31-39.

КУЛИЕВ, Г. Г. 2000. Определение коэффициента Пуассона в напряженных средах. *Доклады Академии наук России,* 370, 4, 534-537.

КУЛИЕВ, Г. Г. 2008. Сейсмическая анизотропия Южно-Каспийского бассейна. В кн.: *Геология Азербайджана. Нефть и Газ.* Nafta-Press, Баку, VII, 127-139.

ЛЯХОВИЦКИЙ, Ф. М. НЕВСКИЙ, М. В. 1968. Анализ анизотропии скоростей сейсмических волн в тонкослоистых периодических средах. *Изв. АН СССР. Физика Земли,* 9, 12-22.

НЕВСКИЙ, М.В. 1974. Квазианизотропия скоростей сейсмических волн. Наука. Москва.

НИКИТИН, Л.В. 1983. Об анизотропии упругой среды с начальными напряжениями. *Изв. АН СССР. Физика Земли,* 12, 29-33.

ПЕТРАШЕНЬ, Г. 1980. Распространение волн в анизотропных упругих средах. Наука. Ленинград.

РИЗНИЧЕНКО, Ю.В. 1985. Сейсморазведка слоистых сред. Недра. Москва. 184.

САФАРОВ, И.Б., АГАЕВ, Х.Б., ШАХМАРДАНОВ, К.В. 2009. Пример изучения упругой анизотропии осадочных пород при лабораторных условиях и в реальной среде. *Нефть и газ Грузии,* 25, 14–24.

САФАРОВ, И.Б. 2011. Петрофизические модели литосферных плит материков и океанов. Элм. Баку. 306.

УАЙТ, Дж. Э. 1986. Возбуждение и распространение сейсмических волн. Недра. Москва. 261.

ЧЕСНОКОВ, Е.М. 1977. Сейсмическая анизотропия верхней мантии Земли. Наука. Москва. 144.

ALKHALIFAH, T., TSVANKIN, I. 1995. Velocity analysis for transversely isotropic media. *Geophysics*, 60, 1550-1566.

ALKHALIFAH, T. 1996. Transformation to zero offset in transversely isotropic media. *Geophysics,* 61, 947–963.

GRECHKA, V. 2009. Applications of Seismic Anisotropy in the Oil and Gas İndustry. EAGE Publications, 171.

GULIYEV, H. H., GASIMOVA, S.M. 2004. About seismic anisotropy in the South-Caspian basin (SCB). *South-Caspian basin: geology, geophysics, oil and gas content,* Baku, 99-106.

GULIYEV, H.H., JABBAROV, M., CONNOR, J., KULIEVA, R. 2002. AVO analysis in consideration of the reflected wave curve non-hiperbolity. Abstracts book: *VII Intern. Conf. on gas in marine sediments and natural marine hidrocarbon seepage in the world oceans with application to the Caspian Sea*, October 7-12, Baku, Azerbaijan, 85-87.

GULIYEV, H.H., JABBAROV, M.J. 1998. To elastic waves propagation in strained nonlinear anisotropic media. *Proceedings of Academy of sciences of Azerbaijan*, *the sciences of Earth,* 4, 103-112.

GULIYEV, H.H. 1998. To physical-mechanical properties of strained slightly anisotropic media. *Proceedings of Academy of sciences of Azerbaijan*, *the sciences of Earth* 4, 134-140.

GULIYEV, H.H. 1999a. Characteristics of Multicomponent seismology in a strained anisotropic medium. Abstracts vol.2. EAGE 61st Conference and Techn. Exibition, Helsinki, Finland, 060.

GULIYEV, H.H. 1999b. Elastic waves propagation velocities in stressed nonlinear anisotropic medium. *Geophysics News in Azerbaijan Scientific Technical Journal,* 3, 12-14.

GULIYEV, H.H. et al. 2010. Research of physicomechanical properties of rocks and dynamics of their changes in various termobaric conditions. In: http://www.gia.az/ projects/stcu/3647/index.html.

HELBIG, K. 1981. Sistematics of layers–induced anisotropic. *Geophysical Prospecting*, 29, 557.

KULIEV, G.G., JABBAROV, M.J. 1999. Selection of a structure from for elastic potential in seismic studies. *Geophysics News in Azerbaijan*, 2, 17-18.

RISTO, S. 2001. Technological leap in time processing focuses the data throughout anisotropic media. *First Break,* 19.11, 612–617.

THOMSEN, L. 2002. Understanding Seismic Anisotropy in Exploration and Explotation. Distinguished İnstructor Short Course. Distinguished İnstructor Series, 5.

Məqaləyə AMEA-nın müxbir üzvü H.H.Quliyev rəy vermişdir

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© М.Т.Абасов, З.Я.Аббасов, Г.И.Джалалов, Х.А.Фейзуллаев, 2012

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН ГАЗАМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

М.Т.Абасов, З.Я.Аббасов, Г.И.Джалалов, Х.А.Фейзуллаев

Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

Статья посвящена моделированию процессов извлечения ретроградного конденсата из пласта закачкой газов различного состава, теоретической базой которого являлась фильтрация многокомпонентной газоконденсатной смеси.

Известно, что большинство как отечественных, так и зарубежных газоконденсатных и газоконденсатнонефтяных месторождений разрабатывается без поддержания пластового давления в режиме истощения естественной энергии пласта. Практика разработки газоконденсатных месторождений в режиме истощения показывает, что снижение пластового давления ниже давления начала конденсации приводит к выпадению ретроградного конденсата в пласте и призабойной зоне скважины (Абасов, Оруджалиев, 1989; Митлин, 1986; Cook et al., 1967). Последнее ухудшает фазовую проницаемость по газу и, следовательно, уменьшает производительность добывающих скважин.

Известны методы (Митлин, 1986 и др.) увеличения производительности добывающих газоконденсатных скважин путем воздействия, в том числе и циклического (Abasov et al., 1998), на их призабойную зону "сухими" или обогащенными УВ-газами, а также неуглеводородосодержащими газами. Физической основой этих методов является испарение жидкого в пластовых условиях конденсата газами различного состава.

Всестороннее изучение этого вопроса, как правило, осуществляется или на бомбе pVT, или аналитическими способами с использованием различных уравнений состояния.

В работе (Abasov et al., 1998) на бомбе pVT впервые для условий глубокозалегающего газоконденсатного месторождения исследован процесс испарения конденсата путем воздействия на него "сухим" УВ-газом с учетом влияния физико-химических свойств газоконденсатной смеси: температуры, давления, числа контактов жидких и газовых фаз, плотности конденсата. При этом установлено, что:

в интервале плотности конденсата 740-810 кг/м^3 количество испарившегося конденсата с ростом его плотности параболически уменьшается;

с ростом температуры в интервале 60-120 ^{0}C количество испарившегося конденсата возрастает от 19,0 до 25,4%.

Было изучено также влияние неуглеводородных газов в составе "сухого" газа на его испаряющую способность. Для этой цели в составе углеводородного "сухого" газа содержание азота изменялось до 100% (Абасов и др., 1999), а углекислого газа до 30% (Абасов и др., 2001). Установлено, что с ростом процентного содержания азота в составе "сухого" газа количество испарившегося конденсата уменьшается. Так, при молярной доле азота 20 и 100% количество испарившегося конденсата составляет соответственно 22,0 и 2,5%. Это свидетельствует о том, что наличие до 20% азота в составе "сухого" УВ-газа почти не ухудшает его испаряющую способность.

Изучалось также влияние процентного содержания углекислого газа в интервале 10-30% в составе "сухого" газа на испаряющую способность системы (Абасов и др., 2001). Показано, что с ростом содержания углеки-

слого газа в системе количество испарившегося конденсата возрастает, и при его молярной доле около 30% это количество составляет 37,7%.

Таким образом, проведенные исследования в pVT-сосуде показали, что при неоднократном воздействии на жидкий конденсат различными газами можно добыть до 50% его части.

Целью настоящей работы является математическое моделирование обработки призабойной зоны скважины газами различного состава в целях повышения их продуктивности.

I. Моделирование обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины газами различного состава с учетом многокомпонентности фильтрации системы

Рассматривается моделирование процесса извлечения ретроградного конденсата из пласта закачкой газов различного состава, с использованием теоретической базы многокомпонентной фильтрации газоконденсатной смеси, в которой за независимые переменные приняты давление и состав смеси. Эта модель позволяет определять состояние многокомпонентной смеси во всех случаях фильтрации при давлениях как выше, так и ниже давления начала конденсации и решать задачи фазового равновесия, находить составы и насыщенности фаз и использовать расчетные методики определения их физических свойств.

В предположении с допустимостью пренебрежения влияния капиллярных и гравитационных сил, молекулярной диффузии, неравновесности фазовых переходов выписывается исходная система дифференциальных уравнений, описывающих изотермическую фильтрацию многокомпонентных и систему замыкающих соотношений:

$$\nabla\left[\left(\frac{khf_L(S_L)\rho_L}{\mu_L M_L}x_i+\frac{khf_V(S_V)\rho_V}{\mu_V M_V}y_i\right)\nabla p\right]=$$

$$=\frac{\partial}{\partial t}\left[mh\left(\frac{\rho_L S_L}{M_L}+\frac{\rho_V S_V}{M_V}\right)z_i\right]\pm$$

$$\pm\sum_{\nu=1}^{n}Q_i^{\nu}(t)\delta(x-x_\nu)\delta(y-y_\nu),\ i=\overline{1,N},$$

$$(x,y)\in D,\ t\in(0,T), \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{N}x_i=\sum_{i=1}^{N}y_j=1,\ \sum_{i=1}^{N}z_i=1\ . \qquad (2)$$

$$\rho_V=\rho_V\left(P,T,z_1,z_2,...,z_{N-1},z_N\right),$$

$$\rho_L=\rho_L\left(P,T,z_1,z_2,...,z_{N-1},z_N\right),$$

$$\mu_V=\mu_V\left(P,T,z_1,z_2,...,z_{N-1},z_N\right),$$

$$\mu_L=\mu_L\left(P,T,z_1,z_2,...,z_{N-1},z_N\right),$$

$$S_V=1-S_L,\ S_L=\frac{(1-V)\rho_V M_L}{(1-V)\rho_V M_L+V\rho_L M_V}\ , \qquad (3)$$

где $f_V(S_V)$ и $f_L(S_L)$ – относительная фазовая проницаемость соответственно для газовой и жидкой фаз; S_V и S_L – коэффициент насыщенности пористой среды соответственно паровой и жидкой фазы; p – давление; t – время; x_i, y_i – молярные содержания i-го компонента в жидкой и газообразной фазах соответственно; z_i – суммарное молярное содержание i-го компонента в смеси; ρ_V и ρ_L – молярная плотность газообразной и жидкой фазы соответственно; M_L и M_V – соответственно средние молекулярные веса жидкой и газовой фазы; $Q_i^{\nu}(t)$ – плотность ν-го источника (стока) по i-му компоненту в момент времени t; x_V, y_V – координаты ν-го элементарного источника (стока); n – число элементарных источников (стоков).

Для решения конкретной задачи система уравнений дополняется соответствующими начальными и граничными условиями по давлению и доли компонентов:

$$p(x,y,t)\big|_{t=0}=p_0(x,y),\ (x,y)\in D, \qquad (4)$$

$$z_i(x,y,t)\big|_{t=0}=z_i^0(x,y),\ i=1,2,...,N,\ (x,y)\in D, \qquad (5)$$

$$\left.\frac{\partial p(x,y,t)}{\partial n}\right|_{\Omega}=0,\ (x,y)\in\Omega,\ t\in(0,T). \qquad (6)$$

где Ω – внешняя граница продуктивной залежи.

Функции относительных фазовых проницаемостей флюидов определяются по результатам адаптации гидродинамической модели с использованием данных истории разработки залежи. Описанная математиче-

ская модель включает в себя сложную нелинейную систему, и для ее решения использован численный метод «неявное по давлению и явное по доли компонентов». На основании алгоритма составлена программа, которая позволяет исследовать процесс обработки призабойной зоны скважины газами различного состава. При этом для конкретных условий залежи V блока VII горизонта глубокозалегающего газоконденсатного месторождения Булла-дениз исследован механизм накопления ретроградного конденсата у забоя скважин и установлено, что здесь формируется зона с высокой насыщенностью, которая с течением времени расширяется по простиранию пласта. По истечении некоторого времени насыщенность у забоя скважины постепенно уменьшается, что сопровождается сглаживанием профиля насыщенности. Отметим, что этот процесс не вызван испарением ретроградной жидкости. Максимальный радиус зоны повышенной насыщенности коллектора жидкостью составлял 20-30 м. Для удаления ретроградного конденсата из призабойной зоны скважины были использованы “сухой” углеводородный газ и азот или углекислый газ в различных соотношениях, количество которых устанавливалось экспериментальным путем. Исследовался процесс в ходе обработки призабойной зоны на примере скв. 46 (рис.1), эксплуатирующей названную выше газоконденсатную залежь. Установлено, что такая обработка скважины позволяет удалить ретроградный конденсат из призабойной зоны скважины на определенное расстояние в зависимости от объема нагнетаемого газа приблизительно радиусом 5-10 м. При нагнетании газа в пласт насыщенность последнего жидкостью уменьшается в основном за счет испарения промежуточных и тяжелых компонентов из жидкой в газовую фазу. Идет обогащение закачиваемого газа этими компонентами, а жидкая фаза, оставшаяся в зоне обработки, оказывается уже неравновесной газовой фазой пластовой системы. Показано, что обработка призабойной зоны скважины азотом с содержанием около 22% в составе “сухого” газа лишь немногим уступает по эффективности аналогичному воздействию “сухим” газом. Несколько лучше в этих условиях испаряет и удаляет конденсат “сухой” газ с добавлением углекислого газа около 30 моль. %.

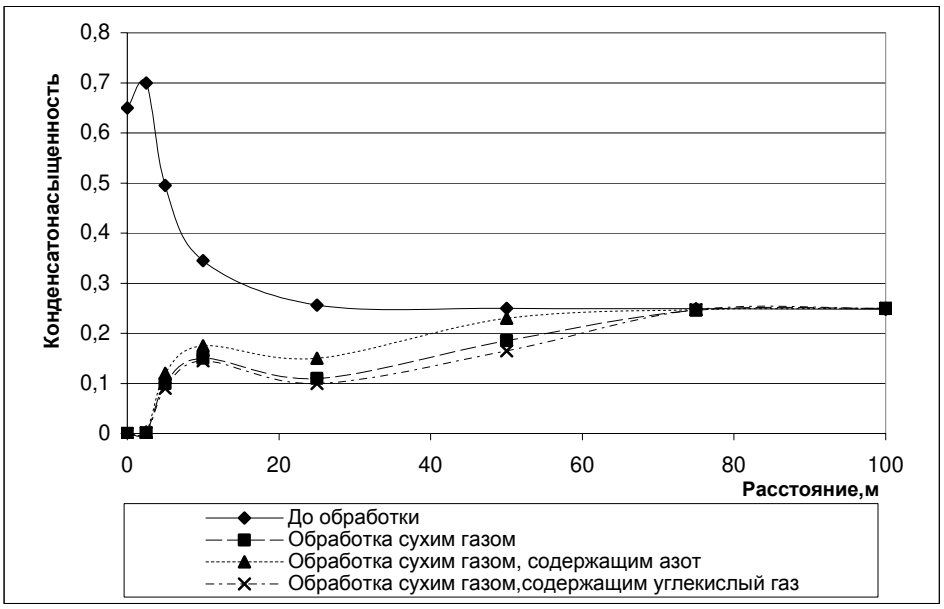


Рис. 1. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.46 после обработки различными газами

При эксплуатации скважины после ее обработки продуктивность увеличивается в начальный момент почти в 2 раза. Процесс эксплуатации скважины после ее обработки сопровождается повторным накоплением жидкой фазы у забоя скважины, но в более узкой зоне, чем до обработки скважины. Тем не менее и по истечении 8-месячного срока в эксплуатации скважины продуктивность ее остается на 20-30% выше, чем до обработки.

Рассмотрен вариант обработки призабойной зоны пласта легкими жидкими углеводородами с последующим вытеснением их газом. При этом изучен процесс обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины пропаном. В процессе обработки вначале закачивался пропан, затем он вытеснялся "сухим" углеводородным газом. При этом соотношение массы закачиваемых газов составляло 1(пропан) : 2,5("сухой" газ). Расчеты показали, что такое соотношение уменьшает насыщенность конденсата в призабойной зоне скважины радиусом 12-15 м почти до нуля. Процесс обработки протекает в условиях многоконтактного смешивающегося вытеснения пластовой газоконденсатной смеси пропаном и пропана "сухим" газом. После обработки пропаном и "сухим" газом в пласте образуется "вал", состоящий из пропана и пластовой жидкости, занимающий определенную зону. В результате пропан полностью испаряет пластовую жидкость и сам, в свою очередь, полностью вытесняется газом (рис.2). После пуска скважины в эксплуатацию продуктивность ее увеличивается в 2,5 раза и затем по истечении года дебиты скважины постепенно снижаются до их начальных значений.

Для обработки призабойной зоны газоконденсатных скважин выбранного блока использовалась также пропан-бутановая фракция следующего соотношения: пропан – 40%, бутан – 60%. Процесс обработки осуществляется аналогично вышеописанному, при котором конденсатонасыщенность в радиусе около 10 м приближалась к нулю. В зоне радиусом от 10 до 40 м конденсатонасыщенность возросла от нуля до своего среднего значения по пласту. В отличие от варианта обработки призабойной зоны скважины пропаном здесь не отмечается образование "вала" жидких углеводородов. При обработке скважины образовавшаяся в призабойной зоне оторочка жидких углеводородов вытесняет ретроградный конденсат, смешиваясь с ним. Закачиваемый вслед за фракцией жидких углеводородов "сухой" газ, в свою очередь, вытесняет жидкость в условиях многоконтактного смешивающегося вытеснения с интенсивным испарением углеводородных компонентов из жидкости в газовую фазу. После пуска скважины в эксплуатацию продуктивность ее увеличивается более чем в 2 раза, повторное накопление ретроградного конденсата у забоя скважин происходит значительно медленным темпом, и вследствие этого повышение продуктивности скважины длительное время сохраняется.

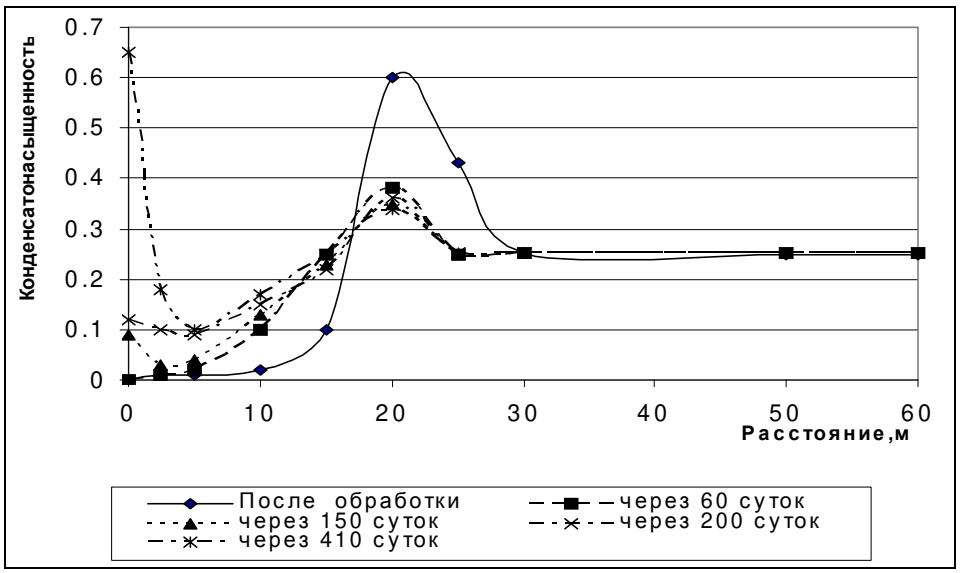


Рис. 2. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.39 в процессе эксплуатации после обработки ее пропаном

II. Моделирование обработки призабойных зон газоконденсатных скважин газами различного состава на основе бинарной модели фильтрации

Представлен новый подход и разработан алгоритм и пакет прикладных программ расчета прогнозирования технологических показателей процесса разработки газоконденсатной залежи в естественном режиме, а также воздействия на залежь и на призабойную зону скважин различными газами на базе бинарной модели (Абасов, Оруджалиев, 1989) с учетом фазовых превращений, отличающиеся тем, что термодинамические параметры определяются аналитически с помощью уравнений состояния, изотермической дифференциальной конденсации и псевдокомпонентов. При этом, используя начальные данные по компонентному составу смеси, определяются соответствующие свойства газоконденсатной смеси. После отбора определенного количества газоконденсатной смеси с использованием уравнения дифференциальной конденсации и известного алгоритма парожидкостного равновесия на базе уравнения состояния определяются вначале составы сосуществующих фаз, а затем свойства, необходимые для обеспечения расчетов по бинарной модели фильтрации газоконденсатной смеси, на основании которых вычисляются текущие давления в пласте и его насыщенность жидкой и газовой фазами. Затем задается очередной отбор газа, и расчет повторяется по описанному выше алгоритму.

Процесс изотермической дифференциальной конденсации в пористой среде описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\Omega\frac{d}{dt}\left[\rho_V(1-s)y_i+\rho_L s x_i\right]=-Q(t)\,y_i(1-\beta_i),$$
$$i=\overline{1,N},\ t\in(0,T), \qquad (7)$$

где $Q(t)$ – отбор газовой фазы из объема смеси во времени; Ω – объем порового пространства; β_i – коэффициенты, показывающие какое количество i - го компонента возвращается обратно в пласт; x_i, y_i – молярные содержания i-го компонента в жидкой и газообразной фазах соответственно; ρ_V и ρ_L – соответственно плотности газовой и жидкой фаз; s – насыщенность жидкой фазы газом; N – число компонентов в системе; t – время.

Согласно правилу фаз Гиббса, состояние термодинамического равновесия двухфазной N-компонентной системы, находящейся под воздействием одного внешнего интенсивного параметра, определяется значениями N-1 независимых переменных. Поэтому при выполнении локального термодинамического равновесия система (7) замыкается соотношениями для плотностей и мольных долей компонентов в фазах:

$$\rho_V=\rho_V(y_1,...,y_{N-2},p),$$
$$\rho_L=\rho_L(y_1,...,y_{N-2},p),$$
$$y_{N-1}=y_{N-1}(y_1,...,y_{N-2},p)\ ,$$
$$y_N=y_N(y_1,...,y_{N-2},p),$$
$$x_i=x_i(y_1,...,y_{N-2},p),\ i=\overline{1,N} \qquad (8)$$

Система (7), состоящая из N уравнений, содержит N неизвестных y_1, y_2,..., y_{N-2}, p, s переменных, которые определяются из системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{pmatrix}\frac{dy_1}{dt}\\ \frac{dy_2}{dt}\\ ...\\ \frac{dy_{N-2}}{dt}\\ \frac{dp}{dt}\\ \frac{ds}{dt}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_{1,1}\ ...\ a_{1,N}\\ a_{2,1}\ ...\ a_{2,N}\\ .\ ...\ .\\ a_{N-2,1}..a_{N-2,N}\\ a_{N-1,1}..a_{N-1,N}\\ a_{N,1}\ ...\ a_{N,N}\end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix}-Q(t)y_1(1-\beta_1)/\Omega\\ -Q(t)y_2(1-\beta_2)/\Omega\\ .\ ...\ .\\ -Q(t)y_{N-2}(1-\beta_{N-2})/\Omega\\ -Q(t)y_{N-1}(1-\beta_{N-1})/\Omega\\ -Q(t)y_N(1-\beta_N)/\Omega\end{pmatrix}. \qquad (9)$$

Начальные условия решения системы (9) для общего случая, следующие:

$$p\big|_{t=0}=p_0\ ,\ s\big|_{t=0}=s_0\ ,\ y_i\big|_{t=0}=y_{i0}\ ,$$
$$i=1,2,...,N-2. \qquad (10)$$

При расчете элементов $a_{i,j}$ необходимо знать значения частных производных зависимых переменных ρ_V, ρ_L, y_N, y_{N-1}, $x_1,...,x_N$ по независимым переменным $p, y_1, y_2,..., y_{N-2}$ в условиях термодинами-

ческого равновесия. Реализуется способ вычисления правой части нормальной системы *N*-го порядка (9), что позволяет, используя стандартную процедуру, получать решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений (7), описывающих процесс изотермической дифференциальной конденсации, и в ходе решения, используя уравнение материального баланса компонентов в фазах $z_i = x_i(1-V)+y_iV$, уточняется состав смеси.

Изложенным подходом полученные равновесные составы, плотности и мольная доля каждой фазы с изменением давлений позволяют определить параметры флюидов, входящих в бинарную модель. Из плотностей каждой фазы находится объемный коэффициент газа и конденсата следующим образом:

$$a_г(p)=\frac{V_{плг}}{V_{стг}}=\frac{\rho_{г.ат}}{\rho_г(p)}=\frac{z(p)p_{ат}}{p\beta},$$

$$a_к(p)=\frac{V_{пл.к}}{V_{ст.к}}=\frac{\rho_{к.ат}}{\rho_к(p)}.$$

Вязкость газа и конденсата определяется по методу Дина и Стила. Потенциальное содержание конденсата (C_{5+}) в пластовом газе и содержание растворенного в конденсате газа рассчитываются по известным формулам:

$$C(p)=\frac{z_{c_5+}M_{c_5+}}{24040}\rho_k,$$

$$S_k(p)=\frac{(1-z_{c_5+})24040}{z_{c_5+}M_{c_5+}}\cdot\rho_k.$$

Отношение удельных весов конденсата в жидкой и газовой фазе при нормальных условиях определяется по формуле:

$$\bar{\gamma}=\frac{\gamma_k(p)}{M_k(p)}\cdot 22{,}41\cdot\frac{293}{273}$$

Значения этих параметров являются необходимыми и достаточными для использования бинарной модели фильтрации при прогнозировании технологических показателей разработки газоконденсатных месторождений при различных методах и режимах.

На основе этой методики изучены процесс разработки газоконденсатной залежи в режиме истощения и обработка призабойных зон газоконденсатных скважин “сухим” углеводородным газом и легкими жидкими углеводородами с последующим вытеснением их газом с целью увеличения их продуктивности и установлено, что полученные результаты полностью согласуются с результатами, рассчитанными по модели многокомпонентной фильтрации.

III. Моделирование обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины теплоносителями

Рассматривается на базе неизотермической многокомпонентной фильтрации процесс тепловой обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины с использованием нагретого углеводородного газа, пропана или пропано-бутановой фракции.

Пренебрегая гравитационными и капиллярными силами, теплотой фазовых переходов, система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих неизотермическую фильтрацию многокомпонентных смесей, имеет вид (Закиров и др., 1988; Курбанов, Розенберг, 1968):

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\left(\frac{khf_ж\rho_ж}{\mu_ж M_ж}x_i+\frac{khf_г\rho_г}{\mu_г M_г}y_i\right)\frac{\partial p}{\partial x}\right]+$$

$$+\frac{\partial}{\partial y}\left[\left(\frac{khf_ж\rho_ж}{\mu_ж M_ж}x_i+\frac{khf_г\rho_г}{\mu_г M_г}y_i\right)\frac{\partial p}{\partial y}\right]=$$

$$=\frac{\partial}{\partial t}\left[mh\left(\frac{\rho_ж S_ж}{M_ж}+\frac{\rho_г S_г}{M_г}\right)z_i\right]+$$

$$\sum_{j=1}^{n}q_{ij}(t)\delta(x-x_j)\delta(y-y_j), \qquad (11)$$

$$i=1,N,\ (x,y)\in D,\ t\in(0,T),$$

$$\left(\frac{f_г\rho_г C_{p_г}}{\mu_г M_г}+\frac{f_ж\rho_ж C_{p_ж}}{\mu_ж M_ж}\right)\left(\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial p}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial T}{\partial x}+\frac{\partial T}{\partial y}\right)-$$

$$-\left(\frac{f_г\rho_г C_{p_г}}{\mu_г M_г}\varepsilon_г+\frac{f_ж\rho_ж C_{p_ж}}{\mu_ж M_ж}\varepsilon_ж\right)\left(\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial p}{\partial y}\right)^2+$$

$$+m\left(\frac{\rho_ж S_ж C_{p_ж}}{M_ж}\eta_{s\,ж}+\frac{\rho_г S_г C_{p_г}}{M_г}\eta_{s\,г}\right)\frac{\partial p}{\partial t}-$$

$$-\left[m\left(\frac{\rho_г S_г}{M_г}C_{p_г}+\frac{\rho_{ж}S_{ж}}{M_{ж}}C_{p_{ж}}\right)+(1-m)\rho_c C_{p_c}\right]\frac{\partial T}{\partial t}+$$

$$+\frac{\partial}{\partial x}\left\{\left[m(S_г\lambda_г+S_{ж}\lambda_{ж})+(1-m)\lambda_c\right]\frac{\partial T}{\partial x}\right\}+$$

$$+\frac{\partial}{\partial y}\left\{\left[m(S_г\lambda_г+S_{ж}\lambda_{ж})+(1-m)\lambda_c\right]\frac{\partial T}{\partial y}\right\}+q_T=0, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{N}x_i=\sum_{i=1}^{N}y_i=1,\ \sum_{i=1}^{N}z_i=1,\ (x,y)\in D,\ t\in(0,T), \quad (13)$$

Начальные и граничные условия решения системы (11)-(13) для общего случая следующие:

$$p(x,y,t)\big|_{t=0}=p_0(x,y),\ T(x,y,t)\big|_{t=0}=T_0(x,y),$$

$$z_i(x,y,t)\big|_{t=0}=z_{i_0}(x,y), i=\overline{1,N}, (x,y)\in D, \quad (14)$$

$$\frac{\partial p(x,y,t)}{\partial n}\bigg|_{\Omega}=0,\quad \frac{\partial T(x,y,t)}{\partial n}\bigg|_{\Omega}=0,$$

$$\frac{\partial z_i(x,y,t)}{\partial n}\bigg|_{\Omega}=0\ ,\ (x,y)\in\Omega\ ,\ t\in(0,T), \quad (15)$$

где $C_{p_{ж}}$ и $C_{p_г}$ – коэффициенты удельной изобарной теплоемкости жидкой и газовой фазы соответственно; $\varepsilon_г$ и $\varepsilon_{ж}$ – коэффициенты Джоуля-Томсона газовой и жидкой фазы соответственно; $\eta_{S_г}$ и $\eta_{S_{ж}}$ – коэффициенты адиабатического расширения газовой и жидкой фазы соответственно; $\lambda_г$, $\lambda_к$ и λ_c – коэффициенты теплопроводности газовой и жидкой фазы и пласта породы соответственно; $T(x,y,t)$ – температура; q_T – учитывает перетоки теплоты в окружающие породы пласта; C_{p_C} – коэффициент теплоемкости горной породы при постоянном давлении; ρ_C – плотность породы скелета пласта; n – число скважин; D – область фильтрации; Ω – граница пласта.

Исходя из технологических соображений, в качестве граничного условия по температуре на стенке скважины при нагнетании реагента с температурой, отличной от начальной пластовой, задается: $\Delta T=\theta$, где ΔT – разности текущей и забойной температуры, θ – заданное значение температуры.

При выполнении условия существования локального термодинамического равновесия система (11)-(15) замыкается следующими соотношениями (Закиров и др., 1988):

$$\begin{aligned}
&\rho_{ж}=\rho_{ж}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\rho_г=\rho_г(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\mu_{ж}=\mu_{ж}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\mu_г=\mu_г(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&S_{ж}=S_{ж}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&S_г=1-S_{ж},\\
&\lambda_{ж}=\lambda_{ж}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\lambda_г=\lambda_г(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&C_{p_{ж}}=C_{p_{ж}}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&C_{P_г}=c_{P_г}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1})\\
&\varepsilon_{ж}=\varepsilon_{ж}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\varepsilon_г=\varepsilon_г(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\eta_{s\,ж}=\eta_{s\,ж}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\eta_{S_г}=\eta_{S_г}(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&\lambda_c=\lambda_c(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&x_i=x_i(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}),\\
&y_i=y_i(p,T,z_1,z_2,...,z_{N-1}).
\end{aligned} \quad (16)$$

Входящие в систему (11)-(15) коэффициенты (16) являются сложными функциями многих параметров. Для их определения необходимы трудоемкие процедуры расчета парожидкостного равновесия и параметров, характеризующих теплофизические свойства фаз. Для расчетов газожидкостного равновесия и теплофизических свойств фаз используется уравнение состояния (Аббасов, 1993; Брусиловский, 2002). При решении задач (11)-(16) использование уравнения состояния позволяет создать единую термодинамическую основу определения замыкающих соотношений и проводить расчеты с высокой степенью точности в широком диапазоне изменений давления и температуры.

Расчет составов и плотностей равновесных газовой и жидкой фаз по известному составу смеси, давлению и температуре, а также по параметрам, характеризующим петрофизические свойства фаз, проведен по аналогии (Аббасов, 1993; Брусиловский, 2002; Закиров и др., 1988).

С использованием модели исследован процесс обработки призабойной зоны скважины нагретым газом и жидким углеводородом. При обработке принимается, что газ (в первом случае) или жидкий углеводород (во втором случае) подаются в скважину с более высокой температурой по сравнению с пластовой. В расчетах разности забойной и пластовой температур задавались в различных вариантах: 20К, 40К, 60К при пластовой температуре 374 К.

В первом случае (объем закачанного газа – соответственно 150; 100 и 50 тыс.м^3) в зависимости от температуры и объема нагнетаемого газа процесс удаления ретроградного конденсата происходит за счет прокачки больших объемов газа и испарения конденсата при повышении температуры. При этом отмечается отставание температурного фронта от фронта вытеснения газоконденсатной смеси газом. В результате этого в призабойной зоне скважины происходит вначале вытеснение газоконденсатной смеси газом при пластовой температуре, а затем нагретым газом продуктов испарения, переходящих в газовую фазу промежуточных и тяжелых углеводородов. Исходя из этого, при малых различиях забойных и пластовых температур и соответственно больших объемах нагнетаемого газа, процесс удаления ретроградного конденсата происходит примерно с одинаковой эффективностью, что и в изотермических условиях. Как показали расчеты, после обработки скважины нагретым газом продуктивность увеличивалась примерно в 2,3 раза по сравнению с продуктивностью до обработки, постепенно отмечалось ухудшение продуктивности скважины за счет повторного накопления ретроградного конденсата. Снижение продуктивности происходит несколько медленнее после воздействия на призабойную зону скважины газом в таком же объеме, что и при условиях изотермической фильтрации.

Во втором случае в качестве жидкого углеводородного растворителя рассматриваются нагретый пропан с последующей прокачкой нагретого “сухого” газа (объем пропана – 50 т, 40 т, 25 т, а последующая прокачка сухого газа – соответственно 100; 60 и 25 тыс.м^3), а также пропан-бутановая фракция жидких углеводородов с последующей прокачкой “сухого” газа (объем пропан-бутановой фракции – 50 т, 40 т, 25 т, а последующая прокачка сухого газа – соответственно 100; 60 и 25 тыс.м^3).

В первом случае нагретый пропан испаряет пластовую жидкость и сам, частично испаряясь, вытесняется закачиваемым газом. В результате обработки скважины нагретым пропаном продуктивность ее увеличивается примерно в 2,5 раза, и в течение длительного времени она не меняется. Затем в результате повторного накопления ретроградного конденсата постепенно продуктивность скважин ухудшается. Снижение продуктивности происходит несколько медленнее при закачке нагретого пропана, чем при обработке в изотермических условиях.

Во втором случае образовавшаяся в призабойной зоне нагретая оторочка жидких углеводородов вытесняет ретроградный конденсат, смешиваясь с ним. Закачиваемый вслед за пропан-бутановой фракцией нагретый “сухой” газ, в свою очередь, вытесняет жидкость в условиях смешивающегося вытеснения с интенсивным испарением промежуточных и тяжелых углеводородных компонентов. В итоге образуется зона с конденсатонасыщенностью меньше средней по пласту. Эксплуатация скважины после ее обработки вызывает повторное накопление ретроградного конденсата. Однако этот процесс протекает медленно, и определенное возрастание конденсатонасыщенности отмечается непосредственно у забоя скважины на расстоянии примерно 2-5м. В результате обработки скважины ее продуктивность в рассмотренном варианте увеличивается примерно в 2,3 раза.

Обработка призабойной зоны скважины нагретыми жидкими углеводородами позволяет сократить объемы нагнетания рабочих агентов по сравнению с нагнетанием тех же агентов в изотермических условиях для получения одинаковых значений продуктивности.

Вывод:

Разработана теоретическая база и выполнено моделирование процесса обработки призабойной зоны газоконденсатных скважин различными газами и жидкими углеводородами, в том числе нагретыми, при широком изменении исходных данных с целью повышения их производительности.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ ,З.Я., ГАМИДОВ, Н.Н. 1999. Экспериментальное исследование испаряемости конденсата «сухим» углеводородным газом, содержащим азот. *Изв. АН Азербайджана. Науки о Земле*, 2, 102-110.

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ГАМИДОВ, Н.Н. 2001. Исследование влияния углекислого газа в составе «сухого» углеводородного газа на испаряемость конденсатов. *Изв. НАН Азербайджана. Науки о Земле,* 2, 93-96.

АБАСОВ, М.Т., ОРУДЖАЛИЕВ, Ф.Г. 1989. Газогидродинамика и разработка газоконденсатных месторождений. Недра. Москва. 262.

АББАСОВ, З.Я. 1993. Методы расчета статического динамического забойного давления в газовых и газоконденсатных скважинах. Элм. Баку. 312.

БРУСИЛОВСКИЙ, А.И. 2002. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. Грааль. Москва. 575.

ЗАКИРОВ, С.Н., СОМОВ, Б.Е., ГОРДОН, В.Я., ПАЛАТНИК, В.М., ЮФИН, П.А. 1988. Многомерная и многокомпонентная фильтрация. Справочное пособие. Недра. Москва. 335.

КУРБАНОВ, А.К., РОЗЕНБЕРГ, М.Д. 1968. Неизотермическая фильтрация многокомпонентных жидкостей. В ежегоднике ВНИИ: *Теория и практика добычи нефти*. Недра, Москва, 102-109.

МИТЛИН, В.С. 1986. Новые методы расчета воздействия обогащенного газа на газоконденсатный пласт. Дис. на соискание уч. степ. канд. тех. наук. ВНИИГАЗ. 157.

ABASOV, M., ABBASOV, Z., ABASOV, SH. et al. 1998. Study of hydrocarbon condensate evaporation. *Proceeding of the 2nd International Non Renewable Energy Sources Congress.* 1, Tehran, 258-265.

COOK, R., ALTON, B., JONSON, F. et al. 1967. The Role of vaporization in high percentage oil recovery by pressure maintenance. *Journal of Petroleum Technology*, February, 245-250.

© Q.İ.Calalov, A.Ə.Əliyev, 2012

DEFORMASİYA OLUNAN KOLLEKTORLU MƏSAMƏLİ MÜHİTDƏ QAZLI MAYENİN SÜZÜLMƏSİ ZAMANI NİSBİ FAZA KEÇİRİCİLİKLƏRİNİN İDENTİFİKASİYASI

Q.İ.Calalov, A.Ə.Əliyev

Azərbaycan MEA Geologiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prosp., 29A

Məqalədə konkret yatağın timsalında keçiriciliyə, məsaməliliyə və effektiv qalınlığa əsasən qeyri-bircins deformasiya olunan dairəvi layda istismar edilən mərkəzi quyuya qazlı mayenin radial süzülməsi zamanı işlənilmə tarixi məlumatlarına görə hidrodinamik modelin faza keçiriciliklərinə nəzərən identifikasiyası məsələsi həll edilmişdir.

Giriş

Neft və qaz yataqlarının işlənilməsinin analizi və proqnozu məsələlərinin həllində nisbi faza keçiriciliklərinin düzgun təyini mühüm məsələlərdən biridir. Faza keçiricilikləri funksiyalarının təyinindəki mürəkkəblik onların bir sıra faktorlardan asılılığı ilə əlaqədardır. Bu faktorlara misal olaraq neft və qaz kollektorlarının qeyri-bircinsliyini, süxurun islanma qabiliyyətini, təzyiq gradiyentini və s. göstərmək olar.

Çoxfazalı mayelərin süzulməsi prosesi ilə bağlı məsələlərin həlli zamanı adətən faza keçiriciliklərinin süxur nümənələrinə əsasən eksperimental üsulla təyin edilmiş qiymətlərdən istifadə edilir. Bu qayda ilə təyin edilmiş nisbi faza keçiricilikləri funksiyaları lay ölçülərinə nəzərən kiçikölçülü süxür nümunələrində təyin edildiyindən təqribi xarakter daşıyır. Ona görə də bu funksiyaların təyinində laydan çıxarılan suyun, neftin və qazın məhsuldarlıqlarının dəyişmə dinamikasının mədən göstəricilərinə əsasən işlənmə tarixinin bərpası üsulundan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

Məlumdur ki, dərində yerləşən neft və qaz yataqlarının istismarı zamanı yüksək termobarik şərait səbəbindən süxuru və flüidi xarakterizə edən parametrlər deformasıyanın təsirindən asılı olaraq nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişir. Bu dəyişmələrin nəticəsi isə özünü işlənilmənin faktiki göstəricilərində əks etdirir.

Məqalədə konkret yatağın timsalında keçiriciliyə, məsaməliliyə və effektiv qalınlığa əsasən qeyri-bircins dairəvi layda istismar edilən mərkəzi quyuya qazlı mayenin radial süzülməsi zamanı işlənilmə tarixi məlumatlarına nəzərən nisbi faza keçiricilik funksiyalarının identifikasiyası məsələsinin həllinə baxılmışdır (1-ci şəkil).

Məsələyə optimallaşdırma məsələsi kimi baxdıqda nisbi faza keçiriciliyi funksiyalarının təyini zamanın müxtəlif qiymətlərində quyuda təzyiqin faktik və hesabat qiymətləri fərqinin kvadratına əsasən qurulmuş aşağıdakı funksionalın variasiya üsuluna görə minimallaşdırılması məsələsinin həllinə gətirilir (Джалалов,1990):

$$J(\alpha_n,\beta_n,\alpha_q,\beta_q)=\int_0^T\left[P(R_c,t)-P_{fak}(t)\right]^2dt+ \\ +\varepsilon(\alpha_n{}^2+\beta_n{}^2+\alpha_q{}^2+\beta_q{}^2) \quad (1)$$

burada $P(R_c,t)$ və $P_{fak}(t)$ uyğun olaraq quyuda nəzəri olaraq hesablanmış və ölçülmuş təzyiq qiymətləri, ε – tənzimləyici parametr, $\alpha_n,\beta_n,\alpha_q,\beta_q$ – nisbi faza keçiriciliklərinin neftlə doyma əmsalından asılılıqlarını ifadə edən və aşağıdakı emprik ifadələrə daxil olan naməlum sabit əmsallardır (Закиров и др., 1988) :

$$k_n(s)=\alpha_n\left(\frac{s}{1-s}\right)^{\beta_n}\quad \begin{matrix}1,\ s<0.15\\ 0,\ s>0.85\end{matrix}$$
$$k_q(s)=\alpha_q\left(\frac{1-s}{s}\right)^{\beta_q}\quad \begin{matrix}0,\quad s<0.2\\ 0.7,\ s>0.94\end{matrix} \quad (2)$$

$k_n(s)$ və $k_q(s)$ – uyğun olaraq neft və qaz fazalarına nəzərən nisbi faza keçiriciliyi funksiyaları; S isə lay həcminin neftə nəzərən doyma əmsalıdır; $J(\alpha_n,\beta_n,\alpha_q,\beta_q)$ – funksionalı, $P_{fak}(t)$ – parametrinin qiymətinə nəzərən fiziki prosesi xarakterizə edən riyazi modelin

keyfiyyət göstəricisidir və $\alpha_n, \beta_n, \alpha_q, \beta_q$ – parametrləri ilə idarə olunur.

Layın işlənilməsindən əvvəl uyğun olaraq başlanğıc təzyiqin P_0=const və neftlə doyma əmsalını S_0=const. olduğunu fərz edək. t=0 anında quyuda təzyiqin ani olaraq P_c – qiymətinə düşdüyünü qəbul edək. Onda, yuxarıda göstərilən fərziyyələrə əsasən, istənilən zaman anında layın istənilən nöqtəsində təzyiq və doyma funksiyalarının təyini aşağıdakı qeyri-xətti xüsusi törəməli diferensial tənliklər sisteminin (Hüseynov, 1960; Абасов, Кулиев, 1976; Азимов и др., 1969)

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left\{rA\ \frac{\partial p}{\partial r}\right\} = \frac{\partial B}{\partial t} \tag{3}$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left\{rC\ \frac{\partial p}{\partial r}\right\} = \frac{\partial D}{\partial t} \tag{4}$$

verilmiş

$$P(r,t)\,\big|_{t=0} = P_0\ , \tag{5}$$

$$S(r,t)\big|_{t=0} = S_0\ , \tag{6}$$

$$\frac{\partial p(r,t)}{\partial r}\Big|_{r-R_c} = 0\ , \tag{7}$$

$$\frac{\partial s(r,t)}{\partial r}\Big|_{r=R_c} = 0\ , \tag{8}$$

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{2\pi rhk_0\rho_{n_0}}{\mu_{n_0}}A(p,s)\frac{\partial p}{\partial r}\Big|_{r=R_c} = Q_n(t)\\
&\frac{2\pi rhk_0\rho_{n_0}\sigma_{n_0}}{\mu_{n_0}}A(p,s)C(p,s)\times\\
&\times\left[\frac{k_q(s)}{k_n(s)}\frac{\mu_{n_0}}{\mu_{q_0}}\frac{\rho_{q_0}}{\rho_{n_0}}\frac{\overline{\mu}_n(p)}{\overline{\mu}_q(p)}\frac{\overline{\rho}_q(p)}{\overline{\rho}_n(p)}\frac{1}{\sigma_{n_0}}+\right.\\
&\left.+\overline{\sigma}_n(p)\right]\frac{\partial p}{\partial r}\Big|_{r=R_c} = Q_q(t)
\end{aligned}\right\} \tag{9}$$

başlangıc və sərhəd şərtləri daxilindəki həllinə gətirilir.

Burada $A(p,s) = \dfrac{\overline{k}(r,p)k_n(s)\overline{\rho_n}(p)}{\overline{\mu_n}(p)}$

$$B(p,s) = \frac{m_0\rho_{n_0}\mu_{n_0}\overline{m}(r,p)\overline{\rho_n}(p)s}{k_0}$$

$$C(p,s) = \frac{k_n(s)\rho_{n_0}\overline{\rho}_n(p)k(r,p)}{\mu_{n_0}\overline{\mu}_n(p)}\times$$

$$\times\left[\overline{\sigma}_n(p) + \frac{k_q(s)\rho_{q_0}\overline{\rho}_q(p)\mu_{n_0}\overline{\mu}_n(p)}{k_n(s)\rho_{n_0}\overline{\rho}_n(p)\mu_{q_0}\overline{\mu}_q(p)}\right];$$

$$D(p,s) = m_0\mu_{n_0}\overline{m}(r,p)\times$$
$$\times\frac{\left[\rho_{n_0}\overline{\rho}_n(p)\sigma_{n_0}\overline{\sigma}_n(p)s + \rho_{q_0}\overline{\rho}_q(p)(1-s)\right]}{k_0\rho_{n_0}}$$

$k(r,p)$ – layın mutləq keçiriciliyi, $\mu_n(p)$, $\mu_q(p)$ – uyğun olaraq neftin və qazın özlülükləri, $\rho_n(p)$, $\rho_q(p)$ – uyğun olaraq neftin və qazın sıxlıqları, $m(r,p)$ – layın məsaməliliyi, $\sigma_n(p)$ – neftdə həll olmuş qazın miqdarı, t – zaman, r – polyar koordinat, R_c – quyunun radiusudur;

$$\overline{k}(r,p) = \frac{k(r,p)}{k_0}\ ,\ \overline{m}(r,p) = \frac{m(r,p)}{m_0}\ ,$$

$$\overline{\rho}_q(p) = \frac{\rho_q(p)}{\rho_{q0}}\ ,\ \overline{\mu}_q(p) = \frac{\mu_q(p)}{\mu_{q0}}\ ,$$

$$\overline{\mu}_n(p) = \frac{\mu_n(p)}{\mu_{n0}}$$

k_0, m_0, ρ_{n0}, ρ_{q0}, μ_{q0}, μ_{n0}, σ_{n0} – uyğun olaraq layın keçiriciliyinin, məsaməliliyinin, neftin və qazın özlüklərinin, sıxlıqlarının və neftdə həll olmuş qazın miqdarının P_0 təzyiqindəki başlanqıc qiymətləridir.

Bu zaman modelə daxil olan parametrlərin təzyiqdən asılı funksiyalarının ifadələri və digər qiymətləri aşağıdakı kimi verilmişdir (Закиров и др., 1988)

$$\overline{k}(r,p) = e^{-\alpha_k P_0(1-p)}\ ,\ \overline{m}(r,p) = e^{-\alpha_m P_0(1-p)}\ ,$$

$$\overline{\mu}_n(p) = e^{-\alpha_{\mu_n} P_0(1-p)}\ ,\ \overline{\mu}_q(p) = e^{-\alpha_{\mu_q} P_0(1-\Phi p)}$$

$$\overline{\rho}_q(p) = e^{-\alpha_{\rho_q} P_0(1-p)}\ ,\ \overline{\rho}_n(p) = e^{-\alpha_{\rho_n} P_0(1-p)}\ ,$$

$$\overline{\sigma_n}(p) = e^{-\alpha_{\sigma_n} P_0 (1-p)}$$

burada α_k , α_m , α_{μ_n} α_{μ_q} , α_{ρ_q} , α_{ρ_n} , α_{σ_n} – əmsalları uyğun olaraq keçiriciliyin, məsaməliliyin, neftin və qazın özlülüklərinin, sıxlıqlarının, neftdə həll olmuş qazın miqdarının lay təzyiqindən asılı olaraq dəyişməsini xarakterizə edən kəmiyyətlərdir və təcrübə yolu ilə təyin edilir (Джалалов, 1990; Закиров и др., 1988):

$$\alpha_k = 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{MPa}, \quad \alpha_m = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{MPa},$$

$$\alpha_{\mu_n} = 8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{MPa}, \quad \alpha_{\mu_q} = 8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{MPa}$$

$$\alpha_{\rho_q} = 8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{MPa}, \quad \alpha_{\rho_n} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{1}{MPa},$$

$$\alpha_{\sigma_n} = 2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{MPa}.$$

Hidrodinamik məsələnin bu şəkildə qoyuluşunda nisbi faza keçiriciliyi funksiyalarının təyini qoşma qradiyent üsulunun köməyilə (1) funksionalının $\alpha_n, \beta_n, \alpha_q, \beta_q$ – parametrlərinə nəzərən minimallaşdırılması məsəlsinin həllinə gətirilir.

Bu məqsədlə, (3) və (4) tənliklərinin hər iki tərəfini uyğun olaraq, $\Omega = \{r_c \le r \le R_k; 0 \le t \le T\}$ oblastında integrallanan, hələlik ixtiyari $\Psi_1(r,t)$ və $\Psi_2(r,t)$ funksiyalarına vurub (1) funksionalının ifadəsinə əlavə edək:
onda

$$\begin{aligned} J(\alpha_n,\beta_n,\alpha_q,\beta_q) &= \int_0^T \left[P(r_c,t) - P_{fak}(t)\right]^2 dt + \\ &+ \iint_\Omega \Psi_1(r,t)\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left\{rA\frac{\partial p}{\partial r}\right\} - \frac{\partial B}{\partial t}\right] \times \\ &\times drdt + \iint_\Omega \Psi_2(r,t)\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left\{rC\frac{\partial p}{\partial r}\right\} - \frac{\partial D}{\partial t}\right] drdt + \\ &+ \varepsilon(\alpha_n^2 + \beta_n^2 + \alpha_q^2 + \beta_q^2) \end{aligned} \tag{10}$$

$\Psi_1(r,t)$ və $\Psi_2(r,t)$ funksiyalarının təyini aşağıdakı sərhəd məsələsinin həllinə gətirilir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Psi_1}{\partial t} &= \Delta^{-1}\left\{D_s\left(\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA_p + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC_p\right]\frac{\partial p}{\partial r} - \right.\right. \\ &- \frac{\partial}{\partial r}\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA\right] - \frac{\partial}{\partial r}\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC\right]\Bigg) - \\ &\left. - D_p\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA_s + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC_s\right]\frac{\partial p}{\partial r}\right\}, \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Psi_2}{\partial t} &= \Delta^{-1} B_s \left\{\left(\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA_s + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC_s\right]\frac{\partial p}{\partial r} - \right.\right. \\ &- B_s\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA_p + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC_p\right]\frac{\partial p}{\partial r}\Bigg) - \\ &\left. - \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA\Bigg) - \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC\right\}, \end{aligned} \tag{12}$$

$$\Psi_1(r,T) = 0 \ , \ \Psi_2(r,T) = 0 \ , \tag{13}$$

$$\begin{aligned} &\left[\Psi_2(C_p - CA^{-1}A_p)\frac{\partial p}{\partial r} - \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA - \right. \\ &\left. - \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC - 2(p - p_{fak}(t))\right]_{r=R_c} = 0, \end{aligned} \tag{14}$$

$$\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_1}{r}\right)rA + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\Psi_2}{r}\right)rC\right]_{r=R_c} = 0 \tag{15}$$

burada $A_P, B_P, C_P, D_P, A_S, B_S, C_S, D_S$ – uyğun olaraq A, B, C, D -nin təzyiqə və doymaya görə törəmələridir və

$$\Delta \equiv \begin{vmatrix} B_p D_p \\ B_s D_s \end{vmatrix} \neq 0$$

Qeyd edək ki, (11)-(15) sərhəd məsələsi (3)-(9) sərhəd məsələsinə qoşma məsələdir.

(1) funksionalının artımı aşağıdakı kimi olar:

$$\begin{aligned} \Delta J(\alpha_j) = \sum_{i=1}^{4} \Bigg\{ &\iint_\Omega \left[\Psi_1 \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rA_{\alpha_j}\frac{\partial p}{\partial r}\right) + \right. \\ &+ \Psi_2 \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rC_{\alpha_j}\frac{\partial p}{\partial r}\right) drdt + \\ &\left. + \int_0^T \left[\Psi_1 A + \Psi_2 C\right] A^{-1} A_{\alpha j} \frac{\partial p}{\partial r} dt\Big|_{r=r_c} + 2\varepsilon_j \alpha_j \right\} \Delta\alpha_j + \eta \end{aligned}$$

burada η – qalıq həddi, $\alpha_1 = \alpha_n$, $\alpha_2 = \alpha_q$, $\alpha_3 = \beta_n$, $\alpha_4 = \beta_q$, $A_{\alpha_j}, B_{\alpha_j}, C_{\alpha_j}, D_{\alpha_j}$ – uyğun olaraq A, B, C, D -nin $\alpha_j (j = 1,2,3,4)$ -lara nəzərən artımlarıdır.

Beləliklə, $J(\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3,\alpha_4)$ funksiyasının qradiyenti aşağıdakı şəkildə olar

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha}=\left(\frac{\partial J}{\partial \alpha_1},\frac{\partial J}{\partial \alpha_2},\frac{\partial J}{\partial \alpha_3},\frac{\partial J}{\partial \alpha_4}\right), \qquad (16)$$

burada

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_j}=\iint_{\Omega}\left[\Psi_1\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rA_{\alpha_j}\frac{\partial p}{\partial r}\right)+\right.$$
$$+\Psi_2\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rC_{\alpha_j}\frac{\partial p}{\partial r}\right)drdt+$$
$$+\int_0^T\left[\Psi_1 A+\Psi_2 C\right]A^{-1}A_{\alpha j}\frac{\partial p}{\partial r}dt\Big|_{r=r_c}+2\varepsilon_j\alpha_j \qquad (17)$$

$\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3,\alpha_4$ parametrlərinin optimal qiymətləri aşağıdakı iterasiya düsturundan tapılır:

$$\alpha_j^{k+1}=\alpha_j^{k}-\lambda_k\frac{\partial J\left(\alpha_1^{k},\alpha_2^{k},\alpha_3^{k},\alpha_4^{k}\right)}{\partial \alpha_j},\ j=1,2,3,4 \qquad (18)$$

burada $k=1,2,...$ iterasiya nömrəsi, $\lambda_k\geq 0$ isə gradiyent addımıdır.

Beləliklə, məsələnin həll alqoritmi aşağıdakı şəkildə qurulur.

1. α_j-əmsallarının başlangıc yaxınlaşması verilir. (3)-(9) məsələsi $[0,T]$ zaman intervalında sonlu fərqlər üsulu ilə həll edilir və ixtiyari zaman anında təzyiq və doymanın paylanması müəyyən edilir.

2. Parametrlərin optimallaşdırılması (18) iterasiya düsturu üzrə müəyyən edilir.

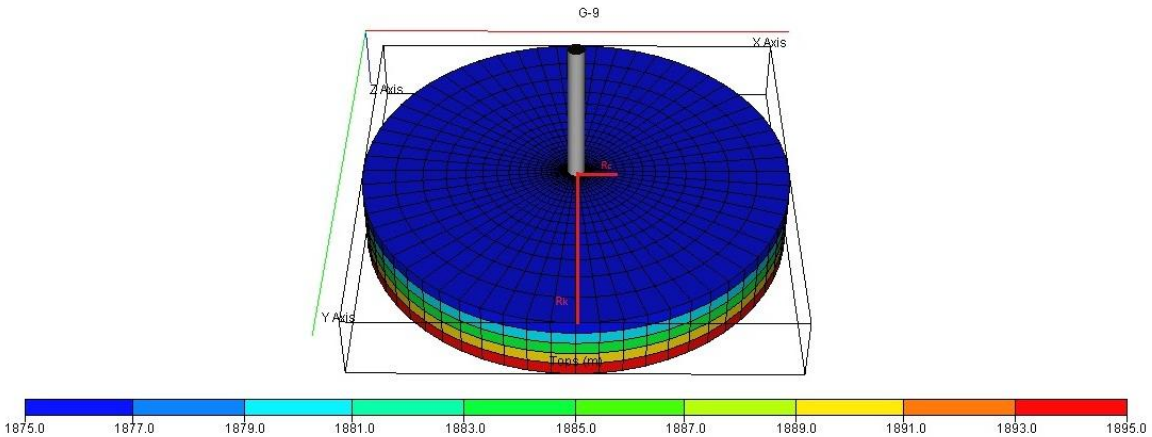
3. Iterasiya prosesi o zamana qədər davam etdirilir ki, iki qonşu iterasiyaya uyğun funksionalın qiymətlər fərqi verilmiş hesablama xətasından kiçik olsun.

Ədədi eksperimentlərin nəticələri

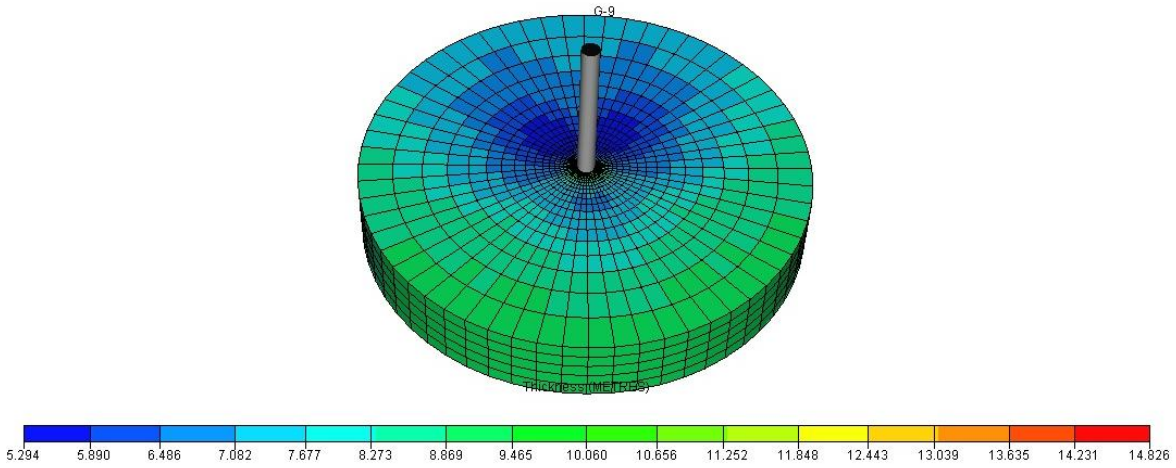
Lay kollektorunun deformasiya xüsusiyyətlərinin işlənilmə göstəricilərinə təsirini tədqiq etmək üçün yuxarıda verilmiş alqoritm əsasında proqram tərtib edilmiş və aşağıdakı ilkin məlumatlar əsasında hesabatlar aparılmışdır:

$$\rho_{q_0}=0.6kq/m^3,\ \rho_{n_0}=840kq/m^3,$$
$$\mu_{n_0}=8.43\cdot10^{-6}MPa\cdot san,\ \mu_{q_0}=1.97\cdot10^{-7}MPa\cdot san,$$
$$k_0=2.98\cdot10^{-14}m^2,\ m_0=0.178,\ R_k=320\,m,$$
$$\alpha_{\sigma_{n_0}}=120m^3/m^3,\ P_0=21.3Mpa,$$
$$P_c=13.6Mpa,\ R_c=0.168m.$$

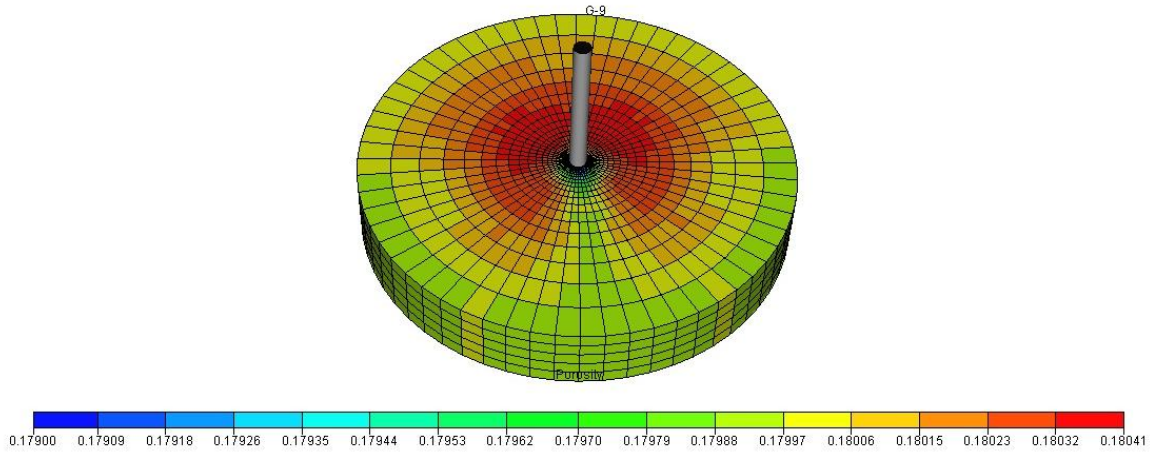
Layda mutləq keçiriciliyin, məsaməliliyin, effektiv qalınlığın paylanması xəritələri müvafiq olaraq 2-ci şəkildə göstərilmişdir.



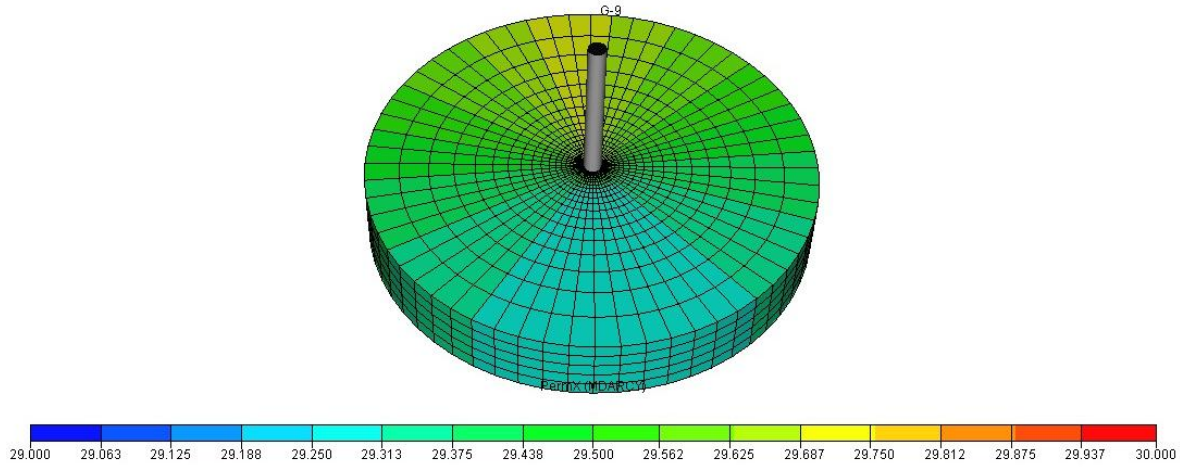
1-ci şəkil. Mərkəzi quyu ilə istismar edilən dairəvi layın sxematik təsviri



a)



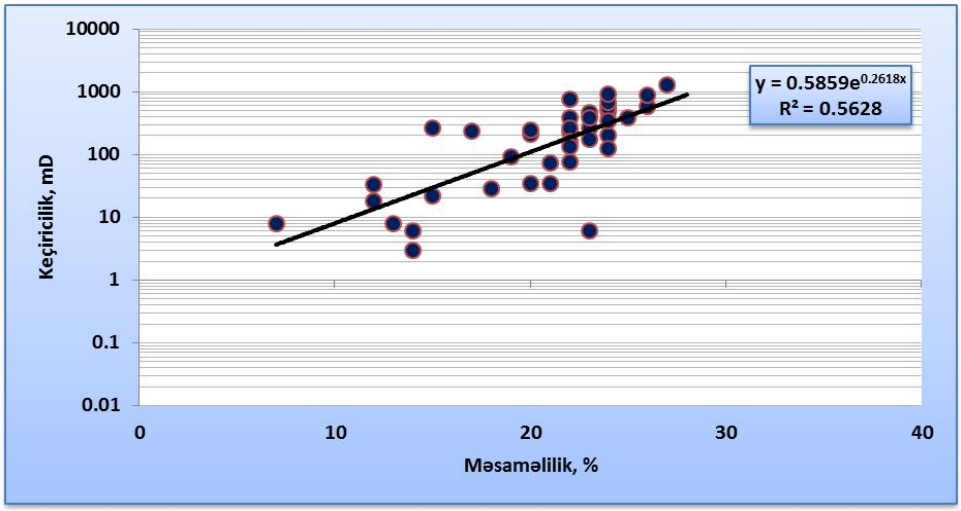
b)



c)

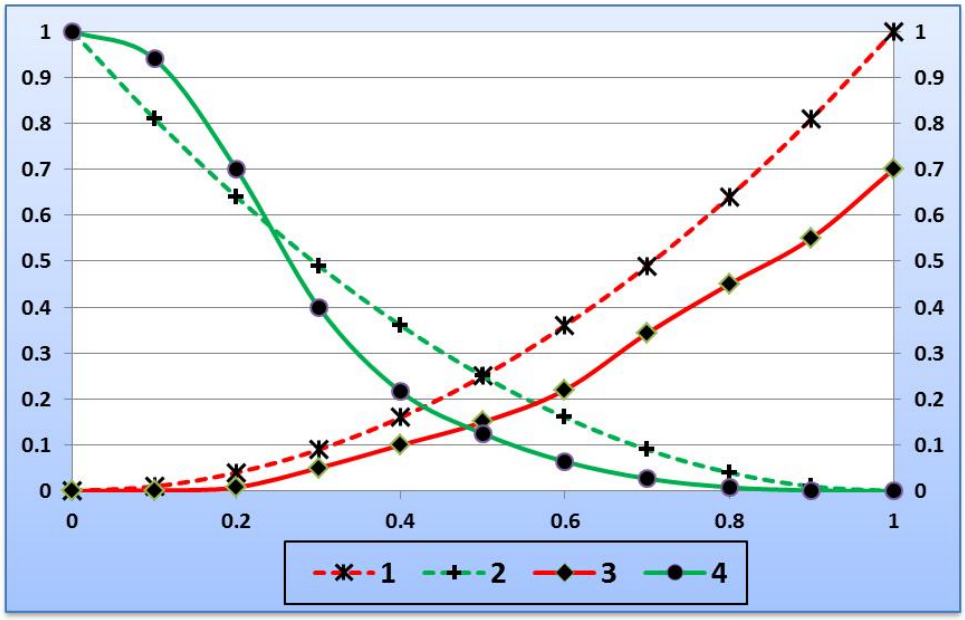
2-ci şəkil. Layda: a)effektiv qalınlığın; b) məsaməliliyin; c) keçiriciliyin paylanma xəritələri

Laydan götürülmuş süxür nümunələri əsasında mütləq keçiriciliklə məsaməlilik arasında korrelyasiya əlaqəsi 3-cü şəkildə göstərilmişdir.



3-cü şəkil. Mütləq keçiriciliyin məsaməlilikdən asılılığı

İşlənilmə tarixinin bərpası zamanı əsas mədən məlumatı göstəricisi kimi dinamik lay təzyiqi, quyunun gündəlik neft hasilatı və layın məsaməlilik həcmi kimi göstəricilərdən istifadə edilmişdir. İşlənilmə tarixinin bərpasınadək nisbi faza keçiriciliyi funksiyaları $\alpha_1 = 0.2$, $\alpha_2 = 0.6$, $\alpha_3 = 0.1$, $\alpha_4 = 0.9$ qiymətlərində standart formaya uyğun götürülmüşdür (4-çü şəkil). Neftə nəzərən hasilat göstəricisinin və işlənilmə prosesində orta lay təzyiqinin adaptasiyasından əvvəl və sonrakı qiymətlərinin zamana nəzərən dəyişmə qrafikləri uyğun olaraq 5-ci və 6-cı şəkillərdə göstərilmişdir. İşlənilmə göstəricilərinin faktiki və hesabat qiymətlərinin bir-birinə yaxın olması nisbi faza keçiriciliyi funksiyalarına daxil olan əmsalların (18) ifadəsindən iterasiya üsulu ilə k=12 olduqda tapılmış $\alpha_1 = 0.129$, $\alpha_2 = 0.698$, $\alpha_3 = 0.207$, $\alpha_4 = 0.686$ qiymətlərində ($J = 0.002345$) mümkün olmuşdur (4-çü şəkil).

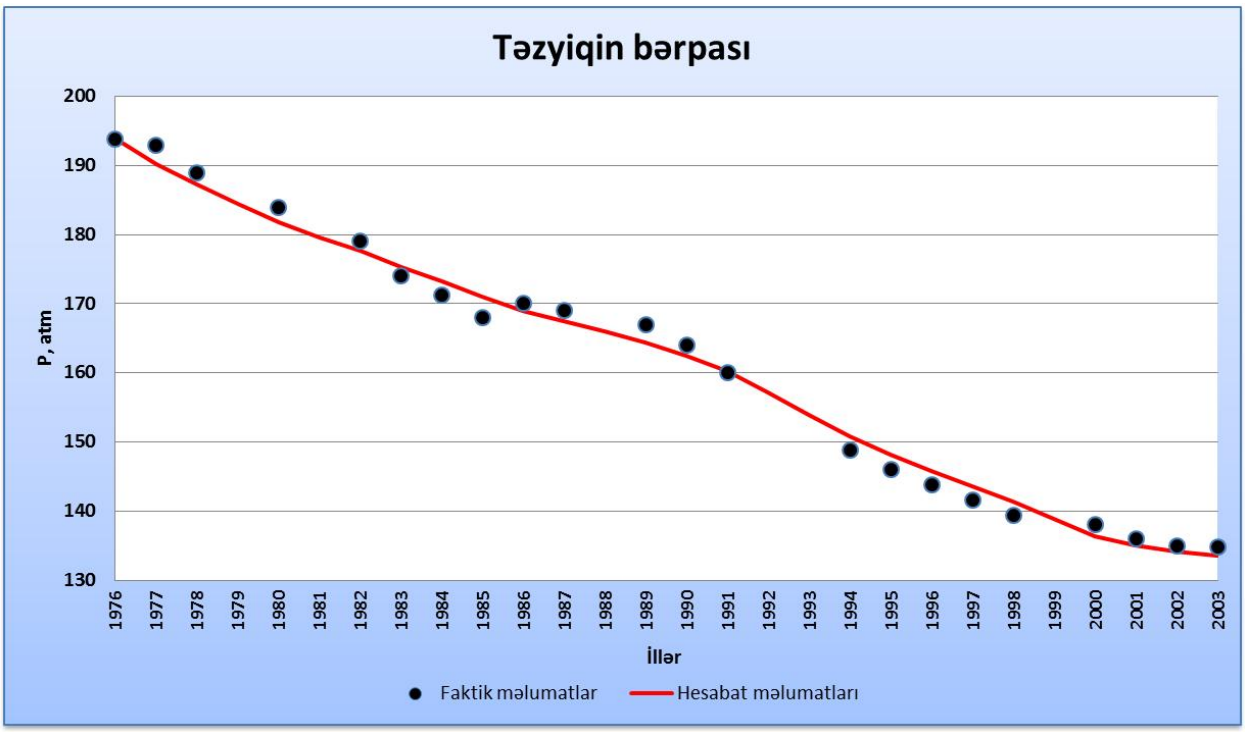


4-cü şəkil. Adaptasiyadan əvvəl və sonra nisbi faza keçiricilik əyriləri
1 və 2 uygun olaraq adaptasiyadan əvvəl, 2 və 4 isə uygun olaraq adaptasiyadan sonrakı qaza və neftə görə nisbi faza keçiricilikləri əyriləridir.

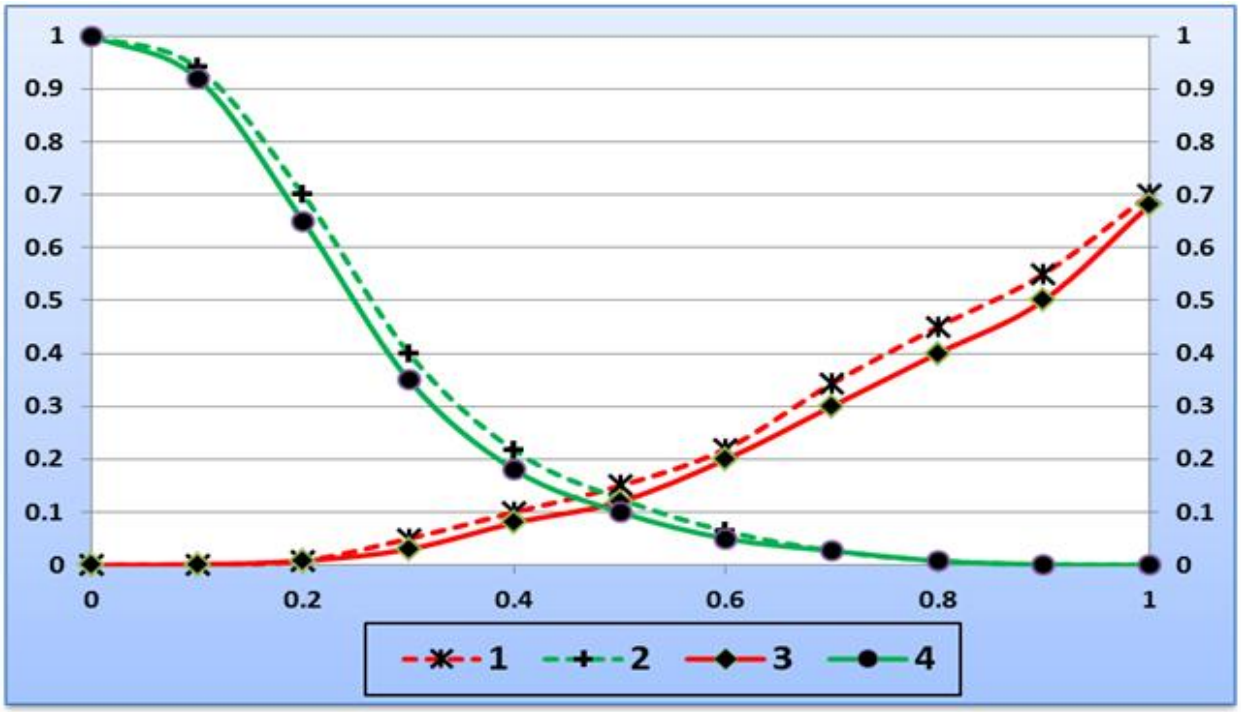
Hidrodinamik modelin adaptasiyası zamanı quyunun 27 illik hasilat göstəricilərindən istifadə edilmişdir (5-ci şəkil). 6, 7 və 8-ci şəkillərdə uyğun olaraq lay təzyiqinin zamandan, nisbi faza keçiriciliklərinin neftlə doyma əmsalından və neftvermə əmsalının zamandan asılılıqları göstərilmişdir.



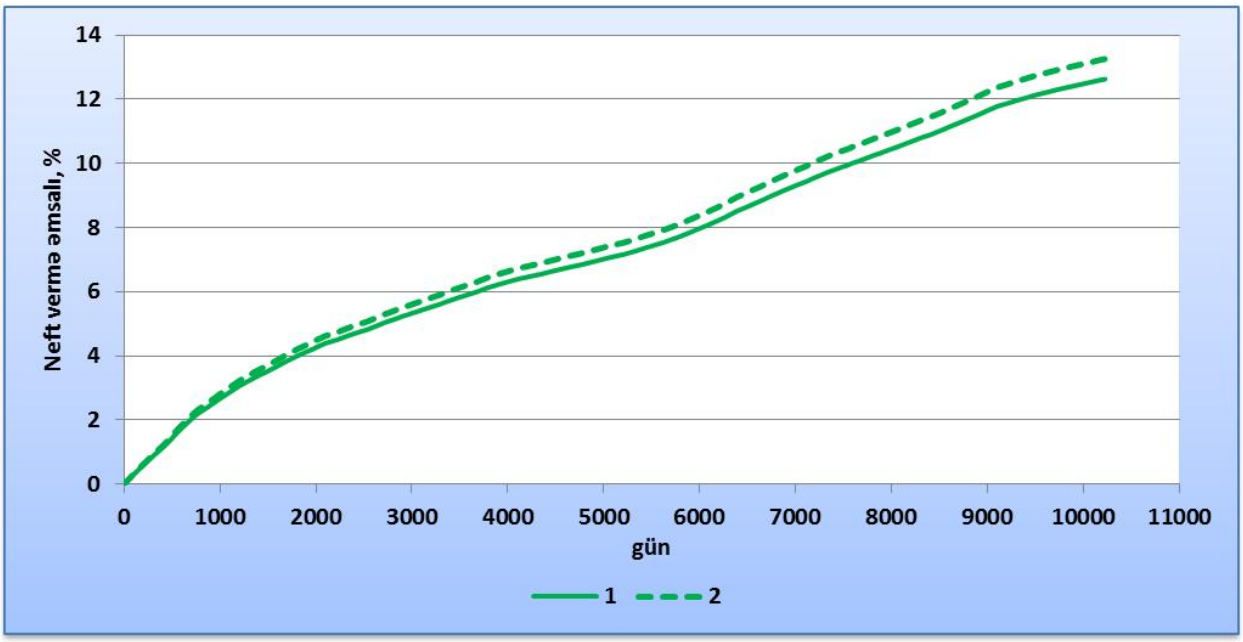
5-ci şəkil. Quyunun faktik və hesabatdan alınan gündəlik neft hasilatı



6-cı şəkil. Lay təzyiqinin zamandan asılılığı



7-ci şəkil. Nisbi faza keçiriciliklərinin neftlə doyma əmsalından asılılıqları
1 və 2 uyğun olaraq lay kollektorunda deformasiya prosesi nəzərə alınmadıqda, 2 və 4 uyğun olaraq lay kollektorunda deformasiya prosesi nəzərə alındıqda qaza və neftə görə nisbi faza keçirciliklərıdir.



8-ci şəkil. Neftvermə əmsalının zamandan asılılığı
1 və 2 uyğun olaraq lay kollektorunda deformasiya prosesi nəzərə alındıqda və alınmadıqda neftvermə əmsalının zamandan asılılığı

Nəticə

Qazlı mayenin deformasiya olunan məsaməli mühitdə süzülməsi zamanı müasir optimal idarəetmə üsulu əsasında nisbi faza keçiriciliyi funksiyalarının identifikasiyası məsələsəsi qoyulmuş və həll edilmişdir.

Geoloji və mədən məlumatlarının çatışmazlığı və qeyri-dəqiqliyi şəraitində süzülmə prosesinin modelləşdirilməsi hidrodinamik modeli məqsədyönlü və effektiv dəqiqləşdirməyə və bununla da yatağın texnoloji-iqtisadi göstəricilərinin proqnozunun yaxşılaşdırılması üçün onu korrektə etməyə imkan yaradır.

ƏDƏBİYYAT

HÜSEYNOV, H.P. 1960. Lay hidrodinamikasının bəzi məsələləri. Azərneftnəşr. Bakı. 191.

АБАСОВ, М.Т., КУЛИЕВ, А.М. 1976. Методы гидрогазодинамических расчетов разработки многопластовых месторождений нефти и газа. Елм. Баку. 204.

АЗИМОВ, Б.А., РАГИМОВ, Ш.М., ГАДЖИБАЛАЕВ, Г.Ш. 1969. Применение математических методов и ЭЦВМ к решению некоторых задач разработки нефтегазовых месторождений. АзИНТИ. Баку.153.

ДЖАЛАЛОВ, Г.И. 1990. Гидродинамика разработки нефтяных и газовых залежей в деформируемых коллекторах. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Баку. 502.

ЗАКИРОВ, С.Н., СОМОВ, Б.Е., ГОРДЕН, В.Я. и др. 1988. Многомерная и многокомпенентная фильтрация. Недра. Москва. 335.

© Х.А.Фейзуллаев, М.С.Халилов, 2012

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН НАГРЕТЫМ ЖИДКИМ УГЛЕВОДОРОДОМ

Х.А.Фейзуллаев[1], М.С.Халилов[2]

1 – *Институт геологии НАН Азербайджана*
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

2 – *Бакинский государственный университет*
AZ1148, Баку, ул. З.Халилова, 23

На основе ранее разработанного численного метода на базе неизотермической многокомпонентной фильтрации флюидов исследован процесс повышения продуктивности газоконденсатной скважины при обработке ее призабойной зоны нагретым жидким углеводородом.

Опыт разработки газоконденсатных месторождений указывает на существенное изменение продуктивности скважин в процессе эксплуатации месторождений. В ходе эксплуатации газоконденсатных месторождений коэффициент продуктивности скважин иногда изменяется в сторону увеличения, в большинстве же случаев разработка месторождений сопровождается значительным уменьшением коэффициента продуктивности. Снижение продуктивности скважин в процессе разработки связано с проявлением различных геолого-промысловых факторов. Основными из них являются: ухудшение фильтрационно-емкостных свойств коллектора в призабойной зоне пласта; накопление жидкости в стволе скважины вследствие изменения фазового состояния углеводородной смеси или прорыва к скважине воды (Абасов, Оруджалиев, 1989).

Известны методы (Митлин, 1986 и др.) увеличения производительности добывающих газоконденсатных скважин путем воздействия, в том числе и циклического (Abasov et al., 1998), на их призабойную зону “сухим” или обогащенным углеводородным газом, в том числе нагретым, а также неуглеводородосодержащим газом. Физической основой этого метода является испарение жидкого в пластовых условиях конденсата газами различного состава, что улучшает приток газа к скважине.

Рассматривается моделирование процесса извлечения ретроградного конденсата из пласта путем закачки нагретого жидкого углеводорода, с использованием теоретической базы неизотермической многокомпонентной фильтрации газоконденсатной смеси (Абасов и др., 2011; Закиров и др., 1988; Курбанов, Розенберг, 1968), в которой за независимые переменные приняты давление, температура и состав смеси. Эта модель позволяет определять состояние многокомпонентной смеси во всех случаях фильтрации при давлениях как выше, так и ниже давления начала конденсации и решать задачи фазового равновесия (Аббасов, 1993; Брусиловский, 2002), находить состав и насыщенность фаз и использовать расчетную методику определения их физических свойств.

При многокомпонентной фильтрации с фазовыми переходами газогидродинамическая и термодинамическая задачи были решены совместно, и метод решения изложен в (Абасов и др., 2011; Фейзуллаев, 2006). При этом взаимовлияние полей давления составов и температуры удается учитывать на основе метода последовательных приближений (Закиров и др., 1988).

С использованием модели изучен процесс истощения V блока VII горизонта глубокозалегающего газоконденсатного месторождения Булла-дениз, и на основе конкретных условий залежи исследован процесс обработки призабойной зоны скважины жидким углеводородом. При обработке принимается, что пропан (в первом случае) или пропан-бутановая фракция (во втором случае) подаются в скважину с более высокой температурой по

сравнению с пластовой. В расчетах разность забойной и пластовой температур задавалась в различных вариантах: 20К, 40К, 60К при пластовой температуре 374 К.

В первом случае расход пропана составляет 50 т, 40 т, 25 т, а последующая прокачка сухого газа соответственно – 100 тыс. $м^3$, 60 тыс. $м^3$, 25 тыс. $м^3$. Результаты расчета представлены на рис. 1-2 на примере скв.39 в виде распределения в призабойной зоне температуры и конденсатонасыщенности соответственно. Из рис.1 видно, что основной прирост температуры происходит в скважине непосредственно у ее забоя.

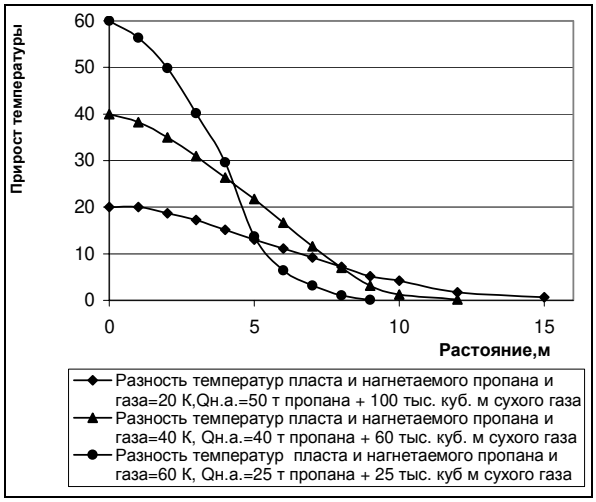


Рис. 1. Прирост температуры в призабойной зоне скв.39 при нагнетании нагретого пропана

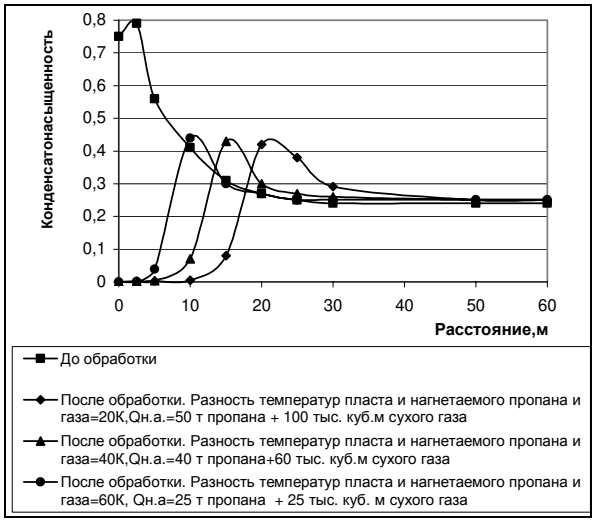


Рис. 2. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.39 после обработки ее нагретым пропаном

Процесс обработки протекает в условиях многоконтактного смешивающегося вытеснения пластовой газоконденсатной смеси пропаном и пропана сухим газом. В результате пропан в нагретой зоне полностью испаряет пластовую жидкость и сам частично испаряется и вытесняется газом. После обработки призабойной зоны на 9-20 м от скважины образуется вал. Максимальная конденсатонасыщенность в нем – 0,35-0,43 (рис.2).

В начальный момент после пуска скважины в эксплуатацию жидкостный вал начинает перемещаться в сторону скважины, занимает некоторое определенное положение и в течение длительного времени эксплуатации остается практически неподвижным во всех рассматриваемых вариантах, первый из которых показан на рис.3. В результате обработки скважины нагретым пропаном продуктивность ее увеличивается в 2,5; 2,2; 2 раза по вышеуказанным вариантам соответственно, и в течение длительного времени она не меняется. За счет повторного накопления ретроградного конденсата постепенно продуктивность скважин ухудшается. Снижение продуктивности в общем случае происходит несколько медленнее, чем после воздействия на призабойную зону скважины нагретым пропаном в том же объеме, но в изотермических условиях.

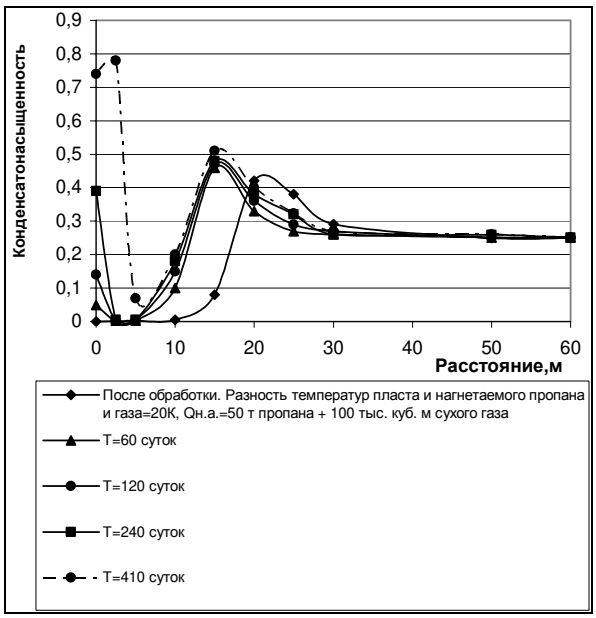


Рис. 3. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.39 после обработки нагретым пропаном

Срок повышенной продуктивности скв.39 в рассматриваемом варианте составляет 410, 310, 280 суток соответственно (рис.4).

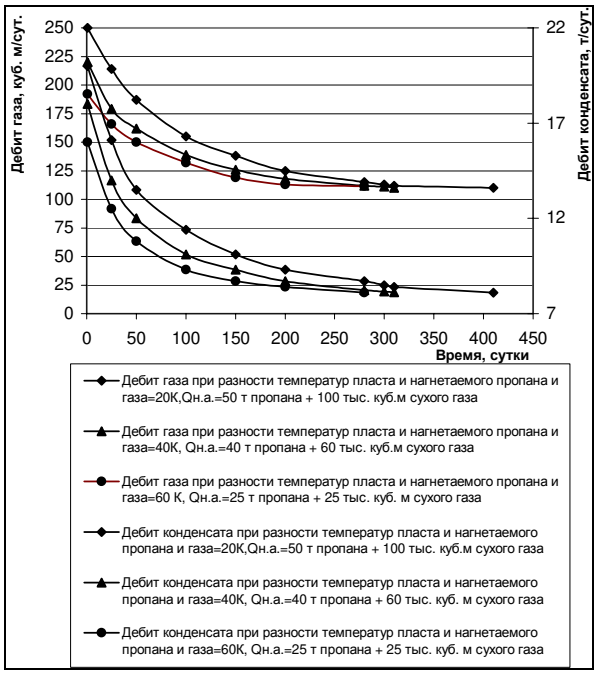


Рис. 4. Изменение дебита газа и конденсата во времени после обработки скв.39 нагретым пропаном

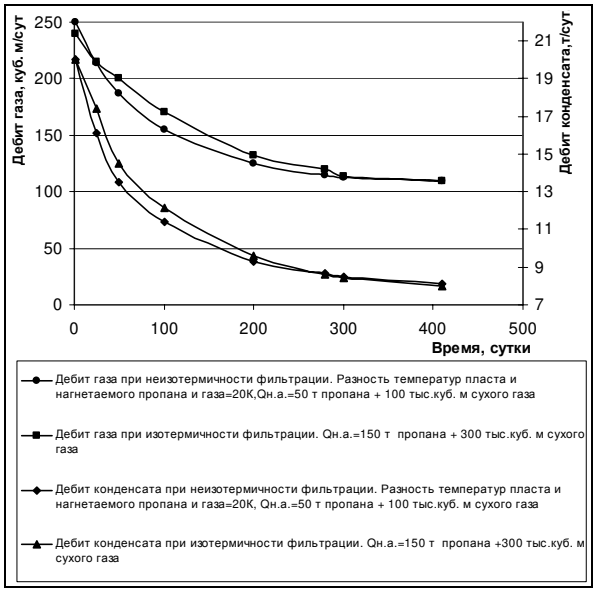


Рис. 5. Изменение дебита газа и конденсата во времени после обработки скв.39 нагретым пропаном

Обработка призабойных зон скважин нагретым пропаном с последующей прокачкой нагретого газа несколько сократит объемы нагнетания рабочих агентов по сравнению с нагнетанием тех же агентов в изотермических условиях для получения одинаковых значений повышенной продуктивности (рис.5).

Во втором случае расход пропан-бутановой фракции жидких углеводородов, в состав которых входят 40% пропана, 60% бутана, составляет 50 т, 40 т, 25 т, а последующая прокачка сухого газа соответственно – 100 тыс.м^3, 60 тыс.м^3, 25 тыс.м^3. Результаты обработки призабойной зоны на примере скв.39 представлены на рис.6-8. На рис.6 показана динамика профиля конденсатонасыщенности призабойной зоны скв.39 для различных вариантов, отмеченых выше. Несколько большее удаление ретроградного конденсата от скважины в первом варианте объясняется более значительным объемом нагнетаемой пропан-бутановой фракции жидких углеводородов. При заданных условиях обработки скважины образовавшаяся в призабойной зоне нагретая оторочка жидких углеводородов вытесняет ретроградный конденсат, смешиваясь с ним. Закачиваемый вслед за пропан-бутановой фракцией жидких углеводородов нагретый сухой газ в свою очередь вытесняет жидкость в условиях многоконтактного смешивающегося вытеснения с интенсивным испарением промежуточных и тяжелых углеводородных компонентов. В итоге образуется зона с конденсатонасыщенностью, меньшей средней по пласту конденсатонасыщенности. Эксплуатация скважины после ее обработки вызывает повторное накопление ретроградного конденсата. Однако этот процесс протекает медленно, и определенное возрастание конденсатонасыщенности отмечается непосредственно у скважины на расстоянии примерно 2- 5м (рис.7). В результате обработки скважины ее продуктивность увеличивается по трем вариантам примерно в 2,3; 2; 1,8 раз соответственно, и на примере скв.39 представлена на рис.8. Срок повышенной продуктивности скв.39 в рассмотренном варианте составляет 400, 290, 260 суток соответственно.

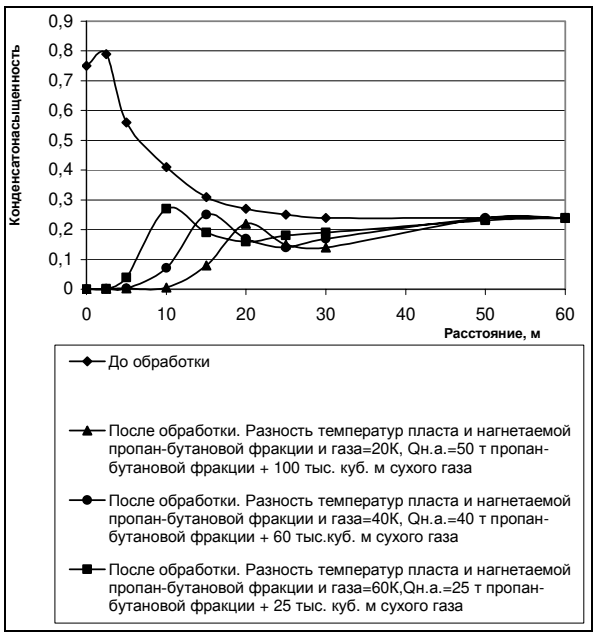


Рис. 6. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.39 после обработки ее нагретой пропан-бутановой фракцией жидких углеводородов

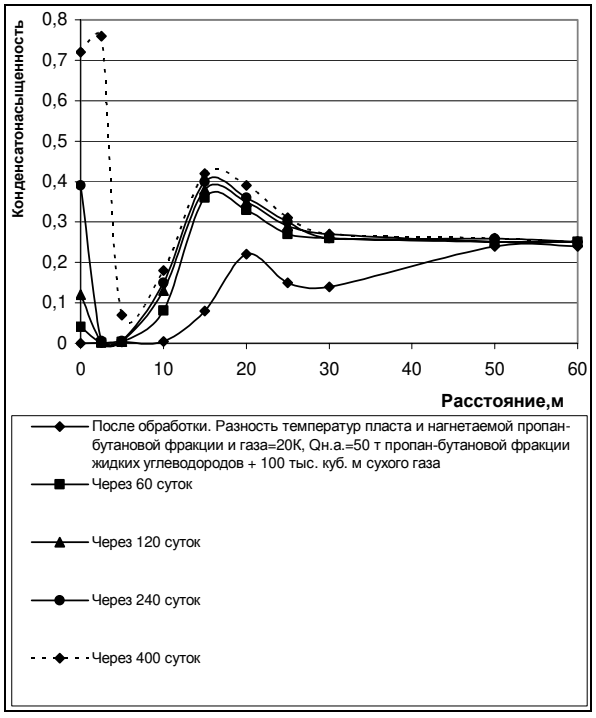


Рис. 7. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.39 после обработки теплой пропан-бутановой фракцией жидких углеводородов

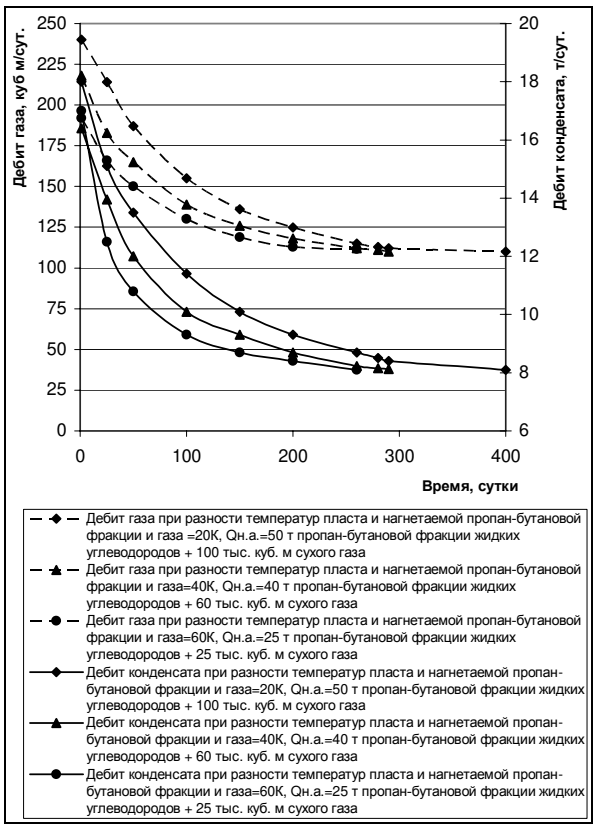


Рис. 8. Изменение дебита газа и конденсата во времени после обработки скв.39 теплой пропан-бутановой фракцией жидких углеводородов

Обработка призабойных зон скважин нагретой пропан-бутановой фракцией жидких углеводородов позволяет сократить объемы нагнетания рабочих агентов по сравнению с нагнетанием тех же агентов в изотермических условиях для получения одинаковых значений повышенной продуктивности примерно в 2,5-3 раза (рис.9).

В целом обработку призабойных зон скважин нагретым пропаном и нагретой пропан-бутановой фракцией жидких углеводородов с последующей прокачкой нагретым газом можно рассматривать как достаточно эффективный процесс удаления ретроградного конденсата и повышения продуктивности газоконденсатных скважин. Закачка нагретого газа позволяет несколько сократить объемы нагнетания сухого газа в ходе обработки скважин, и это компенсирует усложнение технологии самой обработки.

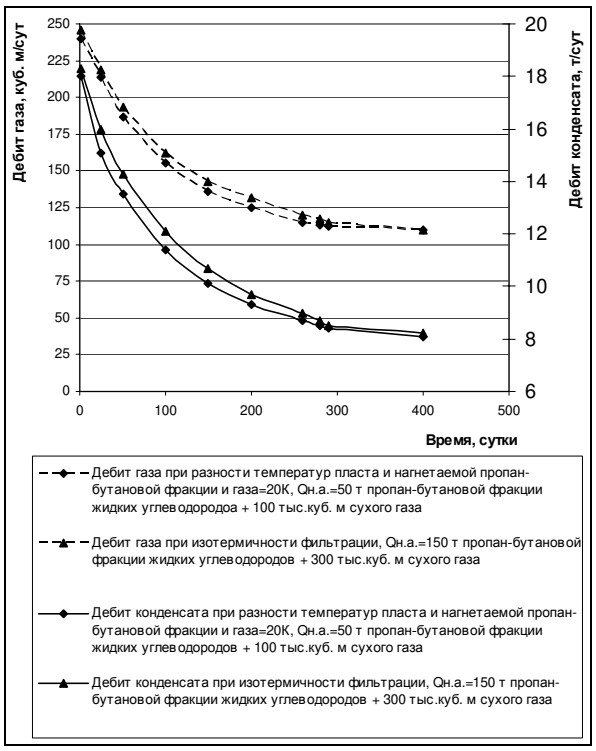


Рис. 9. Изменение дебита газа и конденсата во времени после обработки скв.39 теплой прапан-бутановой фракцией жидких углеводородов

Выводы:

Метод обработки призабойных зон пласта нагретым жидким углеводородным растворителем с последующей прокачкой нагретого газа является высокоэффективным процессом, что и приводит к улучшению показателей добычи газа и конденсата.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ДЖАЛАЛОВ, Г.И., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2011. Численное моделирование процесса неизотермической многокомпонентной фильтрации газоконденсатной смеси. *Изв. НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 2, 48-54.

АБАСОВ, М.Т., ОРУДЖАЛИЕВ, Ф.Г. 1989. Газогидродинамика и разработка газоконденсатных месторождений. Недра. Москва. 262.

АББАСОВ, З.Я. 1993. Методы расчета статического динамического забойного давления в газовых и газоконденсатных скважинах. Элм. Баку. 312.

БРУСИЛОВСКИЙ, А.И. 2002. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. Грааль. Москва. 575.

ЗАКИРОВ, С.Н., СОМОВ, Б.Е., ГОРДОН, В.Я., ПАЛАТНИК, В.М., ЮФИН, П.А. 1988. Многомерная и многокомпонентная фильтрация. Справочное пособие. Недра. Москва. 335.

КУРБАНОВ, А.К., РОЗЕНБЕРГ, М.Д. 1968. Неизотермическая фильтрация многокомпонентных жидкостей. В Ежегоднике ВНИИ: *Теория и практика добычи нефти*. Недра. Москва. 102-109.

МИТЛИН, В.С. 1986. Новые методы расчета воздействия обогащенного газа на газоконденсатный пласт. Дис. на соискание уч. степ. канд. тех. наук. ВНИИГАЗ. 157.

ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2006. Численное моделирование обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины "сухим" газом с учетом многокомпонентной фильтрации системы. *Изв. НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 2, 48-54.

ABASOV, M., ABBASOV, Z., ABASOV, Sh. et al. 1998. Study of hydrocarbon condensate evaporation. *Proceeding of the 2nd International Non Renewable Energy Sources Congress.* Tehran. 1, 258-265.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Г.И.Джалалов

© R.Ə.Musayev, Ə.İ.Əsədov, R.H.Allahverdiyeva, 2012

LAY SİSTEMİNDƏ BAŞ VERƏN BƏZİ FİZİKİ-KİMYƏVİ PROSESLƏRƏ ELEKTRİK CƏRƏYANI SAHƏSİ TƏSİRİNİN TƏDQİQİ

R.Ə.Musayev, Ə.İ.Əsədov, R.H.Allahverdiyeva

AMEA Geologiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid pr., 29A

Neft çıxarılması geoloji-fiziki nöqteyi-nəzərcə çətin olan yataqlarda hidrodinamiki, fiziki-kimyəvi və kimyəvi üsulların tətbiqi bir o qədər səmərəli olmur. Buna görə də gilli və çox kiçik keçiriciliyə malik olan yataqların neft verimini artırmaq üçün fiziki təsir üsullarından istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Bunu nəzərə alaraq sabit və dəyişən elektrik cərəyanı sahələrinin suların fiziki-kimyəvi parametrlərinin dəyişmə dinamikasına və müxtəlif tip su qarışığının məsaməli mühitdə süzülmə prosesinə təsiri araşdırılmışdır.

Hal-hazırda kimya sənayesində istehsal edilən müxtəlif növ kimyəvi maddələrin istehsalı azalmaqla yanaşı, onların satış qiymətləri də əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Bu səbəbdən onların neft sənayesinin müxtəlif texnoloji proseslərində tətbiqi də azalmışdır. Buna görə də istismarda olan yataqların səmərəli işlənməsini təmin etməklə neft hasilatını artırmaq üçün iqtisadi və ekoloji cəhətdən daha əlverişli olan fiziki təsir üsulları əsasında işlənilmiş yeni mütərəqqi texnologiyaların tətbiqinə üstünlük verilməlidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, neft və qaz yataqlarının işlənilməsi prosesində çoxkomponentli qatışıqların süzülməsi zamanı bir çox fiziki-kimyəvi proseslərin mövcudluğu müşahidə olunur. Bu proseslərə kapillyar, səthi-molekulyar qüvvələr, yerin maqnit sahəsi, laydaxili təbii elektrik gərginliyi və sairə daxildir.

Məlumdur ki, məsaməli mühit skeletini təşkil edən süxur dənəcikləri müxtəlif minerallardan təşkil olunduğu üçün onların səthlərinin elektrik yükü də müxtəlifdir (Симкин, 1979). Süxur səthinin bəzi hissələri müsbət, digər hissələri isə mənfi elektrik yüklərə malikdir. Səthi belə fərqli yüklənmiş məsaməli mühitdə mayelərin hərəkəti üçün əlavə enerjinin tətbiq edilməsi tələb olunur.

Aparılmış təcrübi tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, karbohidrogen mayelərin müxtəlif mineraloji tərkibə malik olan süxur nümunəsindən süzülməsi prosesinin göstəricilərinin potensial qiymətləri maqnit sahəsinin təsiri ilə dəyişdirilə bilinər (Мирзаджанзаде и др., 1982). Digər tədqiqat işində (Mirzəcanzadə, Məmmədzadə, 2001) fəzada yerləşdirilmiş müxtəlif qütb istiqamətli maqnit sahəsi qüvvəsinin doymuş karbohidrogen mayelərin su ilə sıxışdırılma prosesinə təsiri öyrənilmiş və aşkar edilmişdir ki, cənubdan şimal qütbü istiqamətindəki gərginlik sıxışdırma əmsalının qiymətini daha çox artırır.

Bir sıra tədqiqat işlərində (Глазунова, Симкин, 1982) dəyişən və sabit elektromaqnit sahələrinin süxur nümunəsinin su süzmə qabiliyyətinə təsiri araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, bu sahələrin təsiri ilə axma potensialı qiymətinin artması süzülən suyun məsaməli mühit skeleti səthi ilə əlaqəsini gücləndirir, nəticədə suya görə keçiricilik pisləşir.

Nəzəri tədqiqatlarla (Абрукин,1994) müəyyən edilmişdir ki, kollektorun keçiriciliyinin və neftin elektrik keçirmə qabiliyyətinin azalması ilə lay daxilində yaranan elektrokinetik qüvvələr daha təsirli olur.

Bir tədqiqat işində (Кедровский и др., 1986) zəif keçiricilikli süxur nümunəsindən neftin süzülmə sürətinin elektrik cərəyanı sahəsinin istiqamətindən, təsirsiz şəraitə nisbətən, artıb və yaxud azalması amili müəyyən edilmişdir.

Digər tədqiqatlarda (Румянцева, 1965) aşkar edilmişdir ki, süxur nümunəsindən müxtəlif qatılıqlı kalsium xlor məhlullarının süzülməsi prosesində əmələ gələn elektrokinetik qüvvələrin qiymətləri mühitin gilliliyindən, keçiriciliyindən və məsaməliliyindən asılıdır.

Laboratoriya tədqiqatlarına (Табаков и др., 1986) əsasən qeyd edilir ki, natrium xlor duzu ilə hazırlanmış müxtəlif qatılıqlı məhlulların, eləcə də yüksək minerallı lay suyunun elektrokimyəvi işlənilməsi sayəsində onların hidrogen göstəriciləri 12,5-ə qədər yüksəlir ki, bu da neftin sıxışdırma əmsalını artırmağa imkan verir.

Lay sisteminin elektrofiziki parametrlərinə məsaməli mühitin mineraloji tərkibinin təsiri də (Абасов и др., 2010) öyrənilmişdir. Aydın olur ki, süxurun tərkibində gilin miqdarının artması və süxura hopmuş suyun elektrik keçirmə qabiliyyətinin aşağı düşməsi ilə məsaməli mühitin elektrik keçiriciliyi azalır, məsaməlik kəmiyyətinin qiyməti isə artır. Məsaməli mühitin su ilə eyni doyma qiymətində onun miqdarı hidrofob mühitə nisbətən, hidrofil mühitdə daha böyük qiymətə malik olur.

Dəyişən və sabit elektrik cərəyanı sahələrinin müxtəlif tip səthi-fəal maddələrin kvars dənəcikləri səthində adsorbsiyasına və həmin səthdən desorbsiyasına təsiri (Абасов и др., 2008) də tədqiq edilmişdir.

Elektrokinetik hadisələrin yataqların neft hasilatına və maye süzülmə prosesinə təsiri (Казаков, 1983) məqalədə öz əksini tapmışdır. Qeyd edilir ki, elektrokinetik hadisələrini nəzərə almaqla işlənilmə dövründə iştirak etməyən layın neftli durğun sahələrini istismara cəlb etmək mümkündür.

Digər işdə (Симкин, 1979) isə qeyd olunur ki, müəyyən lay şəraitində neftin su ilə sıxışdırılmasında elektrokinetik təzyiqin hidrodinamik təzyiq qiymətindən yüksək olduğu üçün məsaməli mühitdə olan maye süxur skeletini təşkil edən qum dənəcikləri səthinə hopur və nəticədə süzülmə prosesi dayanır. Neft yataqlarının işlənilməsində keçiriciliyin azalmasını, mayenin süzülməsinin dayanmasını və su-neft emulsiyasının əmələgəlməsini müəllif qismən olsa da, elektrokinetik hadisələrlə əlaqələndirir.

Nəzəri üsulla (Ростовский, Селяков, 1989) quyuya elektrik cərəyanı buraxmaqla quyunun veriminin dəyişməsi məsələsi öyrənilmişdir. Aparılmış hesablamalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sabit təzyiq düşgüsündə quyudibini elektrik cərəyanı vasitəsilə işləməklə, quyudan çıxarılan mayenin həcmini artırmaq mümkündür.

Neftli laylara elektrik impulsu vasitəsilə təsir etməklə (Linrong, 1994) keçiriciliyin dəyişməsi məsələsinə laboratoriya şəraitində baxılmışdır. Müəlliflər belə nəticəyə gəlmişlər ki, neftli laylara tezliliyi səs tezliliyindən ultrasəs tezliyinə bərabər elektrik impulsu vasitəsilə təsirdə məsaməli mühitdə yeni çatlar əmələ gəlir ki, bu da keçiriciliyi artırır.

Digər tədqiqat işində (Глазунова, 1994) sabit və dəyişən cərəyan vasitəsilə laya və quyudibi sahəyə təsir məsələsi öyrənilmişdir. Laboratoriya şəraitində minerallaşmış su ilə nefti sıxışdırmış və çıxışda alınan mayenin 100% sulaşmasından sonra lay modelinə elektrik cərəyanı verilmiş və model daxilində temperaturun artması müşahidə edilmişdir. Aparılan tədqiqat əsasında müəllif belə nəticəyə gəlmişdir ki, neft verimini artırmaq üçün sulaşmış laylara elektrik sahəsi ilə təsiretmə ən səmərəli üsullardan biri ola bilər.

Aparılan tədqiqat işlərinin təhlili göstərir ki, bu sahədə bir çox məsələlər öz həllini tapmamışdır. Xüsusilə laylara vurulan müxtəlif tərkibli sulara elektrik cərəyanı vasitəsilə təsir etdikdə onların fiziki-kimyəvi xassələrinin dəyişməsi və məsaməli mühitdən mayenin süzülməsi, praktik olaraq, tədqiq edilməmişdir. İşdə, içməli su (Kür çayı suyu), dəniz, qələvi və cod lay sularının (1-ci cədvəl) fiziki-kimyəvi parametrlərinə və məsaməli mühitdən müxtəlif tip su qarışığının süzülmə sürətinə elektrik cərəyanı sahəsinin təsiri öyrənilmişdir.

Birinçi cədvəldə verilmiş məlumatlardan göründüyü kimi, təcrübələrdə istifadə olunan sular tərkiblərindəki ionların miqdarına görə bir-birindən əsaslı surətdə fərqlənirlər.

Məlum olduğu kimi, neft yataqlarının səmərəli işlənilməsini təmin etmək üçün müxtəlif sistemli sulaşdırmalarda bu sulardan geniş istifadə olunur. Deyilənləri nəzərə alaraq bu sulara elektrik cərəyanı vasitəsilə təsir zamanı hidrogen göstəricisi (pH), səthi gərilmə (σ) və xüsusi elektrik keçiriciliyinin (p) dəyişmə dinamikası tədqiq edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, elektrik cərəyanı vasitəsilə təsir iki cür aparıla bilər: birinci variantda laya vurulan su yer səthində elektrik cərəyanı ilə hidrolizləşdirildikdən sonra laya vurulur, ikinci variantda isə elektrik cərəyanı bilavasitə neftli laya verilir və təsir lay daxilində cərəyan edir. Bu proseslərin hər ikisinin böyük təcrübi əhəmiyyət kəsb etdiyini nəzərə alaraq onlara ayrı-ayrılıqda baxılmışdır.

Birinci silsilə tədqiqatlarda suların fiziki-kimyəvi xassələrinin sabit elektrik cərəyanının təsiri nəticəsində dəyişmə dinamikasına məsaməli mühit olmadıqda baxılmışdır (2-ci cədvəl).

Təcrübələr sabit elektrik gərginliyinin 20, 40, 60 və 100 volt və nümunələrdən elektrik cərəyanının keçmə vaxtının 10, 20, və 30 dəqiqə qiymətlərində aparılmışdır.

Tədqiqatlardan əvvəl su nümunələri polyar hissəciklərdən təmizlənmiş təmiz ağ neft sərhədində səthi-gərilmə qiymətləri və hidrogen göstəriciləri təyin edilmişdir. Sonra su nümunəsi uzunluğu 0,3 m olan şüşə boruya doldurulub hər iki başına yer-

ləşdirilmiş elektrod vasitəsilə sabit cərəyan mənbəyinə birləşdirilib lazımi elektrik gərginliyi verilmiş və ampermetr (mA) vasitəsilə cərəyan şiddətinə nəzarət edilmişdir. Təcrübə başa çatdıqdan sonra su nümunəsinin ağ neft sərhədində səthi-gərilmə qiymətləri və hidrogen göstəriciləri təyin edilmiş və xüsusi elektrik keçiriciliyi hesablanmışdır.

İkinci cədvəldə verilmiş məlumatların təhlili göstərir ki, sudan sabit elektrik cərəyanı buraxıldıqdan sonra səthi-gərilmə, hidrogen göstəricisi və xüsusi elektrik keçiriciliyinin dəyişmə dinamikası suyun növündən, elektrik gərginliyindən və sudan keçən elektrik cərəyanının müddətindən asılıdır.

1-ci cədvəl

Suların kimyəvi tərkibi

Anion və kationlar	İonların miqdarı, mq/ekv/l			
	Dəniz suyu	Cod lay suyu	Qələvi lay suyu	İçməli su
$Na^+ + K^+$	154,0	171,90	24,17	5,4
Ca^{++}	16,0	16,54	0,50	2,1
Mq^{++}	56,0	15,28	1,30	1,4
Cl^-	166,0	202,33	15,19	6,7
SO_4^{--}	58,0	0,06	1,97	2,1
HCO_3^{--}	2,0	0,92	7,31	0,1
CO_3^{--}	–	–	0.56	–
$RCOO^-$	–	0,39	0,67	–
HB_4O_7	–	0,02	0,27	0,01
cəmi	452,0	407,44	51,94	17,8
293K-də sıxlıq, kq/m^3	1040	1025	1015	1004
1-ci duzluluq (S_1)	65,16	84,40	66,06	24,58
2-ci duzluluq (S_2)	33,04	14,94	–	–
1-ci qələvilik (A)	–	–	27,0	0
2-ci qələvilik (a)	1,80	0,66	6,94	0

2-ci cədvəl

Suların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə sabit elektrik sahəsinin təsiri

U, volt	T, dəqiqə	İçməli su			Xəzər dənizi suyu			Qələvi lay suyu (QLD)			Cod lay suyu Y horizont		
		pH	σ, mN/m	$\rho \cdot 10^{-2}$ Ом$^{-1}$ •sm^{-1}	pH	σ, mN/m	$\rho \cdot 10^{-2}$ Ом$^{-1}$ •sm^{-1}	pH	σ, mN/m	$\rho \cdot 10^{-2}$ Ом$^{-1}$ •sм$^{-1}$	pH	σ, mN/m	$\rho \cdot 10^{-2}$ Ом$^{-1}$ •sм$^{-1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	0	8,30	24,5	–	8,5	35,6	–	8,4	17,9	–	8,4	17,9	–
	10	8,45	22,9	0,13	8,68	28,0	2,0	9,0	14,8	9,0	8,8	14,8	4,4
	20	8,50	22,9	0,13	8,7	28,0	2,0	9,4	14,2	9,0	9,4	14,2	4,4
	30	8,50	22,9	0,13	8,7	28,0	2,0	9,5	14,0	9,0	8,7	14,0	4,4
40	10	8,5	23,1	0,085	8.6	27,5	2,5	9,2	14,0	11,5	8,5	15,0	6,1
	20	8,6	22,9	0,085	8,55	27,5	2,5	9,7	12,2	11,5	8,4	16,9	6,1
	30	8,6	22,9	0,85	8,4	27,6	2,5	9,9	11,0	11,5	8,7	18,5	6,1
60	10	8,6	23,2	0,09	8,6	27,5	2,9	10,0	10,0	7,0	8,5	22,0	7,0
	20	8,6	22,5	0,09	8,4	27,5	2,9	10,5	9,8	7,0	8,9	20,0	7,1
	30	8,6	22,5	0,09	8,3	27,5	2,9	10,5	9,8	7,0	9,0	20,0	7,1
100	10	8,7	22,1	0,096	8,54	27,8	3,6	11,0	9,5	5,5	8,0	22,0	5,5
	20	8,8	22,0	0,096	8,32	31,0	3,6	11,5	9,1	5,5	7,2	24,0	5,5
	30	8,9	22,0	0,96	8,30	32,5	3,6	11,8	9,0	5,5	7,1	25,0	5,5

Belə ki, içməli sudan nəql edilən sabit elektrik cərəyanının 20-100 volt qiymətlərində gərginlikdən asılı olmayaraq, sudan keçən elektrik cərəyanı müddətinin artması ilə pH-ın qiyməti artır. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, bu kəmiyyətlərin mütləq qiyməti elektrik gərginliyinin miqdarından asılıdır. Gərginlik 20 volt olan şəraitdə hidrogen göstəricisi təcrübə vaxtının artması ilə 8,3-dən 8,5-ə qədər artır, səthi-gərilmə isə 24,5-dən 22,9 mN/m-ə qədər azalır. Göründüyü kimi, mayedən keçən sabit elektrik cərəyan şiddəti müddətinin 30 dəqiqəyə qədər atrması nəticəsində pH 0,2 ədəd artır, σ isə 1,6 mN/m azalır. 100 volt gərginlikdə vaxtın artması ilə pH –8,3-dən 8,9-a qədər yüksəlir, σ-isə 24,5-dən 22,0-a qədər azalır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, pH kəmiyyətinin 8,3-dən 8,9-a qədər artması üçün $12 \cdot 10^{-4}$ kVt • saat elektrik enerjisi sərf olunmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, Xəzər dənizi suyuna sabit elektrik cərəyanı sahəsi ilə təsir etdikdə elektrik gərginliyinin qiymətindən asılı olaraq pH və σ kəmiyyətlərinin vaxtdan asılılıq dinamikası müxtəlifdir. Belə ki, gərginlik 20 volt olan şəraitdə pH vaxtın artması ilə artır, σ isə azalır. Ancaq su nümunəsinə 100 volt sabit gərginlik verilən zaman məhlulun hidrogen göstəricisi kiçik bir zaman daxilində özünün maksimum qiymətinə çatır, sonra isə sürətlə aşağı düşür və sabitləşir (pH=8,3). Səthi-gərilmə isə əvvəlcə azalır və sonra artmağa başlayır. Bəsit dəniz suyundan sabit elektrik cərəyanı buraxılan zaman hidrogen göstəricisinin tez zaman ərzində artması və sonra isə azalması, bunun əksinə, səthi-gərilmənin isə azalıb, atrması hidroliz prosesinin ani anda getməsi ilə izah oluna bilər. Bu, sudan 100 volt gərginlikli cərəyan şiddəti keçərkən qısa zaman ərzində temperaturun 323-333 K qalxması, model dibinə kül rəngli çöküntünün çökməsi və sudan keçən cərəyan şiddətinin azalması müşahidə olunur. Bunlarla əlaqədar olaraq, dəniz suyu öz elektrolitik qabiliyyətini itirir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, prosesin gedişinə sərf olunan elektrik enerjisi $46{,}0 \cdot 10^{-4}$ kV•saat təşkil etmişdir.

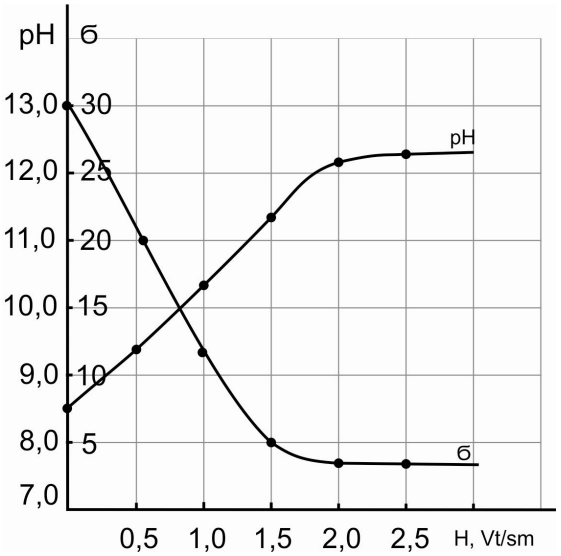
Cədvəldə verilmiş məlumatlardan göründüyü kimi, qələvi lay suyundan 20 və 40 volt sabit elektrik cərəyanı buraxılan zaman vaxtdan asılı olaraq hidrogen göstəricisinin qiyməti 20 volt gərginlikdə 8,4-dən 9,5-ə qədər çoxaldığı halda, su daxilində 100 volt gərginlik olan şəraitdə bu artım 3,4 təşkil edir. Ağ neft sərhədində səthi-gərilmə uyğun olaraq 17,9 мН/м-dən 9 мН/м-ə qədər azalır. Qələvili lay suyunun hidrogen göstəricisini 8,4-dən 11,8-ə qədər artırmaq üçün $24 \cdot 10^{-4}$•kVt•saat elektrik enerjisi sərf olunmuşdur. Cod lay suyundan da sabit elektrik cərəyanı buraxılan zaman mayenin σ və pH kəmiyyətləri müəyyən miqdarda dəyişir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sabit elektrik cərəyanı gərginliyinin artması ilə, suyun tipindən asılı olaraq, elektrik keçiriciliyi ya artır, ya da azalır.

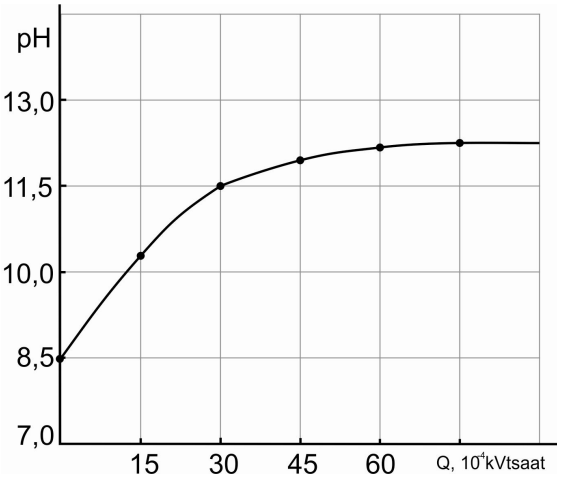
İkinci silsilə tədqiqatlarda, Qırmaki lay dəstəsindən götürülmüş qumdan istifadə edilərək, uzunluğu 0,41 m orqanik şüşədən hazırlanmış və hər iki ucunda elektrod yerləşdirilmiş modeldə təcrübələr aparılmışdır.

Məsaməli mühitdən dəniz suyunun süzülməsi zamanı, müxtəlif dövrlərdə, su nümunəsi götürüb onun səthi-gərilməsi və hidrogen göstəricisi yoxlanıldıqdan sonra məsaməli mühitdən müəyyən gərginlikdə 1 saat müddətində sabit elektrik cərəyanı buraxılmışdır. Prosesin sonunda modeldən çıxan sudan nümunə götürülüb, yenidən onun pH və σ kəmiyyətləri yoxlanılmışdır. Beləliklə, elektrik gərginliyinin 25, 50, 75 və 100 volt qiymətlərində Qırmaki layı qumundan təşkil olunmuş məsaməli mühitdən keçən dəniz suyuna sabit elektrik cərəyanı ilə təsir olunan zaman suyun hidrogen göstəricisi və səthi gərilməsi öyrənilmişdir (1-ci şəkil). Bu asılılıq əyrilərindən görünür ki, dəniz suyu ilə doydurulmuş məsaməli mühitdən sabit elektrik cərəyanı buraxılan zaman pH və σ kəmiyyətləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Elektrik gərginliyi sıxlığının artması ilə bu dəyişmənin qiymətləri daha çox intensivləşir. Belə ki, elektrik gərginliyi sıxlığının (V/L) 0,6-dan 2,4-ə qədər artması pH-kəmiyyətinin 8,5-dən 12,5-ə qədər artmasına, σ-nın 20,0 mN/m-dən 7,5 mN/m-ə qədər azalmasına səbəb olur. Qırmaki lay qumundan təşkil olunmuş məsaməli mühitdən sabit elektrik cərəyanının təsiri ilə dəniz suyu süzülərkən hidrogen göstəricisinin 12,5 qiymətə çatması üçün $78 \cdot 10^{-4}$ kVt saat elektrik enerjisi sərf olunmuşdur (2-ci şəkil).

Beləliklə, hər iki halda aparılan laboratoriya təcrübələrinin təhlili göstərir ki, sabit elektrik cərəyanının təsiri ilə pH və σ kəmiyyətlərinin dəyişməsi məsaməli mühit şəraitində daha yüksək müsbət göstəricilərlə nəticələnir.



1-ci şəkil. Qırmaki lay dəstəsi qumundan dəniz suyu süzülərkən hidrogen göstəricisinin (pH) və səthi-gərilmə (σ) əmsalı qiymətlərinin sabit cərəyan şiddəti gərginliyi sıxlığından (H) asılılığı



2-ci şəkil. Qırmaki lay dəstəsi qumundan dəniz suyu süzülərkən hidrogen göstəricisi kəmiyyətinin enerji sərfindən asılılığı

Hər iki halda aparılan laboratoriya tədqiqatlarının məlumatlarına əsasən, müəyyən edilmişdir ki, sulardan sabit elektrik cərəyanı buraxıldıqda onların hidrogen göstəriciləri, səthi-gərilmə əmsalının qiymətləri və elektrik keçirmə qabiliyyətləri dəyişir. Bu göstəricilərin dəyişməsini belə izah etmək olar: məlum olduğu kimi, duzların, qələvilərin və turşuların molekulları əks adlı və bərabər miqdarda yüklənmiş anion və kationlardan ibarətdir. İonlar arasındakı cazibə qüvvəsi molekulun bütövlüyünü təmin edir. Bu molekullar su molekulları ilə əhatə olunduqda onları təşkil edən ionlar arasındakı əlaqə çox zəifləyir. Digər tərəfdən, kənardan elektrik cərəyanı ilə təsir prosesində istilik enerjisinin yaranması ilə molekulların toqquşması nəticəsində onlar ionlara parçalanır. Məhlulda OH^{-1} ionlarının artması hidrogen göstəricisinin yüksəlməsinə səbəb olur ki, bununla da suyun səthi-gərilmə qüvvəsinin qiyməti azalır.

Beləliklə, aparılmış təcrübə işləri göstərir ki, suya elektrik cərəyanı ilə təsir etməklə onun fiziki-kimyəvi xassəsini dəyişdirmək mümkündür.

Məlumdur ki, neftli laylara su vurulması prosesində mənfi təsir göstərən amillərdən biri də məsaməli mühitin maye süzmə qabiliyyətinin azalmasıdır.

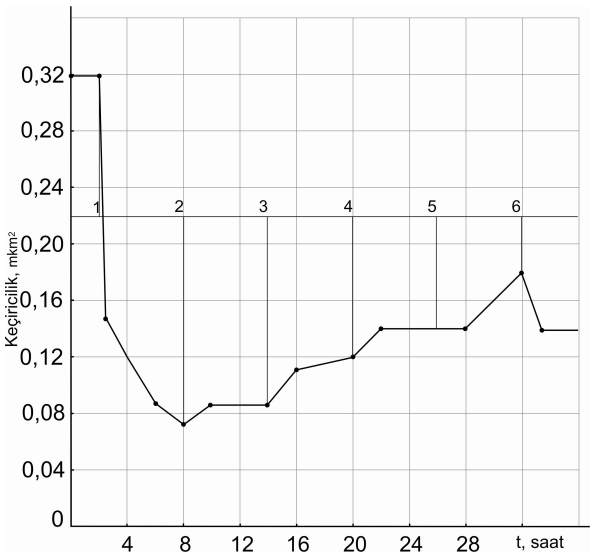
Bunu nəzərə alaraq, laboratoriya şəraitində Qırmaki lay dəstəsi (QLD) qumundan təşkil olunmuş məsaməli mühitdən maye süzülərkən onun keçiriciliyinin azalması prosesinə və bunun qarşısını almaq üçün xaricdən yaradılan elektrik sahəsinin təsiri öyrənilmişdir.

Təcrübə işləri laboratolriyada yığılmış xüsusi qurğuda aparılmışdır. Qurğu lay modelindən, elektrik mənbəyindən, sıxışdırıcı maye üçün qabdan, yüksək təzyiqli hava balonundan, maye ölçü qabından və manometrdən ibarətdir. Lay modelinin elektrik keçirməyən orqanik şüşədən hazırlanmış giriş və çıxış hissəsində iki dairəvi elektrod yerləşdirilmişdir ki, onun da vasitəsilə su ilə doydurulmuş məsaməli mühitə elektrik cərəyanı verilmişdir. Tədqiqatda içməli və qələvi tipli lay suyundan istifadə edilmişdir.

Təcrübələrdən alınan məlumatlar məsaməli mühitin keçiriciliyinin mayenin süzülmə vaxtından asılılığı kimi təhlil edilmişdir (3-cü şəkil).

Alınmış asılılıqlardan (3-cü şəkil) göründüyü kimi, məsaməli mühitdən 1,5 saat QLD-nin suyu süzülən zaman keçiricilikdə heç bir dəyişiklik müşahidə edilməmişdir, ancaq lay suyu içməli su ilə sıxışdırıldıqda isə qısa bir müddət ərzində məsaməli mühitin keçiriciliyi əsaslı surətdə azalmağa başlamışdır.

Tədqiqatlarda istifadə edilmiş Qırmaki lay dəstəsi süxuru daxilində montmorillonit (1,5), hidrosluid (13,0), kaolonid (1,0) və xlorid (4,5) tip gil nümunələri vardır. Süxur daxilindəki yüksək xüsusi səthə malik bu nümunələr şişmə, başqa sözlə, öz həcmini su mühitində artırmağa, xırdalanmağa, su saxlamağa, müxtəlif valentli metal kationlarını udma qabiliyyətlidirlər. Eyni qranulometrik ölçülü Qırmaki lay süxuru nümunəsinin, vahid həcmdə, ümumi səth sahəsi kvars qumuna nisbətən təxminən 1,4-1,5 dəfə çoxdur.



3-cü şəkil. Təzyiq düşgüsünün 0,04 MPa qiymətində lay modelinə elektrik cərəyanı sahəsi ilə təsirdə məsaməli mühit keçiriciliyinin zamandan asılı olaraq dəyişmə dinamikası 0-1-QLD suyunun cərəyansız süzülməsi; 1-2; 6-7 – Kür çayı suyunun cərəyansız süzülməsi; 2-3 – Kür çayı suyunun 100 V sabit cərəyan və müvafiq olaraq 100, 150,200 V (3-4; 4-5; 5-6) dəyişən cərəyan sahəsinin təsiri ilə süzülməsi

İçməli suyun süzülməsi prosesində lay modelində olan Qırmaki lay suyunun hidrokimyəvi tərkibinin dəyişməsi gilli mineralların kristal quruluşunun transformasiyasına da səbəb olur.

İçməli suda zəif elektrolitli qatılıqlıq şəraitində protonlar (müsbət yüklü hissəciklər) daha intensiv gil hissəciklərinin arasına daxil olaraq onun həcmini artırır, belə ki, bu şəraitdə onlar qeyri-üzvü metal kationlarına nisbətən daha çox fəaldırlar (Хавкин и др.,2003). Mənfi ionların artıqlığında protonlar hidrogenlə əlaqəyə girərək bir neçə su molekulu ilə kompleks yaradır ki, bu da məsaməli mühitdə gil hissəciklərinin şişməsinə səbəb olur. Qeyd etmək lazımdır ki, gil nümunəsi ilə əlaqədə olan içməli suyun hidrogen göstəricisinin qiyməti də artır. Şişmiş gilin həcmini, praktik olaraq, ilk vəziyyətinə o vaxt gətirmək mümkün olar ki, suda kationların miqdarı artsın. Kationlar yalnız yüksək elektrolitlikdə gil hissəciklərinin arasına daxil olaraq su molekullarını xaric etmək qabiliyyətinə malikdirlər və bunun nəticəsində gil dənəcikləri arasındakı məsafə azalır və onun şişmə prosesi zəifləyir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu kationların ölçüsü məsaməli mühitə hopmuş su molekullarının ölçüsündən əhəmiyyətli dərəcədə kiçikdir.

Aparılmış çoxsaylı tədqiqat işləri ilə müəyyən edilmişdir ki, gil nümunələrinin şişməsi və yaxud xırdalanması onların təkcə, ion dəyişmə həcmindən deyil, eyni zamanda, səth enerji yükünün sıxlığından da asılıdır. Belə ki, eyni həcm miqdarında müxtəlif gil nümunələrinin şişmə qabiliyyətini tənzimləmək üçün müxtəlif miqdarda reagent tələb olunur. Gil nümunələrini birbirindən fərqləndirmək üçün fəal gillilik əmsalı təklif olunmuşdur. Bu əmsal gil nümunəsinin fiziki-kimyəvi fəallığının təmiz kalsium mənşəli montmorillonit tipli gil nümunəsi fəallığına (fəallıq vahid götürülür) nisbəti kimi qəbul edilir (Хавкин ,1994).

Natrium və kalium əsaslı montmorillonit və kaolinit tipli gillər üçün bu əmsal, müvafiq olaraq, 0,416-0,425 və 0,069-0,057 təşkil edir. Bentonit gilləri üçün isə əmsal qiymətləri 0,790-0,500 arasında dəyişir. Verilmiş fəallıq əmsallarının müqayisəsi göstərir ki, bu kəmiyyətə görə müxtəlif gil nümunələri bir-birindən kəskin surətdə fərqlənirlər. Bu isə onların su və reagent məhlulları ilə fiziki-kimyəvi əlaqəyə girmə göstəricilərinin müxtəlif olmasını göstərir.

Aparılmış laboratoriya tədqiqatları ilə müəyyən edilmişdir ki, təzyiq düşgüsünün 0,04 MPa qiymətində lay suyu içməli su ilə sıxışdırıldıqda məsaməli mühitin keçiriciliyi 0,32 mkm^2 0,075 mkm^2 qədər, yəni 4,4 dəfədən çox azalır. Buna səbəb, yuxarıda göstərilən amillərlə yanaşı, süxur tərkibindəki gil dənəciklərinin məsaməli mühitdən süzülən su daxilində hərəkətedici suspenziya yaratma qabiliyyətidir. Süzülmə prosesində suspenziya daxilində olan hissəciklər məsaməli mühitin su süzmə qabiliyyətini ləngidir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, məsaməli mühit keçiriciliyinin azalması istifadə olunan suların mineralizasiya tərkibindən də asılıdır. Məsaməli mühitdə olan sıxışdırıcı suyun mineralizasiya nisbətinin artması ilə keçiriciliyin qiyməti də azalır.

Məsaməli mühit keçiriciliyinin azalması təzyiq düşgüsünün 0,1, 0,15 və 0,2MPa qiymətlərində də müşahidə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, gilli layların başlanğıc təzyiq qradiyenti nə qədər çox olarsa, onların şişmə dərəcəsi bir o qədər də yüksək olur.

Hidrodinamiki təzyiq düşgüsünün yüksək qiymətlərində süzülmə sürətinin artmasına baxmayaraq, lay modelinin ilk keçiriciliyi bərpa olunmur. Buna səbəb məsaməli mühitdə Qırmaki lay suyu ilə süzülən içməli suyun daxilində olan

Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, HCO_3^{-} ionlar qatılığının dəyişməsi, qeyri-üzvi duz çöküntülərinin əmələ gəlməsi, süzülən kiçik mineralizasiyalı suyun təsiri ilə gil hissəciklərinin hidrotasiyaya uğraması, maye-süxur sərhədində ikiqat elektrik təbəqəsinin yaranmasıdır. Qırmaki lay dəstəsi süxurundan düzəldilmiş çoxgilli məsaməli mühitdə gil dənəcikləri arasındakı məsafə onların tipindən asılıdır. Belə ki, kaolinit gil dənəcikləri arasındakı məsafə minimal olduğu üçün onun həcmi az miqdarda şişir.

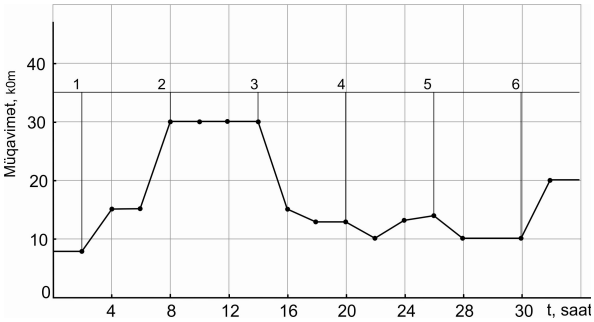
Gil növü tərkibinin keçiriciliyə təsiri, fəallıq əmsalı (τ) nəzərə alınmaqla, aşağıdakı asılılıqla təyin oluna bilər (Хавкин, 1994):

$$K=K_0 (C/C_0)^{A\cdot\tau+B}$$

Burada A və B hər bir gil növü üçün sabit əmsal, K və C keçiriciliyin (mkm^2) cari və su daxilində ionların cəm qatılığıdır (q. ekv/l). K_0 və C_0 isə çay suyu daxilində ilk keçiricilik və ionlar qatılığının cəmidir.

Göstərilən mənfi amillərin qarşısını almaq, lay keçiriciliyinin bərpa edilməsini və yaxud yüksəldilməsini təmin etmək məqsədi ilə sabit və dəyişən elektrik cərəyan sahələrindən istifadə edilmişdir. Cərəyan mənbəyindən istifadə edilərək məsaməli mühitdən aşağıdakı ardıcıllıqla elektrik cərəyanı buraxılmışdır. İçməli sudan sonra 100 volt gərginlikdə sabit elektrik cərəyanı, bunun ardınca 100, 150 və 200 volt gərginlikdə dəyişən elektrik cərəyanı buraxılmış və sonra süzülmə adi qaydada davam etdirilmişdir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, texniki imkan olmadığından müxtəlif gərginlikli sabit elektrik cərəyanından istifadə edilməmişdir. Alınan nəticələrin təhlili göstərir ki, içməli sudan sonra məsaməli mühitdən gərginliyi 100 volt olan sabit elektrik cərəyanı buraxıldıqda, təzyiqdən asılı olmayaraq, keçiriciliyin az miqdarda artması müşahidə olunur. Sabit elektrik cərəyanından sonra lay modelindən müxtəlif gərginlikli dəyişən cərəyan buraxıldıqda məsaməli mühitin keçiriciliyi əsaslı surətdə artır. Onu da bildirək ki, bu artım gərginliyin qiymətindən asılıdır, yəni yüksək gərginlik keçiriciliyin yüksəlməsinə müsbət təsir göstərir. Modeldən dəyişən elektrik cərəyanının buraxılma prosesi kəsildikdən sonra, təzyiqdən asılı olaraq, keçiricilik müəyyən qədər azalır və sonra sabitləşir. Ancaq təzyiqin 0,1, 0,15 və 0,2 MPa qiymətlərində keçiriciliyin azalması müşahidə olunmur. Onu da deyək ki, məsaməli mühitdən dəyişən elektrik cərəyanı buraxan zaman keçiriciliyin mütləq artımı hidrodinamiki təzyiq düşgüsündən asılıdır. Belə ki, eyni şəraitdə təzyiq düşgüsünün 0,04 MPa qiymətində dəyişən cərəyan gərginliyinin 100 voltdan 200 volta qədər artması nəticəsində keçiricilik 0,046 mkm^2-dan 0,159 mkm^2-a, yəni 0,113 mkm^2 artırsa, təzyiqin 0,2 MPa qiymətində bu artım 0,028 mkm^2 təşkil edir.

Təcrübə zamanı məsaməli mühitin müqavimətinin dəyişmə dinamikası araşdırılmışdır. Bunun üçün müxtəlif zaman ərzində süzülən mayenin miqdarı ölçülməklə yanaşı, mühitin müqaviməti də ölçülmüşdür. Alınan tədqiqat məlumatları müqavimətin süzülmə vaxtından asılılığı şəklində təhlil edilmişdir (4-cü şəkil). Asılılıq əyrisindən göründüyü kimi, mühitin müqaviməti sıxışdırma dövründə artıb-azalmaqla sabitləşir. Qeyd etmək lazımdır ki, modeldən elektrik cərəyanı buraxan zaman keçiriciliyin dəyişmə dinamikası mühitin müqavimətindən asılıdır. Bu, 3-cü və 4-cü şəkillərdə verilmiş əyrilərin müqayisəsindən aydın görünür. Belə ki, müqavimətin artması keçiriciliyin azalmasına səbəb olur.



4-cü şəkil. Təzyiq düşgüsünün 0,04 MPa qiymətində lay modelinə elektrik cərəyanı sahəsi ilə təsirdə məsaməli mühit müqavimətinin zamandan asılı olaraq dəyişmə dinamikası. Göstəricilər 3-cü şəkildəki ilə eynidir.

Beləliklə, laboratoriya şəraitində aparılmış çoxşaxəli tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, müxtəlif tip sulara elektrik cərəyanı ilə təsir etməklə onların lay şəraitində fiziki-kimyəvi xassəsini və süzülmə sürətlərini dəyişdirmək mumkündür.

Sabit və dəyişən elektrik cərəyanı sahələrinin tətbiqi ilə aparılan tədqiqat işlərinin təhlilindən əldə edilmiş aşağıdakı nəticələri göstərmək olar:

– sabit elektrik cərəyanı sahəsinin neft-çıxarmanın müxtəlif texnoloji proseslərində istifadə olunan su tiplərinin hidrogen göstəricisi, səthigərilmə və elektrik keçiriciliyi amillərinin dəyişmə dinamikasına təsiri təcrübi yolla öyrənilmiş-

dir. Müəyyən edilmişdir ki, sabit elektrik cərəyanı gərginliyinin artması qeyri-üzvi ikivalentli metal duzlarla zəngin olan su tiplərinin səthigərilmə əmsalı qiymətlərinin azalması və hidrogen göstəricilərinin yüksəlməsi səmərəliliyinə təsiri azalır;

– sabit elektrik cərəyanı suların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə gilli və karbonatlı məsaməli mühit şəraitində daha əhəmiyyətli təsir göstərir;

– müəyyən edilmişdir ki, müxtəlif tərkibli suların çoxgilli məsaməli mühitdən birgə süzülməsi zamanı keçiriciliyin azalmasının qarşısını almaq və ya onu bərpa etmək üçün dəyişən elektrik cərəyanı sahəsi ilə təsir səmərəlidir.

ƏDƏBIYYAT

АБАСОВ, М.Т., МУСАЕВ, Р.А., АСАДОВ, А.И., АЛЛАХВЕРДИЕВА, Р.Г. 2010. Экспериментальное исследование влияния состава пористой среды на некоторые электрофизические параметры пласта. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 1, 71-76.

АБАСОВ, М.Т., МУСАЕВ, Р.А., АСАДОВ, А.И., АЛЛАХВЕРДИЕВА, Р.Г. 2008. Исследование влияния электрического поля на адсорбцию и десорбцию водорастворимых поверхностно-активных веществ. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 2, 97-103.

АБРУКИН, А.Л. 1994. Влияние электрофизических процессов в нефтяных пластах на коэффициенты продуктивности скважин. *Нефтяное хозяйство*, 6, 41-45.

ГЛАЗУНОВА, А.В., СИМКИН, Э.М. 1982. Изменения потенциалов протекания воды в переменном магнитном поле. *Труды ВНИИ*, 80, 132-135.

ГЛАЗУНОВА, А.В. 1994. Воздействие постоянных и переменных электрических полей на пласт и его призабойную зону. *Труды ВНИИ*, 118, 47-55.

КАЗАКОВ, А.А. 1983. Роль электрокинетических явлений в процессе извлечения нефти из пласта. *Нефтяное хозяйство*, 5, 33-35.

КЕДРОВСКИЙ, О.Л., ЛЫКИН, М.С., МУСИНОВ, В.И., СИМКИН, Э.М. 1986. Исследование влияния электрического поля на фильтрацию нефти в низкопроницаемых пластах. *Нефтяное хозяйство*, 12, 45-48.

МИРЗАДЖАНЗАДЕ, А.Х., СИМКИН, Э.М., ГЛАЗУНОВА, А.В. 1982. Экспериментальное исследование потенциалов фильтрации в модельных углеводородных жидкостях. *Известия ВУЗ. Серия нефть и газ*, 10, 53-56.

РОСТОВСКИЙ, Н.С., СЕЛЯКОВ, В.И. 1989. Изменение дебита скважины при пропускании через нее электрического тока. *Журнал физико-технических проблем разработки полезных ископаемых*, 5, 114-118.

РУМЯНЦЕВА, Н.Н. 1965.Экспериментальные исследования потенциалов фильтрации. *Труды ВНИИ*, 48, 194-204.

СИМКИН, Э.М. 1979. Роль электрокинетических явлений в процессах филтрации. *Нефтяное хозяйство*, 3, 53-56.

ТАБАКОВ, В.П., МАЛКИНА, И.И., БАСНИЕВА, И.К., НАЗАРОВ, В.И. 1986. Лабораторные исследования процесса электролиза вод для повышения нефтеотдачи пластов. *Труды ВНИИ*, 96, 64-68.

ХАВКИН, А.Я., СОРОКИН, А.В., ТАБАКОВА, Л.С. 2003. Особенности регулирования свойств глинистых минералов. *В трудах 12-го Европейского симпозиума Повышение нефтеотдачи пластов*. Казань. 552-557.

ХАВКИН, А.Я. 1994. Физико-химические технологии повышения нефтеотдачи низкопроницаемых пластов. *Нефтяное хозяйство*, 8, 31-34.

MİRZƏCANZADƏ, A.X., MƏMMƏDZADƏ, A.M. 2001. Neftçıxarma proseslərinə fiziki sahələrin təsirinin öyrənilməsi. *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, 4-5, 15-18.

LINRONG, H., IINGSHUN L. 1994. Экспериментальные исследования воздействия электрическими импульсами на породы нефтеносных коллекторов. *Petrol China. Ed.Nat. set*, 4, 135-137.

Məqaləyə f.-r.e.d., prof. Q.Həsənov rəy vermişdir

© Н.М.Сафаров, Г.Г.Исмайылов, А.М.Гасымлы, 2012

О ВОЗМОЖНОСТИ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ

Н.М.Сафаров, Г.Г.Исмайылов, А.М.Гасымлы

НИПИ «Нефтегаз», ГНКАР
AZ1012, Баку, ул.Зардаби, 88а

В данной статье на основе экспериментов изучена вероятность образования аномальных водонефтяных эмульсий в пластовых условиях и их применения для повышения эффективности процесса разработки. Выявлено, что закачка в пласт водонефтяной эмульсии приводит к увеличению значения коэффициента нефтевытеснения и подтверждает эффективность примененной технологии. На основе применения теории функций комплексных переменных построены карты эквипотенциальных линий при фильтрации флюидов, косвенно характеризующие процесс образования застойных зон и водонефтяных эмульсий в пласте.

Актуальность задачи. Одной из важных проблем нефтяной промышленности является повышение уровня нефтеизвлечения в разрабатываемых месторождениях. Особую актуальность она приобретает при разработке залежей с высоковязкими нефтями, запасы которых соизмеримы с запасами ньютоновских нефтей. Несмотря на большое количество проведенных теоретических и экспериментальных исследований, проблемы разработки месторождений с такими нефтями решены недостаточно, и продолжение исследований в этом направлении остается насущной задачей. В этой связи исследования, в том числе и экспериментальные, относящиеся к изучению влияния различных факторов на нефтеотдачу при вытеснении высоковязкой нефти водой, по сей день являются актуальными.

Введение. Известно, что особо важной тенденцией нефтяной отрасли Азербайджана является вступление большого числа месторождений в позднюю и завершающую стадию разработки, характеризующуюся значительным снижением добычи нефти при резком росте обводненности скважинной продукции. Но, к сожалению, до сих пор сложилось такое стереотипное мышление, что водонефтяные системы не могут быть образованы в самом пласте. На основе анализа проведенных экспериментов и, ссылаясь на предпосылки других исследователей, авторами предположено, что при совместном движении воды и нефти по микроканалам пористой среды в результате диспергирования одной жидкости (воды) в другой (нефти) может происходить процесс образования указанных систем в самом пласте. Вода, постепенно обводняя нефтяные залежи и саму скважинную продукцию, может стать причиной образования в пласте аномальных эмульсий, вплоть до образования целиков нефти, застойных и слабодренированных зон, приводящих к ухудшению условий разработки (Мирзаджанзаде и др., 1972; Сулейманов, 2006).

По результатам многочисленных исследований было выявлено, что одной из причин снижения эффективности разработки нефтяных месторождений заводнением является различие в величинах вязкости нефти и воды, способствующее неравномерному продвижению водонефтяного контакта. Явление вязкостной неустойчивости, заключающейся в проникновении «языков» воды в нефтяной пласт с самого начала разработки залежи, резко снижает коэффициент охвата пласта как по мощности, так и по простиранию. При повышенных соотношениях вязкости нефти и воды (более 10-15 раз) это явление происходит при всех скоростях вытеснения, реализуемых на месторождениях (Михайлов, 1992).

Наличие аномально вязких свойств у нефтей ухудшает условия эксплуатации залежи: усиливается проницаемая неоднородность коллектора, ослабляется интерференция скважин, ускоряется прорыв вытесняющей воды по высокопроницаемым зонам в добы-

вающие скважины, ухудшается капиллярный и гравитационный обмен флюидами между низко- и высокопроницаемыми прослоями и зонами пласта. В итоге, охват пласта вытеснением и конечный коэффициент вытеснения нефти из заводненного объема пласта оказываются низкими (Сулейманов и др., 1996).

Теоретическими исследованиями и промысловыми опытами многих исследователей установлено, что при разработке залежей, подстилаемых подошвенной водой, достигается относительно низкий коэффициент нефтеотдачи. При этом разработка их сопровождается большим отбором попутно добываемой воды из-за образования конусов подошвенной воды (Владимиров и др., 2004; Сургучев и др., 1991).

Исследования показали, что в результате смешивания воды с находящейся в пласте нефтью возможно образование стойких водонефтяных эмульсий, которые обладают повышенными реологическими свойствами, затрудняющими их дальнейшее извлечение из пласта ввиду аномально большой вязкости и малоподвижности (Рассохин, 2008).

Образование водонефтяных систем (т.е. эмульсий) ставит определенные актуальные задачи, подлежащие скорому решению в области добычи, транспортировки и обработки в промысловых условиях. Обводненность нефти вызывает серьезные осложнения (более интенсивное осадкообразование, повышение температуры застывания нефти, увеличение ее вязкости и и т.д.) при добыче, сборе и подготовке нефти, а добываемые нефти по своим физико-химических свойствам, как правило, относятся к реологически сложным жидкостям, обладающим аномальными свойствами, что вызывает дополнительные затруднения при разработке нефтяных месторождений (Аметов и др., 1985; Касумов, 2000).

Исходя из вышеуказанного, следует, что для повышения эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти нуждаются в применении принципиально новых технологий разработки, учитывающих особенности извлечения запасов этих категорий. Структура существующих запасов нефти, текущее состояние разработки и доразработки месторождений требуют изучения и применения новых инновационных технологий воздействия на пласты, обеспечивающих дополнительное увеличение нефтеотдачи и возможность эффективного освоения трудноизвлекаемых запасов нефти.

Эффективность водонефтяных систем в различных процессах нефтедобычи в первую очередь связана с их способностью сохранять, восстанавливать и даже улучшать естественные коллекторские свойства, а также с широким диапазоном регулирования, что приводит к реотехнологии, которая представляет собой совокупность методов и способов организации технологических процессов добычи нефти и газа на основе использования и применения реофизических особенностей неньютоновских систем.

Постановка задачи. Проведение экспериментальных исследований по изучению возможности внутрипластового образования аномальных водонефтяных эмульсий и их применение для повышения коэффициента нефтеотдачи на основе реотехнологических особенностей водонефтяных систем.

Методика испытания. С целью проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях была собрана установка, схема которой приведена на рис.1. Установка состояла из следующих основных узлов: емкости для жидкости 1, компрессора 2, редуктора 3, микроредуктора 4, модели пласта 5, манометров 6, регулировочного вентиля для подачи вытесняющего агента 7, вентилей для отбора добываемой продукции 8, мерных емкостей 9 и соединительных узлов 10. С целью визуального наблюдения за процессом вытеснения нефти из пласта при площадном заводнении была изготовлена модель элемента пласта с пятиточечной системой расположения скважин из органического стекла, в центре которой расположена нагнетательная скважина, а вокруг нее – по углам четыре, имитирующие добывающие скважины.

Эксперименты проводились по следующей методике: прозрачную модель пласта размерами 25x25x5 см заполняли просеянным, промытым и прокаленным кварцевым песком фракции 0.2÷0.4 мм, уплотняли и насыщали водой. С целью предотвращения проскальзывания жидкости между стенками модели и пористой среды, на ее внутреннюю поверхность были нанесены линии из эпоксидной смолы.

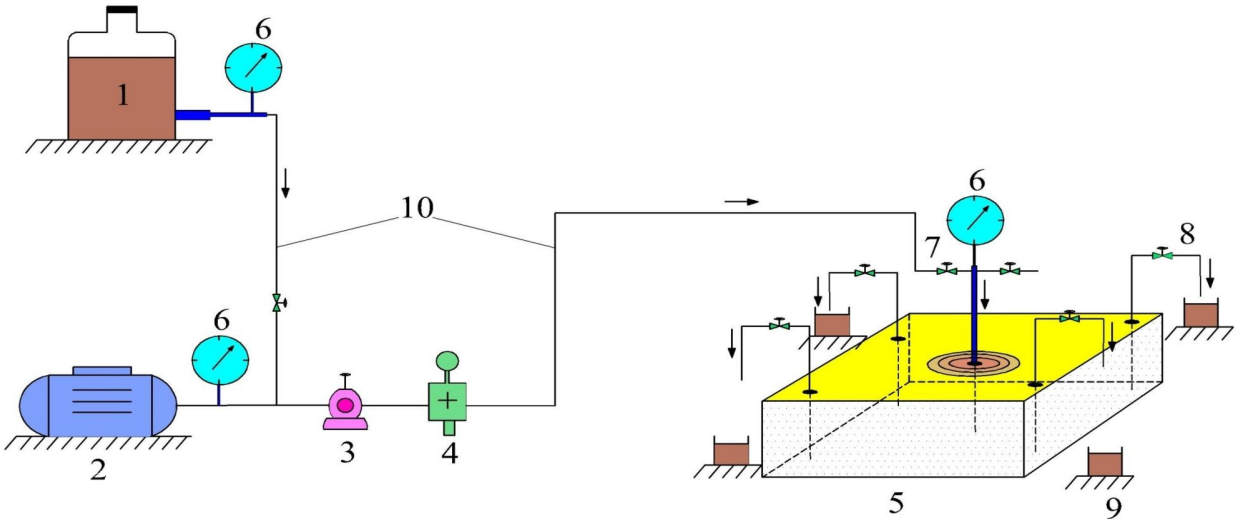


Рис. 1. Схема экспериментальной установки
1 – Емкость для жидкости; 2 – компрессор; 3 – редуктор ; 4 – микроредуктор; 5 – модель пласта; 6 – манометр; 7– регулировочный вентиль для подачи вытесняющего агента; 8 – вентиля для отбора добываемой продукции; 9 – мерные емкости; 10 – соединительные узлы.

Затем модель пласта вакуумировалась и насыщалась водой. В качестве жидкостей, насыщающих модель пласта, использовали пресную воду, а в качестве вытесняющих жидкостей – пресную воду и водонефтяную эмульсию, созданную на основе «добытой продукции», т.е. вытесненной из модели нефти. Закачка воды в модель пласта производилась при перепаде давления ΔP= 0,02 МПа и температуре 20^0С через нагнетательную скважину, а отбор продукции осуществлялся через четыре добывающие скважины. Учитывая обьем пор (≈1000 $см^3$) пористой среды модели, сочли возможным прекращать процесс закачки воды в количестве 3 объемов пор, т.е. $V_{вода}$= 3000 $см^3$. Определенная по формуле Маскета (1953) проницаемость по воде составила $к_в$= $25\cdot10^{-8}$ $см^2$. Пористость модели равнялась 33%. Окончив процесс насыщения пористой среды водой, перешли к насыщению ее нефтью. В качестве насыщающей жидкости была выбрана мурадханлинская нефть плотностью ρ=914 $кг/м^3$, первоначально содержащая 18% воды.

После проведенных расчетов определялась структурная вязкость данной нефти при 20^0С, она равна 153,1 мПа·с. Насыщение модели пласта нефтью производилось при перепаде давления ΔP= 0,04 МПа по вышеуказанной схеме и прекращалось после продавки 2 объемов пор, т.е. $V_{нефть}$= 2000 $см^3$, до появления чистой фильтрации нефти. Выявилось, что количество насыщенной в пласте нефти составило G=750 $см^3$, что указывает на 80% нефтенасыщенности и 20% водонасыщенности модели соответственно. Аналогично определенная по формуле Маскета эффективная проницаемость по нефти составила $к_{н1эф}$=$2{,}56\cdot10^{-8}$ $см^2$, что по сравнению с водой меньше почти в 10 раз.

Далее приступили к первичному вытеснению нефти пресной водой. С целью сокращения времени вытеснения закачка вытесняющей жидкости в модель производилась при температуре 20^0С и перепаде давления ΔP=0,08 МПа. В модель прокачивалось 2 объема пор воды, мерными емкостями замерялся объем вытесненной нефти, и вновь определялась проницаемость. После вытеснения нефти водой проницаемость модели оставалась низкой. Это указывает на тот факт, что в модели пласта остались отдельные зоны, неохваченные вытеснением, другими словами – застойные зоны. Визуально наблюдалось, что вода вытесняя нефть, обходит застойные зоны и целики. Коэффициент вытеснения нефти в безводный и водный периоды определяли как соотношение объема вытесненной нефти в соответствующие периоды к объему пор, насыщенных нефтью до начала процесса вытеснения, что составляло 35,3 % и 62,6 % соответственно. По ГОСТ 2477-65 было определе-

но содержание воды в вытесненной нефти, что составило 24%. По-видимому, в результате механического перемешивания и диспергирования нефть «набрала в себя» воду и обводнилось еще на 6 %. С увеличением содержания воды в нефти увеличилась ее плотность, составив ρ= 919 кг/м^3. Исходя из этого, было решено в дальнейшем следить за ходом обводненности добываемой продукции.

Поэтому на основе мурадханлинской нефти путем механического смешивания была изготовлена 50%-ная водонефтяная эмульсия, плотность которой составляла ρ=946 кг/м^3. Продавку свежеизготовленной эмульсии производили через нагнетающую скважину при перепаде давления ΔP= 0,1 МПа, после чего сразу же переходили на фильтрацию флюидов с помощью вторичного вытеснения остаточной нефти водой. Процесс фильтрации продолжали до прекращения выделения водонефтяной эмульсии, нефти и стабилизации перепада давления в модели. Вторичное вытеснение из модели пласта остаточной нефти водой показало, что проницаемость модели по нефти приблизилась к первоначальному значению и составила $к_{н2эф}$=2,49·10^{-8} см^2, что свидетельствует о более полном охвате. При этом дополнительное количество добытой нефти составило 11 %.

Определение процента обводненности вторично вытесненной нефти показало, что ее значение увеличилось еще на 5-6 %. Значит, благодаря эмульгированию несмешивающихся жидкостей «нефть-вода» друг в друге при определенных соотношениях фильтрующихся жидкостей – нефти и воды на некоторых участках в пористой среде может быть создана эмульсия. При этом новообразовавшаяся водонефтяная эмульсия имеет повышенную плотность (ρ= 953 кг/м^3), а содержание воды составляет β=57%, что приводит к высоким фильтрационным сопротивлениям на участках двухфазного течения и сказывается на колебании показаний манометра, установленного на модели пласта. Значит, в обводненной модели пласта, по-видимому, присутствует не только не вытесненная водой нефть, но и новообразовавшаяся водонефтяная эмульсия. Причем вязкость и соответственно фильтрационное сопротивление этих флюидов – нефти, воды и эмульсии – различные.

На основе полученных данных была построена зависимость коэффициента нефтеотдачи от объема прокачанной жидкости $\eta = f(\tilde{V})$, которая показана на рис.2.

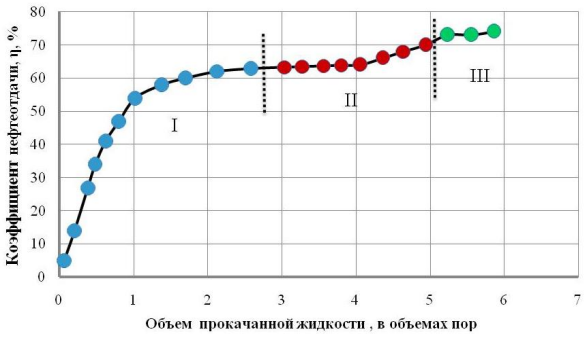


Рис. 2. Зависимость изменения коэффициента нефтеотдачи от обьема прокачанной жидкости (в объемах пор).
I зона – первичное вытеснение нефти водой
II зона – вытеснение нефти водонефтяной эмульсией
III зона – вторичное вытеснение остаточной нефти водой

Как видно из рисунка, график выделен на 3 условные зоны: I – первичное вытеснение нефти водой, II – вытеснение водонефтяной эмульсией, III – вторичное вытеснение остаточной нефти водой. Эксперименты показали, что закачка водонефтяной эмульсии приводит к увеличению значения η еще на 11%, что подтверждает эффективность примененной технологии.

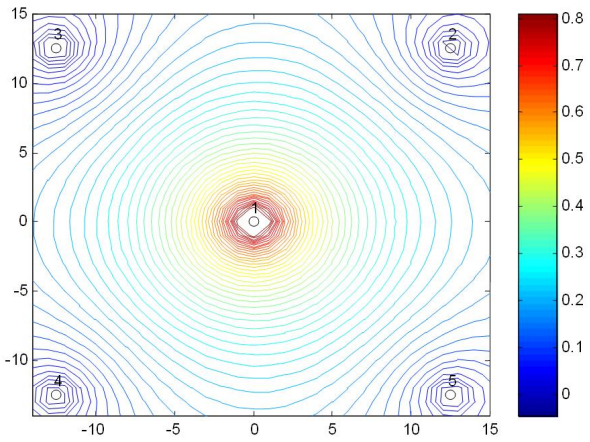
Для полной достоверности информации на основе полученных экспериментальных данных, согласно теории функций комплексной переменной, была рассмотрена возможность применения методики построения карт фильтрационных потоков жидкостей в однородных пористых средах с помощью электрических моделей, т.е. электроинтеграторов (Huseynova, 2009). Предполагалось, что фильтрационное поле рассматриваемой модели пласта характеризуется семейством линий эквипотенциалей F_1. С целью создания алгоритма расчета экспериментальные данные были обработаны специально созданной математической моделью (Ковалев, Житомирский, 1976), на основе которой были построены схемы эквипотенциальных линий при фильтрации по модели пласта для 3 аналогичных вышеуказанных случаев (1 – при первичном вытеснении нефти водой, 2 – при вытеснении водонефтяной эмульсией и 3 – при вторичном вы-

теснении нефти водой, т.е. после создания «водяного вала»), которые приведены на рис.3. В цветовой шкале каждый цвет характеризует конкретную зону. На картах выражены зоны суперактивной (красный), среднеактивной (желтый), активной (зеленый) и пассивной (синий) фильтрации флюидов. Есть зоны, у которых линии сильно разрежены – слабодренированные или совсем отсутствуют – застойные.

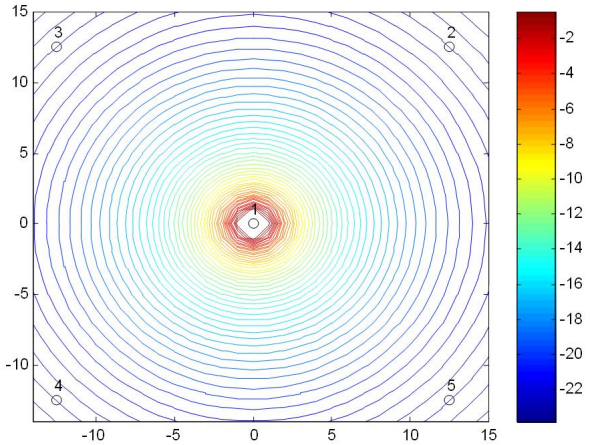
Как видно из рис.3б, при вытеснении нефти водонефтяной эмульсией, фронт выравнивается и охват модели пласта увеличивается. Различность показателей цветной шкалы в схемах косвенно свидетельствует о происходящих структурно-механических изменениях.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Оказалось, что вода, как и газ, может быть растворена или эмульгирована в нефти. Но, в отличие от газа, наличие воды в нефти после определенного его содержания может привести к аномальному увеличению вязкости нефти в пластовых условиях и малоподвижности, что и доказывает увеличение процента водонасыщенности после первого вытеснения нефти водой. Созданная на основе добытой продукции и оптимально выбранная водонефтяная эмульсия (50% – нефть + 50% – вода) после закачки в модель «набирает» в себя часть воды и доходит до насыщения, увеличивая вязкость по сравнению с нефтью, словно «жидкий поршень» выдавливает остаточную нефть, тем самым увеличивая охват пласта и количество дополнительной ее добычи. Поскольку внешней фазой таких эмульсий является углеводород, то эти эмульсии легко солюбилизируют остаточную нефть, создавая на фронте вытеснения зону с повышенным содержанием нефти, и перемещают ее к добывающим скважинам. Помимо этого, частично закупоривая наиболее проницаемые прослойки, они перераспределяют потоки нагнетаемой воды в прослои низкой проницаемости, вовлекая или повышая долю их участия в разработке. Некоторые компоненты эмульсионного состава, адсорбируясь на поверхности породы, гидрофобизируют ее, что снижает фазовую проницаемость воды в обводненных зонах коллектора, способствуя перераспределению нагнетаемого потока воды и соответственно ограничивая ее приток в добывающие скважины, создавая возможность селективной изоляции в пласте.

а) при первичном вытеснении нефти водой



б) при вытеснении остаточной нефти водонефтяной эмульсией



в) при вторичном вытеснении нефти водой (после создания водяного вала)

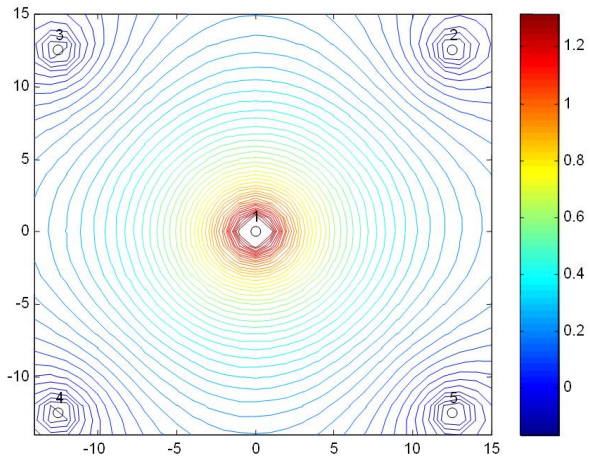


Рис. 3. Карты распределения эквипотенциальных линий при фильтрации жидкостей в пятиточечной модели пласта

Таким образом, создание технологий повышения нефтеотдачи пластов, обеспечивающих эффективную разработку трудноизвлекаемых, в том числе и остаточных запасов нефти, с применением водонефтяных систем является одним из перспективных направлений в нефтедобыче. Развитие этих технологий может идти по пути поиска эффективных систем композиционных эмульгаторов, обеспечивающих агрегативную и термическую стабильность, высокие реологические характеристики и тампонирующее действие получаемых в пласте эмульсий (Исмайылов, Сафаров, 2011; Исмайылов и др., 2011а; 2011б).

Заключение

На основе результатов проведенных экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы:

1) Выявлено, что вода, постепенно обводняя нефтяные залежи, при определенной степени обводненности продукции скважины может стать причиной образования водонефтяных эмульсий в пласте и тем самым привести к ухудшению условий разработки, вплоть до образования целиков нефти, застойных и слабодренированных зон, которые практически неподвижны в силу своих аномальных реологических свойств.
2) Установлено, что применение технологии комплексирования с водоэмульсионным воздействием с целью повышения эффективности заводнения залежей, особенно - продуцирующими высоковязкими неньютоновскими нефтями, позволяет регулировать и оптимизировать процесс разработки и доразработки, увеличивая охват пласта и коэффициент нефтевытеснения.
3) Определено, что смешение водонефтяной эмульсии с нефтью оказывает благоприятное действие на ее устойчивость, так как нефть не содержит гидрофильных групп.
4) Показано, что созданная на основе вытесненной нефти 50%-ная водонефтяная эмульсия легко вытесняет воду и остаточную нефть из пор модели, размеры которых превосходят размер частиц эмульсии.

ЛИТЕРАТУРА

АМЕТОВ, И.М., БАЙДИКОВ, Ю.Н., РУЗИН, Л.М., СПИРИДОНОВ, Ю.А. 1985. Добыча тяжелых и высоковязких нефтей. Недра. Москва. 205.

ВЛАДИМИРОВ, И.В., КАЗАКОВ, Е.Г., РАФИН, Р.Ф и др. 2004. О возможном механизме обводнения добывающих скважин, эксплуатирующих залежи вязкой и высоковязкой нефти. *Нефтепромысловое дело*, 6, 73-77.

ИСМАЙЫЛОВ, Г.Г., САФАРОВ, Н.М. 2011. Реотехнология гетерогенных систем и ее отражение в эффектах, проявляемых при нефтегазодобыче. *Изв. НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 4, 49-55.

ИСМАЙЫЛОВ, Г.Г., САФАРОВ, Н.М., ГУЛИЕВ, В.К., ГАСАНОВ, Х.И. 2011а. О возможности и причинах образования аномальных водонефтяных эмульсий в пласте. В материалах международной научно-исследовательской конференции *Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана.* Актау, 153-158.

ИСМАЙЫЛОВ, Г.Г., САФАРОВ, Н.М., КЕЛОВА, И.Н. 2011б. О новом подходе к структурно-реологическим свойствам водонефтяных эмульсий. *Вестник Азербайджанской инженерной академии*, 3, 2, 81-94.

КАСУМОВ, А.М. 2000. Повышение нефтеотдачи залежей с трудноизвлекаемыми запасами. Чашыоглы. Баку. 213.

КОВАЛЕВ, В.С., ЖИТОМИРСКИЙ, В.М. 1976. Прогноз разработки нефтяных месторождений и эффективность систем заводнения. Недра. Москва. 247.

МАСКЕТ, М. 1953. Физические основы технологии добычи нефти. Гостоптехиздат. Москва. 605.

МИРЗАДЖАНЗАДЕ, А.Х., КОВАЛЕВ, А.Г., ЗАЙЦЕВ, Ю.В. 1972. Особенности эксплуатации месторождений аномальных нефтей. Недра. Москва. 198.

МИХАЙЛОВ, Н.Н. 1992. Остаточное нефтенасыщение разрабатываемых пластов. Недра. Москва. 207.

РАССОХИН, А.С. 2008. Исследование эффективности управления реологией системы «нефть-вытесняющий агент» как средства повышения нефтеотдачи пласта. В сборнике тезисов докладов научно-практического семинара молодых специалистов и ученых филиала ООО «ВНИИГАЗ» – «Севернипигаз», посвященного 60-летию ВНИИГАЗа. Ухта, 20-23 мая, 31-33.

СУЛЕЙМАНОВ, Б.А. 2006. Особенности фильтрации гетерогенных систем. Институт компьютерных исследований. Москва. Ижевск. 356.

СУЛЕЙМАНОВ, Б.А., ПАНАХОВ, Г.М., АББАСОВ, Э.М. 1996. О влиянии образования эмульсии в пластовых условиях на работу нефтедобывающих скважин. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 5, 26-29.

СУРГУЧЕВ, М.Л., ГОРБУНОВ, А.Т., ЗАБРОДИН, Ф.П. и др. 1991. Методы извлечения остаточной нефти. Недра. Москва. 347.

HUSEYNOVA, N. 2009. About the difficulties at modeling hydrodynamic of the oil stratum. Proseedings of the 5-th Baku International Congress *Energy, Ecology, Economy.* Baku, 23-25 sept., 375-379.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Г.И.Джалалов

© Р.О.Баямирова, А.Р.Тогашева, 2012

ОБЕССОЛИВАНИЕ КАРАЧАГАНАКСКОЙ НЕФТЕКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ

Р.О.Баямирова[1], А.Р.Тогашева[2]

1 – *Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш.Есенова 130003, Республика Казахстан, г.Актау, 32 микрорайон*

2 – *Институт нефти и газа*

В результате анализов установлено, что выходные параметры нефти при двухступенчатом обессоливании находятся в соответствии с установленными нормами, однако в то же время требуют создания циркуляции дренажной воды и увеличения подачи пресной воды в систему до 5 %, которую в последующем необходимо очищать.

Введение

В настоящее время наиболее широко известны два механизма обессоливания нефтей, основывающиеся на том, что весь солевой потенциал сосредоточен в каплях пластовой соленой воды.

Согласно теории вытеснения (Гумеров и др., 2006; Тронов, 1977), выравнивание концентраций солей в каплях воды не является обязательным и даже при равновероятном удалении из смеси капель воды всех соленостей. При таком допущении решающее значение отводится числу ступеней обессоливания. По механизму идеального смешения (Логинов, 1979), глубина обессоливания может быть рассчитана из содержания остаточной воды в нефти, а соленость самих капель в идеале одинакова.

Первая модель обессоливания осуществима при условии равенства факторов осаждения пластовой воды – носителя солей и капель вводимой промывочной воды. Второй механизм требует длительного перемешивания системы, необходимого для коалесценции капель воды разной солености до полного (или заданного) выравнивания концентраций. Это связано с замедлением скорости капельного массообмена в ходе процесса перемешивания по уравнению (Логинов, 1984):

$$t_m = 0{,}98\left(\rho / A\right)^{0{,}5} \lambda_o \overline{v}\left(0\right)^{0{,}5} / m_1, \qquad (1)$$

где t_m – время укрупнения капель дисперсной системы в «е» раз; ρ – плотность внешней фазы; λ_o – внутренний масштаб турбулентности; $\overline{v}\left(0\right)$ – начальный объем капель внутренней фазы дисперсной системы; m_1 – концентрация дисперсной фазы; A – константа молекулярного взаимодействия.

Согласно расчетам автора, при укрупнении капель на порядок скорость этого процесса уменьшается в 30 раз. Практически в процессе обессоливания принимают участие элементы обоих механизмов, в частности, первого – при электродеэмульсации в дегидраторе и второго – при движении нефти с введенной промывочной водой в коммуникациях ЭЛОУ (электрообессоливающая установка).

Постановка задачи

Учитывая изложенное, предлагается выполнять оценку эффективности работы обессоливающей ступени следующим образом:

Принимаем, что обессоливание происходит при взаимодействии всех капель дисперсионной системы, причем при отстое или электродегидрации все крупные капли покинут аппарат в виде дренажной воды. Количество нескоалесцировавших частиц n объемом w к моменту времени t согласно (Логинов, 1979) можно выразить в виде:

$$n\left(w,t\right) = n\left(w,o\right)\exp\left\{-B\int_0^t S\left(t\right)dt\right\}, \qquad (2)$$

где $S(t)$ – величина межфазной поверхности в момент времени t; $n(w,o)$ – количество частиц объемом w в начальный момент перемеши-

вания; B – постоянная перемешивания

$$B = \frac{2}{3}\left(\frac{A \cdot \varepsilon_o}{\nu^2 \cdot \rho}\right)^{1/3}. \quad (3)$$

Рассмотрим трехступенчатую схему установки обессоливания (рис.1). Используя закон сохранения массы, записывается уравнение для процесса обессоливания. Для первой ступени уравнение имеет вид:

$$w_{вх1} \cdot C_{вх1} + w_{д2} \cdot C_{д2} = w'_{д1} \cdot C_{д1} + w_{вх2} \cdot C_{вх1}, \quad (4)$$

$$w_{вх1} + w_{д2} + w_{пр} = w'_{д1} + w_{вх2}. \quad (5)$$

Аналогично для второй и третьей ступеней запишется:

$$w_{вх2} \cdot C_{вх2} + w_{д3} \cdot C_{д3} = w_{д2} \cdot C_{д2} + w'_{д2\cdot} \cdot C_{д2} + w_{вх3} \cdot C_{вх} \quad (6)$$

$$w_{вх2} + w_{д3} + w_{пр} = w'_{д1} + w_{д1} + w_{вх2} \quad (7)$$

$$w_{вх3} \cdot C_{вх3} = w_{д3} \cdot C_{д3} = w'_{д3} \cdot C_{д3} + w_{вых} \cdot C_{вых} \quad (8)$$

$$w_{вх3} + w_{пр} = w_{д3} = w'_{д3} + w_{вых}. \quad (9)$$

Здесь $w_{вх1}$, $w_{вх2}$, $w_{вх3}$ – количество воды в водонефтяной эмульсии на входе в первую, во вторую и в третью ступени соответственно; $w_{пр}$ – количество подаваемой пресной воды; $w_{д2}$, $w_{д3}$ – количество дренажной воды, которая используется в качестве промывочной и подается соответственно в первую и во вторую ступени; $w'_{д1}$, $w'_{д2}$ и $w'_{д3}$ – количество сливаемой дренажной воды из 1, 2 и 3 ступеней соответственно; $w_{вых}$ – количество воды в водонефтяной эмульсии на выходе после 3 ступени; $C_{вх1}, C_{вх2}, C_{вх3}$ – удельное количество солей в нефти на входе соответственно в 1, 2 и в 3 ступени; $C_{вых}$ – удельное количество солей на нефть на выходе из 3 ступени; $C_{д1}, C_{д2}, C_{д3}$ – удельное количество солей в нефти в дренажной воде.

Окончательные формулы для вычисления количества остаточной воды и удельное количество солей после каждой ступени, полученные с использованием уравнений (2) и (4)-(9) имеют вид:

$$w_{вх2} = \left[w_{вх1} + \left(w + w_{пр}\right) \cdot \kappa_1\right] \cdot \sigma, \quad (10)$$

$$w_{вх3} = \left[w_{вх2} + \left(w + w_{пр}\right) \cdot \kappa_1\right] \cdot \sigma, \quad (11)$$

$$w_{вых} = \left[w_{вх3} + w \cdot \kappa_1\right] \cdot \sigma, \quad (12)$$

где κ_1 – доля образовавшихся капель воды

$$\sigma = exp\left[-B\int_j^t S(t)dt\right], \quad (13)$$

$$C_{вх3} = w_{вх1} \cdot C_{вх1} / A,$$

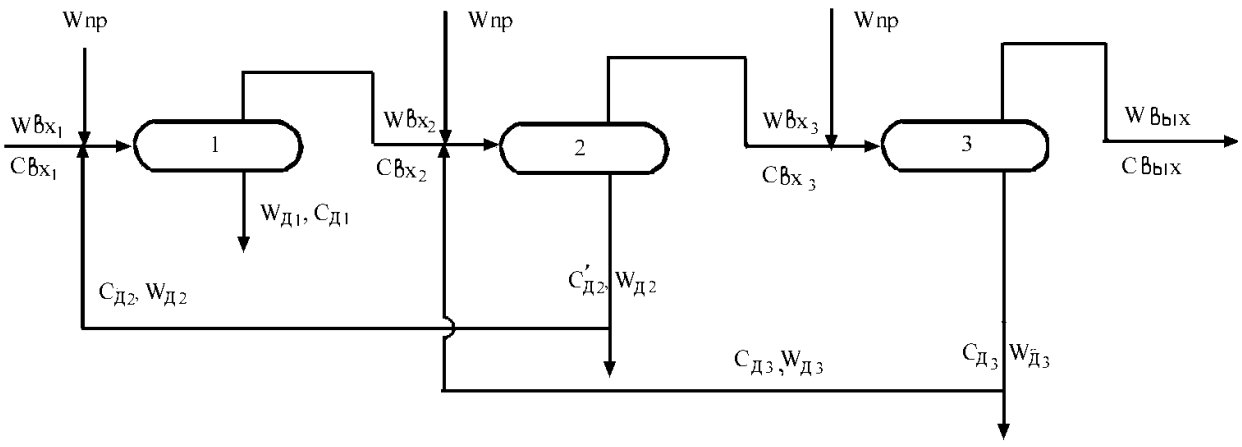


Рис. 1. Схема основных потоков блока подготовки нефти

где

$$A=\left[\frac{w_{вх1}+\kappa_1\left(w+w_{пр}\right)}{w_{вх2}}-\frac{\alpha_1\cdot\kappa_1\cdot w}{\alpha_1 w_{вх2}+\alpha_2\left(w+w_{пр}\right)}\right]\times$$

$$\times\left[w_{вх2}+\kappa_1\cdot w_{пр}+\frac{\alpha_2\cdot\kappa_1\cdot w_{пр}}{\alpha_1 w_{вх3}+\alpha_2 w_{пр}}\right]-$$

$$-\frac{\alpha_2\cdot\kappa_1\cdot w^2}{\alpha_1 w_{вх2}+\alpha_2\left(w+w_{пр}\right)}\cdot\frac{\alpha_2\cdot\cdot w_{вх3}}{\alpha_1 w_{вх3}+\alpha_2 w_{пр}}$$

$$C_{вх2}=\frac{C_{вх3}}{w_{вх2}}\left[w_{вх2}+\kappa_1 w_{пр}+\frac{\kappa_1\cdot\alpha_2\cdot w\cdot w_{пр}}{\alpha_1\cdot w_{вх3}+\alpha_2\cdot w_{пр}}\right],\quad(14)$$

$$C_{вых}=C_{вх3}\cdot w_{вх3}/\left(w_{вх3}+\kappa_1\cdot w_{пр}\right),\quad(15)$$

где κ_2 – доля образовавшихся крупных капель;

$$\alpha_1=1-\sigma\ ;\ \alpha_2=\kappa_2+\kappa_1\cdot\alpha_1\ .$$

С помощью этих формул по различным входным параметрам были вычислены выходные параметры. Их значения приведены в таблице 1.

При вычислениях брались постоянными количество входящей пластовой воды ($w_{вх}$ = =0,5%) и концентрация солей в пластовой воде ($C_{вх}$ = 500 мг/л). Параметр В был определен после обработки данных промышленных обессоливающих установок (Зарипов и др., 1976; Мансуров и др., 1993). Из данных расчета следует, что кондиция товарной нефти по солям достигается при вводе в систему не менее 3 % пресной воды на каждую ступень и трехступенчатой схеме обессоливания.

Рассматривается процесс обессоливания для случая, когда количество ступеней уменьшается до двух, но усложняется процесс за счет изменения схемы подачи промывочной воды. Схема установки для этого случая приведена на рис. 2.

Таблица 1

Выходные параметры процесса трехступенчатого обессоливания нефти

$w_{пр,}$ % на нефть	$w_{д,}$ % на нефть	$w_{вых,}$ %	$C_{вых}$, мг/л	$C_{др}$, мг/л
1	2	0,19	141	5180
2	4	0,17	33	600
3	6	0,10	6,4	160

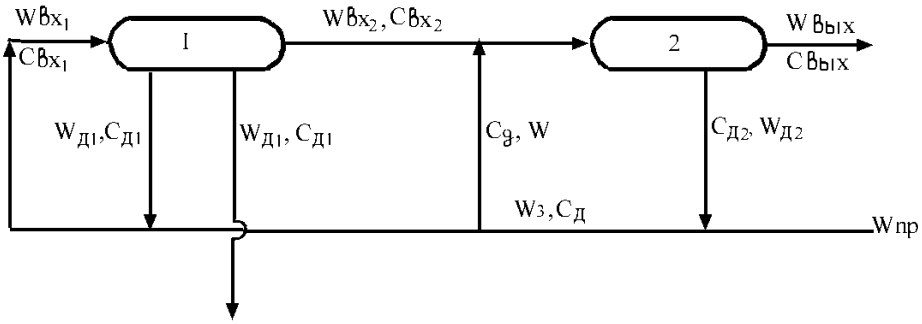


Рис. 2. Схема основных потоков ступени обессоливания

Записав уравнение материального баланса для каждой ступени, получим систему уравнений для i – го цикла

$$\begin{aligned} &C_{вх1}\cdot w_{вх1}+C_{д1}^{i-1}\cdot w_{д1}+C_{д}^{i-1}\cdot w_3= \\ &\quad =C_{вх2}\cdot w_{вх2}+C_{д1}^{i}\left(w_{д1}+w_{д1}^{1}\right) \\ &C_{вх2}\cdot w_{вх2}+C_{д}^{i-1}\cdot w+= \\ &\quad =C_{вых}\cdot w_{вых}+C_{д2}^{i}\cdot w_{д2} \end{aligned} \tag{16}$$

Здесь $w_{д1}$ – количество дренажной воды 1 аппарата, возвращаемой обратно в 1 аппарат; $w_{д2}$ – количество дренажной воды 2 аппарата; w, w_3 – количество промывочной воды, подаваемой соответственно в 1 и 2 аппараты; $C_{д}^{i}$ – концентрация солей в воде, образованной после смешения пресной и дренажной воды 2 аппарата после i-го цикла.

Легко можно доказать, что при некотором $i = n$ параметры $C_{д}^{i}, C_{д1}^{i}, C_{д2}^{i}$ выйдут на стационарные значения. Для определенности обозначим

$$\lim C_{д}^{i}=C_{д},\ \lim C_{д1}^{i}=C_{д1},\ \lim C_{д2}^{i}=C_{д2}$$

и перепишем систему уравнений (16) в виде

$$\begin{aligned} &C_{вх1}\cdot w_{вх1}+C_{д1}\cdot w_{д1}+C_{д}\cdot w_3= \\ &\quad =C_{вх2}\cdot w_{вх2}+C_{д1}\left(w_{д1}+w_{д1}^{1}\right), \\ &C_{вх2}\cdot w_{вх2}+C_{д}\cdot w+= \\ &\quad =C_{вых}\cdot w_{вых}+C_{д2}\cdot w_{д2}. \end{aligned} \tag{17}$$

Учитывая, что $C_д = C_{д2}\cdot w_{д2}/(w_{пр} + w)$, после некоторых сокращений система уравнений (17) запишется в виде:

$$\begin{aligned} &C_{вх1}w_{вх1}+C_{д2}\frac{w_{д2}\cdot w_3}{w_{пр}+w}=C_{вх2}w_{вх2}+C_{д1}w'_{д1}, \\ &C_{вх2}w_{вх2}+C_{д2}\frac{w_{д2}\cdot w}{w_{пр}+w}=C_{вых}w_{вых}+C_{д2}w'_{д2}. \end{aligned} \tag{18}$$

Используя формулу (2), найдем $C_{вх2}w_{вх2}$ и $C_{вых}w_{вых}$

$$C_{вх2}\cdot w_{вх2}=\left[\begin{matrix} C_{вх1}\cdot w_{вх1}+ \\ \left(C_{д1}\cdot w_{д1}+C_{д}\cdot w_3\right)\cdot\kappa_1 \end{matrix}\right], \tag{19}$$

$$C_{вых}\cdot w_{вых}=\left(C_{вх2}\cdot w_{вх2}+C_{д}\cdot w\cdot\kappa_1\right)\cdot\sigma. \tag{20}$$

Подставляя (19) и (20) в (18) получаем:

$$\begin{aligned} &C_{вх1}\cdot w_{вх1}(1-\sigma)+C_{д2}\frac{w_{д2}\cdot w_3}{w_{пр}\cdot w}(1-\kappa_1\sigma)- \\ &-C_{д1}\left(w_{д1}\cdot\kappa_1\cdot\sigma+w'_{д1}\right)=0, \\ &C_{вх1}\cdot w_{вх1}(1-\sigma)\sigma+C_{д1}\cdot\kappa_1(1-\sigma)\sigma-C_{д2}w_{д2}+ \\ &+\frac{C_{д2}\cdot w_{д2}}{w_{пр}+w}\left[w_3\cdot\kappa_1\cdot\sigma(1-\sigma)+w(1-\kappa_1\cdot\sigma^2)\right]=0. \end{aligned} \tag{21}$$

Из уравнений (19) и (20) можно найти $C_{вх2}$ и $C_{вых}$.

$$\begin{aligned} C_{вх2}&=C_{вх1}\frac{w_{вх1}}{w_{вх2}}\sigma+ \\ &+\left(C_{д1}\cdot w_{д1}+C_{д2}\frac{w_{д2}\cdot w_3}{w_{пр}\cdot w}\right)\frac{\kappa_1\cdot\sigma}{w_{вх2}}, \end{aligned} \tag{22}$$

$$\begin{aligned} C_{вых}&=C_{вх2}\frac{w_{вх2}}{w_{вых}}\sigma+ \\ &+C_{д2}\frac{w_{д2}\cdot w}{w_{пр}\cdot w}\cdot\frac{\kappa_1\cdot\sigma}{w_{вх2}}, \end{aligned} \tag{23}$$

где

$$w_{вх}=\left[w_{вх1}+\left(w_{д1}+w_3\right)\cdot\kappa_1\right]\cdot\sigma;$$

$$w_{вых}=(w_{вх2}+w\cdot k_1)\cdot\sigma.$$

При следующих значениях параметров $w_{вх1}$ = 0,5 %, $C_{вх1}$ = 500 мг/л, $w_{пр}$=15 %, $w_{д1}$= =10% и κ_2 = 0,2 было получено $C_{вых}$ =9,1 мг/л и $w_{вых}$ =0,1 %.

Таким образом, выходные параметры нефти при двухступенчатом обессоливании близко соответствуют установленным нормам, но требуют создания циркуляции дренажной воды и увеличения подачи пресной воды в систему до 5 %, которую в последующем необходимо очищать.

Заключение

Для обеспечения оптимальной кондиции по обессоливанию нефти с некоторым технологическим запасом качества продукта необходимо применять двухступенчатое обессоливание. Наибольшая глубина обессолива-

ния достигается при циркуляции на каждой ступени 15 % собственной воды; температура процесса должна быть не ниже 70…-75 ^{o}C; необходимая полнота разделения эмульсии требует применения интенсифицирующих факторов, таких как электрическое поле, добавка к промывочной воде ингибитора солеотложения.

ЛИТЕРАТУРА

ГУМЕРОВ, А.Г., КАРАМЫШЕВ, В.Г., ТОГАШЕВА, А.Р., БЕКБАУЛИЕВА, А.А. 2006. Подготовка нефти в процессах обезвоживания и обессоливания. В кн.: *Проблемы сбора, подготовки нефти и нефтепродуктов*. Транстэк, Уфа, 7-12.

ЗАРИПОВ, А.Г., ФАТТАХОВ, К.Н., ЧУРИН, В.Н., ПОЗДНЫШЕВ, Г.Н., ПЕЛЕВИН, Л.А. 1976. Пути совершенствования блочного оборудования для подготовки нефти. В трудах ВНИИСПТнефть: *Сбор, подготовка и транспорт нефти и воды*. Уфа, 21-26.

ЛОГИНОВ, В.И. 1979. Обезвоживание и обессоливание нефтей. Химия. Москва. 216.

ЛОГИНОВ, В.И. 1984. Теоретические основы и оптимизация процессов обезвоживания и обессоливания нефти. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва. 44.

МАНСУРОВ, Р.И., ВЫГОВСКОЙ, В.П., ИЛЬЯСОВА, Е.З. 1993.Формирование межфазных пленок водонефтяных эмульсий в электрическом поле. В трудах ИПТЭР: *Эксплуатация нефтепромыслового оборудования и трубопроводов*, 38-43.

ТРОНОВ, В.П. 1977. Промысловая подготовка нефти. Недра. Москва. 271.

Рецензент: д.г.-м.н., проф. Ф.Р.Бабаев

ГЕОГРАФИЯ

© Q.İ.Rüstəmov, E.S.Sultanov, A.M.Rüstəmova, 2012

BÖYÜK QAFQAZIN ŞİMAL-ŞƏRQ YAMACI LANDŞAFTLARININ GEOKİMYƏVİ ŞƏRAİTİNİN EKOLOJİ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Q.İ. Rüstəmov[1], E.S. Sultanov[2], A.M. Rüstəmova[1]

1 – Azərbaycan MEA akad. H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H. Cavid prosp., 31

2 – Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi
AZ1073, Bakı, B. Ağayev küç., 100A

Tədqiqat işində Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacları üçün səciyyəvi olan biogeokimyəvi cəhətdən daha fəal makro- və mikroelementlərin miqrasiyası və konsentrasiyasının ümumi qanunauyğunluqları əsasında müxtəlif hündürlük qurşaqları üzrə yayılmış landşaft tiplərinin geokimyəvi xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Bununla yanaşı, ərazinin geokimyəvi şəraitnnin ətraf mühitə, burada yaşayan canlılara və xüsusən də insan sağlamlığına təsiri araşdırılaraq mövcud landşaftların geokimyəvi şəraiti ekoloji baxımdan qiymətləndirilmişdir. Eləcə də müxtəlif landşaft tiplərində daha çox yayılan xəstəliklər, xüsusilə mikroelementlərin anomal konsentrasiyasının təsirindən yaranan xəstəliklər və onların yayılma dərəcəsi müəyyənləşdirilmişdir. Tədqiqatın yekun nəticəsi olaraq "Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı landşaftlarının tibbi-ekogeokimyəvi xəritə-sxemi" tərtib edilmişdir.

Mövzunun aktuallığı. Tədqiq etdiyimiz ərazi Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında mütləq yüksəkliyi 4466 m olan Bazardüzü zirvəsindən Xəzər dənizi sahillərində okean səviyyəsindən 27 m aşağıda yerləşən, şimal-qərbdən cənub-şərqə doğru böyük məsafədə uzanan geniş sahələri əhatə edir.

Özünəməxsus geoloji quruluşa, relyef və iqlim xüsusiyyətlərinə malik olan Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacının və onun ayrı-ayrı hissələrinin landşaftları çoxsaylı mütəxəssislər, xüsusən landşaftşünaslar N.K. Kərəmov, D.A. Lilienberq, M.A.Süleymanov, B.Ə.Budaqov, X.İ.Ömərova, F.N.Hüseynova, A.A. Mikayılov, eləcə də B.Ə.Budaqov (1973, 1998), Kuçinskaya (2003, 2011), Budaqov və b., (2000, 2009, 2010), M.A.Museyibov (2003) tərəfindən müxtəlif aspektlərdə tədqiq edilsə də, ərazinin geokimyəvi şəraiti və bu şəraitin mövcud landşaft komplekslərində geniş yayılmış canlıların, eləcə də insanların sağlamlığına təsiri yaxşı öyrənilməmişdir.

Regionda kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrinin sürətli inkişafı və gələcək inkişaf perspektivləri ərazidə geokimyəvi şəraitin, landşaftların geokimyasının ətraf mühitə təsirinin, müxtəlif birləşmələr şəklində bitkilərdə, torpaqda, təbii sularda toplanan kimyəvi elementlərin geokimyəvi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi məsələlərinin aktuallığını daha da artırır. Ona görə də tədqiqatın əsas məqsədi Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacları üçün səciyyəvi olan biogeokimyəvi cəhətdən daha fəal makro- və mikroelementlərin miqrasiyası və konsentrasiyasının ümumi qanunauyğunluqları əsasında müxtəlif hündürlük qurşaqları üzrə yayılmış landşaft tiplərinin geokimyəvi xüsusiyyətlərini aşkar etmək, geokimyəvi şəraitin ətraf mühitə, burada yaşayan canlılara və xüsusən də insan sağlamlığına təsirini araşdırmaq, bir sözlə, tədqiq etdiyimiz ərazidəki landşaftların geokimyəvi şəraitinin ekoloji baxımdan qiymətləndirilməsindən ibarətdir.

Tədqiqatın məzmunu. Çöl tədqiqatları zamanı Böyük Qafqazın şimal-şərq yamaclarındakı ayrı-ayrı landşaft tipləri üçün xarakterik olan yerlərdən götürülmüş müxtəlif süxur, torpaq, bitki və su nümunələri laboratoriya şəraitində həm kimyəvi, həm də spektral analiz yolu ilə tədqiq edilmiş, landşaft komponentlərinin əlaqəli və müqayisəli analizi metodu ilə müxtəlif bioloji iqlim xüsusiyyətlərinə məxsus

olan ərazilərdə kimyəvi elementlərin miqrasiyası və konsentrasiyasının qanunauyğunluqları aşkara çıxarılmışdır.

Torpaq kəsimləri üzrə bütün genetik qatlardan kimyəvi analizlər üçün torpaq nümunələri, ana süxurların götürülməsi mümkün olan yerlərdən isə həm də süxur nümunələri götürülmüşdür. Kəsimlərin torpaq nümunələri ümumi qayda əsasında hər bir genetik qatın orta hissəsindən götürülmüş, onların dərinliyi və nümunələrin miqdarı konkret ərazilərdəki torpaq qatının xarakterinə uygun olaraq müəyyənləsdirilmişdir. Toplanmış süxur, torpaq və bitki nümunələri ilə yanaşı, ərazidəki təbii su hövzələrindən su nümunələri, subasarlardan dib çöküntüləri və lilli gətirmələr də götürülmüş və tədqiq edilmişdir.

Torpaq nümunələri çini, süxur nümunələri isə çuqun həvəngdə döyülmüş, diametri 1 mm olan ələkdən kecirilmişdir. Kimyəvi və spektral analizlər üçün hazırlanmış bu materiallar xüsusi kagızdan düzəldilmiş zərflərdə analizlər aparılana qədər saxlanılmışdır.

Qeyd edildiyi kimi, kəsimlərin qoyuldugu ərazilərdən bitki nümunələri də götürülmüşdür. Bu nümunələr əvvəlcə açıq havada qurudulmuş, sonra onların yarpaqları və zoğları xromlanmış əl qayçısı ilə doğranmış, nəhayət 450-500^{0}C tempratur şəraitində yandırılaraq spektral analizlərin aparılması üçün kül halına salınmışdır.

Torpaq, süxur, bitki və su nümunələrinin kimyəvi analizləri Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Cografiya İnstitutunun "Landşaftşünaslıq və landşaft planlaşdırılması" şöbəsinin laboratoriyasında aparılmış analizlər zamanı

1) torpaq, süxur və su nümunələrinin mühiti (pH),

2) torpağın hiqroskopik nəmliyi,

3) torpaqda üzvi karbonun və ümumi humusun miqdarı,

4) tamhəcmli su çəkimi analizi ilə torpağın altıkomponentli tərkibi (HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^++K^+) müəyyən edilmişdir.

Torpaqda üzvi karbonun və humusun faizlə miqdarı İ.V.Tyurin metodu ilə müəyyənləşdirilmiş, müxtəlif landşaft komponentlərinin (süxur, torpaq və su nümunələrinin) mühiti "OP-201/2" tipli pH-metrlə təyin edilmişdir.

Bütün torpaq, süxur, bitki, dib çöküntüləri və su nümunələrinin buxarlandırılması yolu ilə əldə edilmiş quru qalıq nümunələri miqdarı və yarım-miqdarı spektral analiz metodu ilə 0,0001-ə qədər dəqiqliklə Moskvada - Nadir Elementlərin Mineralogiyası, Geokimyası və Kristallokimyası İnstitutunun Mərkəzi Geokimyəvi Ekspedisiyasının (ИМГРЕ) laboratoriyasında və Bakıda Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi, Milli Geoloji Kəşfiyyat Xidmətinin Geoloji Sahələrarası Kompleks Tədqiqatlar Mərkəzində tədqiq edilmişdir.

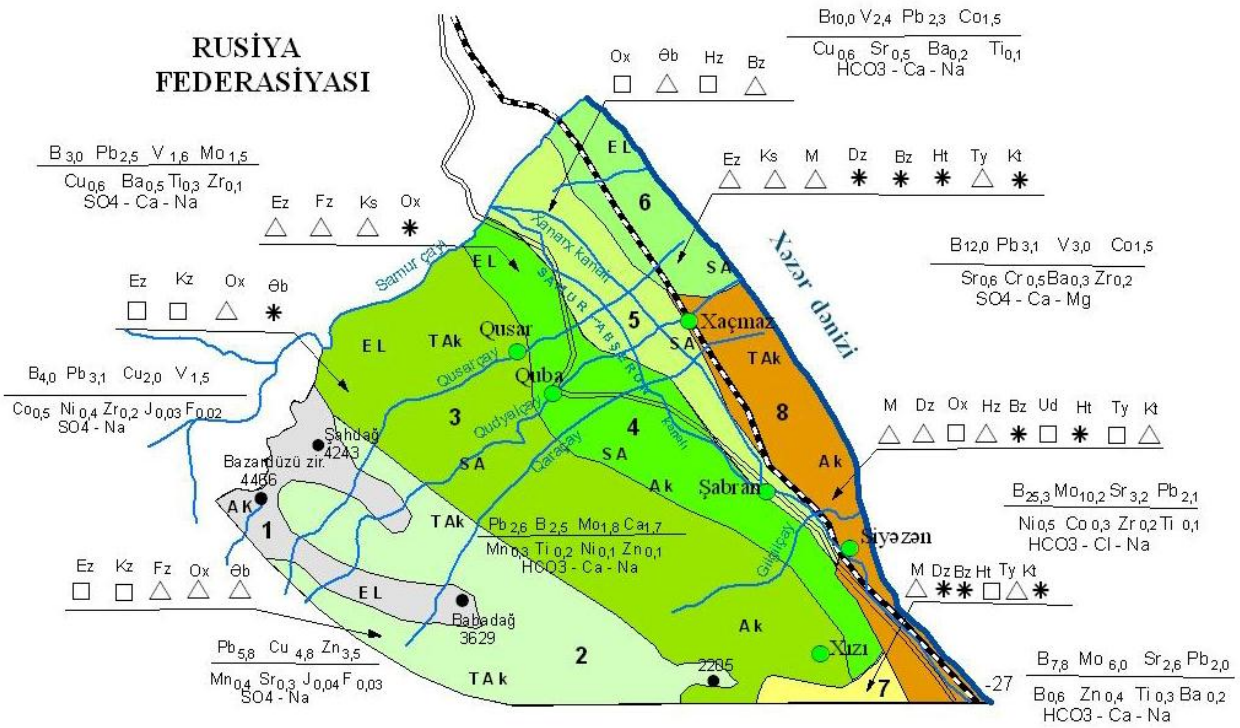
Müəyyən edilmişdir ki, Na, Ca, Cl, S kimi fəal biogeokimyəvi makroelementlər, Cu, Zn, Pb, As, Hg, V, Ni, Mo, Sr, Cr, Ti, Ba, Mn, Co kimi mikroelementlər Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacları üçün daha səciyyəvidir. Bu kimyəvi elementlərdən Na, Ca, S, Cl, Cu, Pb, V, B ərazinin landşaftları üçün tipomorf olub biogeokimyəvi cəhətdən daha mütəhərrikdirlər. Landşaft komponentlərində bu elementlərin orta miqdarı onların Yer qabığındakı orta miqdarına – klarkına nisbətən xeyli çoxdur və onlar landşaftda daha intensiv miqrasiya olunurlar.

Araşdırmalar nəticəsində Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı landşaftlarında miqdarı normadan xeyli az olan F, J, Sr, Co, Mn, Ni, Cr, Ti və s. kimi mikroelementlərin, eləcə də miqdarı həddindən artıq olan Cu, Zn, Pb, B, Mo, V və s. kimi mikroelementlərin mövcud olduğu anomal sahələr aşkar edilmişdir.

Landşaftda miqdarı normadan xeyli çox olan kimyəvi elementlərin landşaft komponentlərinə daxil olmasının təbii (ana süxurlar, atmosfer çöküntüləri, minerallaşmış qrunt suları və s.) və antropogen (müxtəlif gübrələr, zəhərli kimyəvi dərmanlar, avtonəqliyyat, neft-mədən tullantıları və s.) mənbələri müəyyənləşdirilmişdir.

Tədqiqatlarımızın yekun nəticəsi olaraq ərazidə miqdarı normadan çox və əksinə, həddindən az, lakin biokimyəvi cəhətdən əhəmiyyəti böyük olan elementlərin yayıldığı sahələri özündə əks etdirən "Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı landşaftlarının tibbi-ekogeokimyəvi xəritə-sxemi" tərtib edilmişdir ki, bundan da ərazinin landşaftlarının ekoloji cəhətdən qiymətləndirilməsində və ətraf mühitin çirklənmədən mühafizə edilməsi işində istifadə edilə bilinər (1-ci şəkil).

Bu xəritə-sxemin hazırlanmasında respublikamizda ilk dəfə nəşr edilən "Ekoloji atlas"a daxil edilmiş Azərbaycan Respublikasının "Tibbi-ekogeokimyəvi landşaft xəritəsi"ndən (Budaqov və b., 2009-2010) elmi-metodiki əsas kimi istifadə olunmuşdur.



1-ci şəkil. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı landşaftlarının tibbi-ekogeokimyəvi xəritə-sxemi

Landşaft əmələgətirən amillərin, eləcə də H, O, C və N kimi əsas hava miqrantlarının bioloji dövranının xüsusiyyətlərinin təsiri altında Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında nival-subnival, yüksək dağ-çəmən (alp və subalp çəmənlikəri), dağ-meşə, çöl və yarımsəhra landşaftları formalaşmışdır.

Öyrəndiyimiz ərazidəki landşaftların geokimyəvi şəraitinin ekoloji cəhətdən qiymətləndirilməsi məqsədi ilə ayrı-ayrı landşaft qurşaqlarında mövcud geokimyəvi şəraitin insan sağlamlığına təsiri araşdırılmış, müxtəlif landşaft tipləri üçün daha çox səciyyəvi olan xəstəliklər, xüsusilə mikroelementlərin anomal konsentrasiyasının təsirindən yaranan xəstəliklər və onların yayılma dərəcəsi müəyyənləşdirilmişdir.

Xəstəliklərin yayılma dərəcəsini müəyyən etmək üçün ilkin material və faktiki göstərici kimi, Səhiyyə Nazirliyi sistemi üzrə ilk dəfə qoyulmuş diaqnozla qeydə alınmış xəstələrin sayı olsa da, xəstəliklərin beynəlxalq təsnifatına (XBT) və ayrı-ayrı xəstəliklərin lokalizasiyalar üzrə bölgüsünə görə ən mühüm göstərici kimi isə əhalinin hər 10.000 nəfərinə düşən xəstəliklərin sayı əsas götürülür. Hər 10.000 nəfərə düşən xəstəliklərin sayı 100-ə qədər olduqda xəstəlik **az yayılmış**, 200-ə qədər olduqda – **geniş yayılmış**, 200-dən çox olduqda – **çox geniş yayılmış** hesab edilir. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında yerləşən rayonlar üzrə əhali arasında daha çox müşahidə edilən xəstəliklər və əhalinin hər 10.000 nəfərinə düşən xəstəliklərin sayı haqqında faktiki göstəricilər aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsinin 2010-cu il üçün rəsmi statsitik məlumatları əsasında tərtib edilmiş cədvəldən göründüyü kimi, bütövlükdə qeyd olunan ərazidə əhalinin hər 10.000 nəfərinə düşən onkoloji xəstəliklərin (Ox) sayı Siyəzən rayonunda - 5, Quba rayonunda - 12 nəfər arasında dəyişdiyindən bu xəstəlik tədqiq edilən ərazi üçün **az yayılmış**, əsəb sistemi xəstəlikləri Siyəzən (77) və Şabran (45) rayonlarında **az yayılmış**, Qusar (148) və Xaçmaz (115) rayonlarında **geniş**, Quba (217) və Xızı (254) rayonlarında **çox geniş yayılmış** xəstəliklərdir.

Həzm sistemi (Hz) xəstəlikləri Şabran (31), Siyəzən (38) və Xızı (80) rayonlarında **az yayılmış**, Xaçmazda (121) **geniş**, Quba (387) və Qusar (202) rayonlarında isə **çox geniş yayılmış** xəstəliklər hesab edilir.

Cədvəldəki göstəricilərə görə, Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacındakı bütün landşaft

tiplərində və bütün rayonlarda tənəffüs yolları (TY) xəstəlikləri **çox geniş yayılmış** xəstəliklər sayılır. Çünki tədqiqat ərazisində müayinədən keçirilmiş hər 10.000 nəfərdən, uyğun olaraq, Quba rayonunda 1351, Xaçmazda 660, Qusarda 618, Xızıda 914, Siyəzəndə 699, Şabranda isə 285 nəfərdə xəstəlik aşkar edilmişdir.

Uzunmüddətli tədqiqatlarımızın yekun nəticəsi olaraq "GİS Arc Map" proqramında tərtib edilmiş "Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı landşaftlarının tibbi-ekogeokimyəvi xəritə-sxemi" Dövlət Statistika Komitəsinin və ayrı-ayrı rayonlardakı yerli səhiyyə təşkilatlarının çoxillik (1999-2010) məlumatlarından əldə etdiyimiz faktiki göstəricilərin orta qiymətləri əsasında hazırlanmışdır.

Yüksək dağlığın alp və subalp çəmənlikləri, eləcə də orta dağlığın enliyarpaqlı meşələri və kserofit landşaftlarında diş kariyesi (Ks), endemik zob (Ez) və flyuoroz (Fz) xəstəliklərinin **çox geniş,** onkoloji xəstəliklərin (Ox) **geniş,** əsəb xəstəliklərinin (Əb) **az yayılmış** xəstəliklər olduğu aşkar edilmişdir ki, bu da həmin landşaftlarda orqanizm üçün çox vacib olan J və F kimi mikroelementlərin çatışmaması, Cu, Zn, Pb kimi konserogen mikroelementlərin izafi miqdarda olması ilə əlaqələndirilir.

Zəif minerallaşma ilə səciyyələnən tədqiqat ərazisinin təbii sularında ərazinin landşaftları üçün mühüm ekoloji əhəmiyyəti olan yodun miqdarının çox az (0,2-0,4 mq/l) olması, daha doğrusu, çatışmaması müşahidə edilir.

Maddələr mübadiləsində böyük rol oynayan, qalxanabənzər vəzidəki tiroksin hormonunun tərkibinə daxil olan yodun insan və heyvan orqanizmi üçün müstəsna əhəmiyyəti vardır. Mühitdə yodun miqdarı az olduqda qalxanabənzər vəzi kifayət qədər tiroksin hasil edə bilmir. Bu isə oksidləşmə prosesinin pislənməsinə, karbon və azot mübadiləsinin zəifləməsinə, qanın tərkibində kalsium və fosforun miqdarının azalmasına gətirib çıxarır. Nəticədə insanlarda, eləcə də bəzi heyvanlarda endemik zob xəstəliyi əmələ gəlir (Quliyev, 1967).

Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında yerləşən rayonlarda (Azərbaycan Respublikası daxilində) əhali arasında daha çox müşahidə edilən xəstəliklər (Səhiyyə Nazirliyi sistemi üzrə ilk dəfə qoyulmuş diaqnozla qeydə alınmış xəstələrin sayı) və əhalinin hər 10 000 nəfərinə düşən xəstəliklərin sayı

Rayonlar	Landşaf tipləri	Onkoloji xəstəliklər		Əsəb sistemi xəstəlikləri		Həzm sistemi xəstəlikləri		Tənəffüs yolları xəstəlikləri	
		Ümumi say	Hər 10000 nəfərə	Ümumi say	Hər 10000 nəfərə	Ümumi say	Hər 10000 nəfərə	Ümumi say	Hər 10000 nəfərə
Qusar	Orta dağlığın enliyarpaqlı meşələri	103	11,6	1312	147,6	1798	202,2	5494	618,0
Quba	Alcaq dağlığın və dağətəyinin enliyarpaqlı meşələri	186	12,0	3361	217,4	5977	386,6	20887	1351,0
Xacmaz	Meşə kolluqlar	128	7,9	1852	114,9	1951	121,0	10642	660,2
Şabran	Dağətəyinin arid meşə kolluqları	54	10,3	238	45,2	164	31,2	1501	285,4
Xızı	Dağətəyi ərazilərin quru cölləri	21	10,1	217	254,5	102	80,0	900	914,3
Siyəzən	Yarımsəhra landşaftları	17	4,5	295	77,4	145	38,1	2665	699,5

Zob xəstəliyinin ağır formalarında inəklərdə südün azalması, qoyunların yununun tökülməsi, toyuqların yumurtadan kəsilməsi və s. bu kimi hallar müşahidə edilir. Endemik zoba qarşı mübarizə aparmaq məqsədilə xörək duzuna (1 ton duza 10 q) KY (kalium yodid) qatılır (Перельман, Касимов, 2000). Ümumiyyətlə, tədqiq etdiyimiz ərazidə geokimyəvi cəhətdən ekoloji gərginliyə səbəb olan əsas amillər buradakı landşaftlarda (xüsusilə də torpaq və səth sularında) ftor və yod kimi sağlam həyat üçün zəruri olan kimyəvi elementlərin çatışmaması, digər tərəfdən qurğuşun, molibden, bor kimi konserogen xarakterli mikroelementlərin çox olmasıdır.

Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında minerallaşma dərəcəsinin aşağı olduğu yerlərdə ftor çatışmazlığı da müşahidə edilir. Belə ərazilərdə yayılan diş kariyesi xəstəliyi də məhz bununla əlaqələndirilir. Haqqında danışdığımız landşaftların səciyyəvi xüsusiyyətlərini əks etdirən

$$\frac{Pb_{5,8}\,Cu_{4,8}\,Zn_{3,5}}{Mn_{0,4}\,Sr_{0,3}\,J_{0,04}\,F_{0,03}} \qquad \frac{Pb_{2,6}\,B_{2,5}\,Mo_{1,8}\,Co_{1,7}}{Mn_{0,3}Ti_{0,2}\,Ni_{0,1}\,Zn_{0,1}}$$

formulalarından göründüyü kimi, ərazidə ən yüksək klark səviyyəsi qurğuşuna, ən aşağı səviyyə isə ftora məxsusdur. Ftorun ərazi üçün alınan göstəricilərinin ümumdünya klarkı ilə müqayisəsi göstərir ki, canlı orqanizmlərin normal inkişafı üçün vacib olan bu elementin konsentrasiya klarkı 0,03-ə güclə çatır.

Insan orqanizmində diş emalının möhkəmliyi, sümüklərin, dişlərin, saçın və dırnaqların inkişafı mühitdəki ftorun miqdarından asılıdır. Insan orqanizmi üçün çox vacib olan ftorun əsas mənbəyi bilavasitə sudur. Landşaftdakı su mənbələrində onun optimal miqdarı isə 7-10 mq/l-dir. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, nəinki tədqiqat rayonunda, hətta bütövlükdə Böyük Qafqaz ərazisində ftorun konsentrasiyası ancaq termal su mənbələrində maksimal səviyyəyə – 2,5-5,5 mq/l-ə çata bilir. Ftorun qıt olduğu belə bölgələrdə diş kariyesinin qarşısının alınması üçün içməli suya 10-12 mq/l-ə qədər ftor qatılır (Perelman, Kasimov, 2000).

Tədqiq etdiyimiz ərazinin dağətəyi enliyarpaqlı meşə landşaftlarında J və F çatışmazlığının nisbətən azalması burada endemik zob (Ez) və diş kariyesi (Ks) xəstəliklərinin **çox geniş yayılmış** xəstəliklərdən **geniş yayılmış** xəstəliklər səviyyəsinə enməsinə gətirib çıxarır. Dağətəyi arid meşə-kol landşaftlarında və bu landşaftlardan hipsometrik cəhətdən aşağıda yerləşən dağətəyi quru çöl və yarımsəhra landşaftlarında həmin xəstəliklərə, demək olar ki, təsadüf edilmir.

Cu, B, V, Sr, Mo, Pb və F-un konsentrasiyasının yüksək olduğu çöl zonasındakı landşaftlarda konyuktivit (Kt), hipertoniya (Ht), brusellyoz (Bz) və dizenteriya (Dz) **az yayılmış,** malyariya (M) və tənəffüs yolları (TY) xəstəliklərinin nisbətən **geniş yayılmış** xəstəliklər olması aşkar edilmişdir.

Dağətəyi yarımsəhra və dağarası düzənliklərin yarımsəhra landşaftları əsasən akkumulyasiya sahəsində yerləşdiyindən bu landşaftlarda Cu, Zn, Pb, B, Mo, V, Hg və Sr kimi toksik və konserogen mikroelementlərin daha çox toplanması belə anomaliyalarda onkoloji xəstəliklərin (Ox), ürək-damar (ÜD) və tənəffüs yolları xəstəliklərinin (TY) çox geniş yayılması ilə nəticələnir.

Ayrı-ayrı landşaft tipləri üçün səciyyəvi olan xəstəliklərlə müxtəlif mikroelementlərin konsentrasiyası arasında korrelyativ əlaqənin müəyyən edilməsi tədqiq etdiyimiz ərazi üçün "Landşaftların tibbi ekogeokimyəvi xəritə-sxemi"nin tərtib olunması ilə nəticələnmişdir. Müxtəlif landşaft qurşaqları üçün daha çox səciyyəvi olan xəstəliklərin və bu xəstəliklərin yaranmasına səbəb olan anomaliyalardakı çatışmayan və konsentrasiyası yüksək olan mikroelementlərin əyani şəkildə təsvir edildiyi bu xəritə-sxemdə çox geniş yayılmış xəstəliklər "kvadratlar", geniş yayılmış xəstəliklər "üçbucaqlar", az yayılmış xəstəliklər isə "ulduzcuqlar" kimi şərti işarələrlə göstərilmişdir.

Nəticə. Araşdırmalar nəticəsində Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacları üçün daha çox səciyyəvi olan dizenteriya (Dz), brusellyoz (Bz), hipertoniya (Ht), konyuktivit (Kt) və əsəb xəstəliklərinin (Əb) tədqiq etdiyimiz ərazidə **az yayılmış,** malyariya (M), diş kariyesi (Ks), tənəffüs yolları (TY) xəstəliklərinin **geniş yayılmış,** endemik zob (Ez) və həzm sistemi (Hz) xəstəliklərinin isə **çox geniş yayılmış** xəstəliklər olduğu müəyyən edilmişdir.

Tərtib etdiyimiz xəritə-sxemdə landşaft tipləri daxilində kimyəvi elementlərin miqrasiya şəraitinə görə ayrılmış ellüvial (EL), transellüvial (TE), superakval (SA), transakkumulyativ (TAk) və akkumulyativ (Ak) geokimyəvi landşaftlar müvafiq simvolik işarələrlə verilmişdir. Surətdə izafi, məxrəcdə isə defisit (çatışmayan) mikroelementləri əyani şəkildə təsvir edən geokimyəvi formulalar müxtəlif landşaft tipləri daxilində aşkar edilmiş anomaliyalardakı ekogeokimyəvi şəraiti həm xəritə-sxemin özündə (1-ci şəkil), həm də onun legendasında (2-ci şəkil) daha aydın görməyə imkan yaradır.

Geokimyəvi landşaftlar								Mikroelementlərin anomal konsentrasiyasının təsirindən yaranan xəstəliklər													
Sıralar	Qruplar	Tiplər	CİNSLƏR Kimyəvi elementlərin miqrasiya şəraitinə görə					Surətdə izafi, məxrəcdə defisit mikroelementlər	Endemik zob	Elyuroz	Diş kariyesi	Malyariya	Dizenteriya	Onkoloji xəstəliklər	Əsəb xəstəliyi	Həzm sistemi	Brusellyoz	Ürək-damar xəstəliyi	Hipertoniya	Tənəffüs yolları xəstəliyi	Konyuktivit
Miqrasiyanın növünə görə	Bioloji kütlənin həcminə görə	Bioloji məhsuldarlığın biokütləyə nisbətinə görə	Ellüvial	Transellüvial	Superakval	Transakkumulyativ	Akkumulyativ		Ez	Fz	Ka	M	Dz	Ox	Əb	Hz	Bz	Üd	Ht	Ty	Kt
Abiogen landşaftlar		1 Nival, subnival landşaftlar	EL		SA		Ak	$\frac{B_{4,0}Pb_{3,1}Cu_{2,0}V_{1,5}}{Co_{0,5}Ni_{0,4}J_{0,03}F_{0,02}}$													
BİOGEN LANDŞAFTLAR	Çəmənlər	2 Alp və subalp çəmənlikləri		TE		TAk		$\frac{Pb_{5,8}Cu_{4,8}Zn_{3,5}}{Mn_{0,4}Sr_{0,3}J_{0,04}F_{0,03}}$	□	Δ	□			Δ	*						
	Meşələr	3 Orta dağlığın enliyarpaqlı meşələri	EL		SA		Ak	$\frac{Pb_{2,6}B_{2,5}Mo_{1,8}Co_{1,7}}{Mn_{0,3}Ti_{0,2}Ni_{0,1}Zn_{0,1}}$	□		□			Δ	*						
		4 Alçaq dağlığın və dağətəyinin enliyarpaqlı meşələri		TE	SA		Ak	$\frac{B_{3,0}Pb_{2,5}V_{1,6}Mo_{1,5}}{Cu_{0,6}Ba_{0,5}Ti_{0,3}Zn_{0,1}}$	Δ	Δ	Δ			*							
		5 Alçaq dağlığın və dağətəyinin arid meşəkolluqları	EL		SA			$\frac{B_{10,0}V_{2,4}Pb_{2,3}Co_{1,5}}{Cu_{0,6}Sr_{0,5}Ba_{0,2}Ti_{0,1}}$						□	Δ	□	Δ				
		6 Düzən meşə landşaftları	EL		SA			$\frac{B_{12,0}Pb_{3,1}V_{3,0}Co_{1,5}}{Sr_{0,6}Cr_{0,5}Ba_{0,3}Zr_{0,2}}$	Δ		Δ	Δ	*				*		*	Δ	*
	Çöllər	7 Dağətəyi quru çöllər və çöllər		TE		TAk	Ak	$\frac{B_{7,8}Mo_{6,0}Sr_{2,6}Pb_{2,0}}{B_{0,6}Zn_{0,4}Ti_{0,3}Ba_{0,2}}$				Δ	*				*		□	Δ	*
	Yarım səhralar	8 Yarımsəhra landşaftları		TE		TAk	Ak	$\frac{B_{25,3}Mo_{10,2}Sr_{3,2}Pb_{2,1}}{Ni_{0,5}Co_{0,3}Zr_{0,2}Ti_{0,1}}$				Δ	Δ	□		Δ	*	□	*	□	Δ

2-ci şəkil. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı landşaftlarının tibbi ekogeokimyəvi xəritə-sxeminin legendası

Geokimyəvi formulalardan göründüyü kimi, tədqiq etdiyimiz ərazinin müxtəlif landşaft tiplərində klarkdan yüksək-izafi miqdarda olan mikroelementlər bor (B), qurğuşun (Pb), vanadium (V) və molibden (Mo), defisit olan – çatışmayan mikroelementlər isə kobalt (Co), nikel (Ni), ftor (F) və yoddur (J).

Ümumiyətlə, Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacının müxtəlif landşaft tiplərində ftor, yod və kobalt kimi mikroelemetlərin çatışmaması, qurğuşun, molibden və vanadiumun klark səviyyəsindən yüksək olması burada ekoloji geokimyəvi şəraitin yaxşılaşdırılması üçün müəyyən meliorativ təbbirlər görülməsinin zəruri olduğunu sübut edir, çünki landşaftda ftor çatışmazlığı diş kariyesi, yod çatışmazlığı zob, kobalt çatışmazlığı B_{12} avitaminozası xəstəliklərinin əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır. Digər tərəfdən, mühitdə borun artıqlığı insanlarda, eləcə də xırdabuynuzlu mal-qarada və başqa ev heyvanlarında endemik bor enteritinə səbəb olur. Bununla yanaşı, landşaftda qurğuşunun çox olduğu ərazilərdə yaşayan insanlar arasında endemik sinir sistemi xəstəlikləri əmələ gəlir ki, həmin xəstəliklər müalicə olunmadıqda onkoloji xəstəliklərin və yeni törəmələrin yaranmasına səbəb olur.

ƏDƏBİYYAT

BUDAQOV, B.Ə., ƏHMƏDOV, A.H., RÜSTƏMOV, Q.İ., QƏHRƏMANOV, A.İ. 2000. Azərbaycanın geokimyəvi landşaft xəritəsi. Bakı.

BUDAQOV, B.Ə., ƏHMƏDOV, A.H., RÜSTƏMOV, Q.İ. 2009. Azərbaycan landşaftlarının tibbi-ekogeokimyəvi diferensasiya xüsusiyyətləri və onların xəritələşdirilməsi. *AMEA-nın Xəbərləri. Yer elmləri,* 3.

BUDAQOV, B.Ə., ƏHMƏDOV, A.H., RÜSTƏMOV, Q.İ. 2010. Tibbi-ekogeokimyəvi landşaft xəritəsi. Azərbaycan Respublikasının ekoloji atlası. Bakı Kartoqrafiya Fabriki. Bakı.

QULİYEV, Ş.M. 1967. Yod və onun xalq təsərrüfatında əhəmiyyəti. Gənclik. Bakı.

БУДАГОВ, Б.А. 1998. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку.

БУДАГОВ, Б.А. 1973. Ландшафтная карта Азербайджанской ССР. *Изв. АН Азерб. ССР. Науки о Земле,* 6, Баку.

КУЧИНСКАЯ, И.Я. 2003. Особенности дифференциации современных ландшафтов северного склона Юго-Восточного Кавказа (на основе индикационно-ландшафтного дешифрирования КС). Автореф. канд. дис. Баку.

КУЧИНСКАЯ, И. Я. 2011. Ландшафтно-экологическая дифференциация горных геосистем. Баку.

МУСЕИБОВ, М.А. 2003. Ландшафты Азербайджанской Республики. Изд. Бак. Гос. Университета. Баку.

ПЕРЕЛЬМАН, А.И., КАСИМОВ, Н.С. 2000. Геохимия ландшафта. Астрея. Москва.

Məqaləyə c.e.n., dos. Ya.Ə.Qəribov rəy vermişdir

© C.Q. Şəms Azğan, 2012

QARADAĞ SİLSİLƏSİ VƏ ƏTRAF ƏRAZİLƏRİN SÜRÜŞMƏ TƏHLÜKƏLİLİYİ

C.Q. Şəms Azğan

Azərbaycan MEA H.Ə. Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prosp., 31

Məqalə İranın Qaradağ silsiləsi və ətraf ərazilərdə sürüşmələrin yaranma mexanizmlərinin, onların ərazi boyunca paylanmaları və inkişaf xüsusiyyətlərinin təhlilinə həsr olunmuşdur. Regionun iri sürüşmələri ətraflı öyrənilmiş və ərazilərin sürüşmə təhlükəliliyinə görə qiymətləndirilməsi aparılmışdır.

Giriş

Sürüşmələr geomorfoloji fəlakətlərin ən təhlükəli növlərindən biridir. Tarixdən məlumdur ki, 1911-ci ildə Pamir dağlarında baş verən zəlzələ böyük bir sürüşməyə səbəb oldu. Nəticədə 2,5 milyard kubmetr torpaq sahəsi sürüşdü. Usoy qışlağı əhalisi ilə birlikdə torpaq kütləsinin altında qaldı. Sürüşmə kütlələrinin Murqab çayının qarşısını kəsməsi nəticəsində yaxınlıqda olan Sarez qışlağı yeni yaranmış gölün dərinliyində qaldı. Bu cür böyük təbii fəlakətlər tez-tez baş verməsə də, çox ağır nəticələrə səbəb olur (Aleotti, Ghowdhury, 1999; Anbalagan, 1992; Yesilnacar, Topal, 2005).

Sürüşmələr – dağ süxurları, torpaq kütlələrinin dağ yamacları, yarğanlar, çay, göl, dənizlərin sıldırım sahilləri boyu öz ağırlığının təsiri altında sürüşərək yerini aşağıya doğru dəyişməsidir. Sürüşmə kütləri müxtəlif süxurlardan təşkil olunub ki, onların arasında tarazlığın pozulması davamlılığın zəifləməsinə səbəb olur. Sürüşmələrin yaranmasına təbii və süni (antropogen) amillər səbəb ola bilər. Təbii amillərə yamaclarda dikliyin artması, onların torpaqda olan əsasının su kütləri ilə yuyulmasını, seysmik təkanları və s., süni və ya antropogen amillərə isə yol çəkilməsi zamanı yamacların dağıdılması, meşələrin qırılması və s. aid etmək olar. Beynəlxalq statistik məlumatlara görə, sürüşmələrin yaranması və fəallaşmasına 80% antropogen təsirlər səbəb olur. Sürüşmələr adətən meyilliyi 10° və daha çox bucaq altında olan yamaclarda baş verir. Gilli süxurlara malik yamaclarda isə həddindən çox nəmişlik hətta 5-7° meyillik sıldırım olduqda belə sürüşmələrə gətirib çıxara bilər.

Sürüşmələr hadisənin miqyasına, başvermə yerinə, sürüşmə prosesinin gücünə, mexanizminə və aktivliyinə görə təsnif edilir.

Sürüşmənin miqyası prosesə cəlb olunan sahə ilə xarakterizə olunur. Miqyasına görə sürüşmələr bu cür təsnif edilir (Varnes, 1984):

- Nəhəng – 400 ha və daha çox;
- Çox böyük – 200-400 ha;
- Böyük – 100-200 ha;
- Orta – 50-100 ha;
- Kiçik – 5-50 ha;
- Çox kiçik – 5 ha sahəni əhatə edir.

Sürüşmə ani bir proses olub oroqrafiya, iqlim, geoloji quruluş, tektonika və s. amillərlə bağlıdır. İri sürüşmələr, adətən, təbii amillərin təsirindən baş verir və yamac boyunca yüz metrlərlə sahəni əhatə edir. Sürüşmənin cismi çox zaman öz monolitliyini qoruyub saxlayır. Orta və kiçikhəcmli sürüşmələr isə daha kiçik ölçülərdə olur və çox zaman antropogen amillərin təsirindən yaranır.

Gücünə görə sürüşmələr kiçik, orta, böyük və çox böyük ola bilir və yerini dəyişən süxur kütlələlərinin həcmi ilə xarakterizə olunur. Bu kütlələrin həcmi 100 kubmetrdən bir milyon kubmetrədək dəyişə bilər.

Sürüşmələr, sellər və uçqunlar təsərrüfatlara, tikililərə, təbii mühitə böyük ölçüdə zərər verməklə itkilərə səbəb olur və insan həyatı üçün təhlükə törədir. Onların əsas zədələyici faktorları hərəkət edən və yerini dəyişən dağ süxurlarıdır. Onların təsiri nəticəsində binalar, tikililər dağılır, kənd təsərrüfatı obyektləri, meşə massivləri süxur layları ilə örtülür, çay yataqlarının və təbii landşaftın dəyişməsinə, insanların həlak olmasına səbəb olur. Bu təhlükəli geoloji hadisələr bir çox hallarda dağlıq ərazilərdə yerüstü nəqliyyat üçün təhlükə yaradır, körpülərin dayaqlarını, relsləri, avtomobil yollarını zədələyib dağıdır, elektrik və rabitə xətlərini, neft kəmərlərini, hidroelektrik stansiyalarını, yaşayış məntəqələrini sıradan çıxarır.

Tədqiqatın əsas məzmunu

Sürüşmələrə və onlara səbəb olan amillərə dair İranda bir çox tədqiqat işləri aparılmışdır. Onlardan Ənsari və Bulurçianın "Xalxal sürüşmələrinin ümumi xüsusiyyətləri" (1995), Nikəndiş və Mirsaneyinin "Ərdəbil vilayətindəki sürüşmələrə bir baxış" (1995) adlı tədqiqatlarını qeyd etmək olar. Bunlardan əlavə, Haşimi Təbatəbayi, Həştçin regionunun sürüşmələrinə təsir edən amilləri öyrənərək Mora və Varson modeli əsasında ərazinin təhlükəlilik dərəcəsini qiymətləndirmişdir (1998). Uromeihy və Mahdavifar (2000) Xürüşrüstəm zonasındakı (Həştçin məntəqəsi) sürüşmələrin səbəblərini araşdıraraq faiz metodu əsasında 1:250000 miqyaslı təhlükəlilik dərəcələrini göstərən xəritə hazırlamışlar. R.B.Təlayi (2011) öz tədqiqatında Həştçin regionunu sürüşməyə həssaslıq baxımından sahələrə ayırmaq üçün geomorfoloji məlumatlara əsaslanaraq statistik göstəricilərə görə zonalaşdırma aparmışdır. Asadian və b. (2010) öz tədqiqatlarında Gilan əyalətində ətraf mühitin dəyişməsində sürüşmələrin rolunu təhlil etmişlər.

Dağlıq Qaradağ regionu 38,24°-39,27° şimal en dairəsi, 45,30°-47,30° şərq uzunluq dairəsində yerləşərək qərbdən şərqə uzanmışdır. Şimal sərhədi Araz çayı, qərb sərhədi Culfa-Mərənd avtomobil yolu, cənub sərhədi Əhər çayı boyunca, şərq sərhədi isə Qarasu çayı boyunca keçir. Qaradağ regionu Araz çayının hövzəsində yerləşir və onun hidroqrafik şəbəkəsinə aiddir. Əhər çayı tektonik çökəklikdə yerləşərək qərbdən şərqə uzanır və tektonik qırılma vasitəsilə Qarasu çayına keçir.

Şərqdən qərbə doğru Qaradağın hündürlüyü artır və dağlar şimala doğru Kiçik Qafqaza qoşulur. Cənub yamacların çaylarının ¾-ü Hacılar və Əhər çayı vasitəsilə Araza, ¼-i isə Hərzənd çayı vasitəsilə Urmiyə gölünə tökülür. Ümumiyyətlə, Qaradağ regionu dağlıq olub, düzənliklər əsasən Əhər çayı hövzəsində 1400 m yüksəklikdə Vərziqandan Noduza qədər davam edir.

Əhər düzünün qərbində vulkanik süxurlar 450 km^2 ərazidə geniş yayılmışdır. Tektonik mənşəli Əhər düzünün ərazisi təxminən 2566 km^2-dir ki, bunun da 2/3-si əkin üçün yararlıdır. Orta illik temperatur 10,3°C-dir, temperatur qradiyenti isə hər 100 metrə 0,55°C təşkil edir. İqlim şərtləri quruluğu ilə seçilir. Maksimum və minimum temperatur fərqi 58,6°C-dir, bu da yüksək temperatur amplitudası sayılır. Neogen dövründə Əhər çökəkliyi tamamilə göl olmuş, dördüncü dövrdə baş verən vulkanizm nəticəsində bir çox yerlərdə vulkanik süxurlar geniş yayılmışdır.

Qaradağ regionunun ən əsas çayları İri, Məlik, Hacılar, Kəringan, İlginə, Sötən, Mərzərud, Kələybər, Selin, Əhər və Qarasu çaylarıdır. Təkcə Əhər çayı qərbdən şərqə doğru axır, qalan çaylar əsasən cənub-şimal istiqamətlidir.

Qaradağın ən mühüm yaşayış məntəqələri Mərənd (182 min nəfər), Əhər (96 min nəfər), Kələybər (92 min nəfər) və Culfa (52 min nəfər) şəhərləridir. Bunlardan əlavə, bir sıra kiçik şəhərlər, o cümlədən Vərziqan, Xarvana, Siyəhrud, Xudafərin, Horand, Abış Əhməd, inkişaf etmiş mərkəzlər sayılırlar.

Əhər düzündən başqa, Qaradağda Xudafərin və Culfa düzləri də yer almışdır. Şimal yamacların orta meyilliliyi 36-38°-dir. Qaradağın ən hündür nöqtəsi Kiyaməki dağıdır (3414 m).

Hal-hazırda Qaradağ regionu geoloji cəhətdən tektonik qalxmaya məruz qalır. Buna sübut kimi çayların dərinləşməsini qeyd etmək olar. Bu ərazidə sürüşmələr geniş yayılmışdır. Onların əksər hissəi Leylabın şərqində və cənub yamaclarda Rangölün kənarlarında yayılmışdır.

Sürüşmələr İri, Yuxarı Hacılar, Aşağı Kələybər, Selen çayları hövzələrində, Qaradağın şimal ətəklərində, qərbdə Azğan çayı və Qaradağın cənubunda müşahidə olunur. Sürüşmələr, ümumiyyətlə, gilli süxurlarda baş verir. Yağış suları çatlar boyunca keçərək gilli süxurlara çatanda alt qatlarda yapışqanlıq azaldığından yamac boyunca ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə hərəkətə gəlir. Qaradağın şimal yamaclarında yerləşən 4 regionda belə proseslər fəal baş verir. Azğan çayı hövzəsində böyük qədim sürüşmə yerləri müşahidə olunur və belə ərazilərdə kəndlər salınmışdır.

Fizikanın əsas qanunlarından olan, hər bir cism maili səthdə ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə meyillilik bucağından asılı olaraq səth boyunca bir şərtlə hərəkət edir ki, digər qüvvələr, o cümlədən cismlər arasında sürtünmə və son arxalanma bu hərəkətə mane olmaya.

Suyun rolu səthi təşkil edən süxurların növü və suyun miqdarını nəzərə alaraq hərəkətli qatlarda və ərazinin tektonikasıyla bağlıdır.

Sürtünmə qüvvələri hərəkətin sürətinin azalmasına səbəb olur. Bu şəraitdə antropogen amillər, o cümlədən yol və mədən ekstraksiyaları və sairə amillər kütlə dayağının əsasını kəsib hərəkətə səbəb olur. Bu arada əsas kütlə hərəkəti

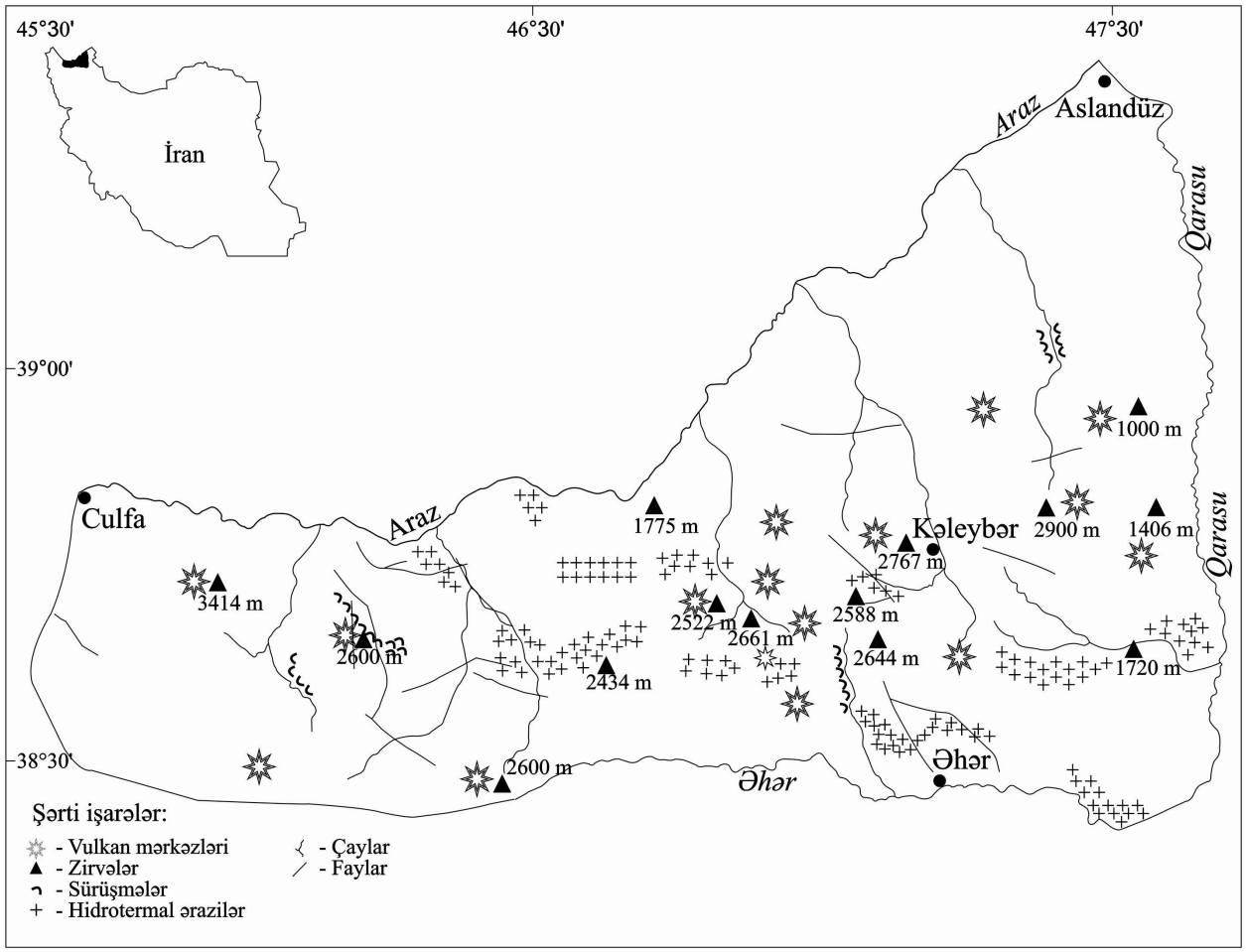
qüvvəsi maili hissədə olub, ağırlıq qüvvəsi, litologiya və coğrafi enliklə bağlıdır. Bu əsasda nə gədər yuxarı kütlə sürüşmə hissələri sıx süxurlardan təşkil olmuşsa, meyillilik çox olur və lazımi rütubət təmin olunduqda sürüşmə labüd olacaq. Kütlə hərəkətində mədən partlayışı və zəlzələ də effektli ola bilir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, sürüşmələr Qaradağın, əsasən, şimal yamaclarında inkişaf tapmışdır. Ümumiyyətlə, cənub yamaclarda ərazi hamar və vulkanik süxurlarla örtülüdür, torpağın qalınlığı və yağıntı miqdarı azdır (1-ci şəkil).

Bu şəraitin əksi, yəni dərin dərələr, çox yağıntı və qalın torpaq qatı şimal yamacda müşahidə olunur.

Qaradağ regionunda rast gəlinən 4 böyük sürüşmədən üçü şimal yamacda, biri isə cənub yamacda yer almışdır. Qeyd edilən regionlarda sürüşmənin yaranması üçün vacib olan amillərin, yəni litoloji quruluş, meyillik, rütubət və s., olması qədim və müasir sürüşmələri müşahidə etməyə imkan verir. Təbii amillərlə yanaşı, bu ərazidə antropogen təsiri də nəzərə almaq mütləq vacibdir. Misal üçün, Xarvana-Vərziqan yolu böyük Leylab sürüşməsini kəsir və əsas amillərdən sayılır. Ovrəng və Əncərd kəndləri Azğan çayı dərəsində olan sürüşmə ərazilərində yerləşib və hər ikisində də yollar sürüşməni kəsir. Ovrəng kəndinin sürüşməsində Səttar xan bəndi də effektli amil sayılır, beləliklə, kənd əhalisi ayrı yerə köçürülməlidir.

Orta Qaradağın cənub yamaclarında Azğan çayı sürüşmələri. Qədim və müasir sürüşmələr Azğan çayının qərb yamaclarında şimaldan cənuba doğru düz istiqamətdə yer almışdır. Sürüşmələrin yaranmasında əsasən fay, litologiya, yamacların ətəklərinin uçması, yağıntılar və antropogen amillər iştirak edir (2-ci şəkil).



1-ci şəkil. Qaradağ silsiləsi və ətraf ərazilərdə sürüşmələrin yayılma xəritəsi



2-ci şəkil. Azğan çayının qərbində qəqim və yeni sürüşmə

Tədqiq olunan ərazi maqmatik süxurlardan, daha dəqiqi, çayın şərq sahili igrembirit, qərb sahili isə andezit və bazaltdan təşkil olunmuşdur. Bu süxurların qalınlığı təqribən 200-500 metrdir və onlardan altda təbaşir yaşlı karbonatlı və gilli süxurlar yatır.

Sürüşmələr Azğan çayının 7-ci km-də təqribi olaraq 20 km uzunluğunda və 2 km enində Laman kəndi ətrafında çayın qərb sahilində baş vermişdir və hələ də davam etməkdədir.

Sürüşmələr bu hövzədə nisbətən hamar andezit və bazalt süxurlarında baş verir. Çayın hövzəsinin Lamandan Azğana qədər təqribi olaraq 7 km məsafədə çox meyilli olması çaya cavan forma vermiş və çay yatağını kəsərək ensiz istiqamətdə axımda olan qərb sahilini yuyur. Qərb sahil yuyulduğu üçün sürüşməyə səbəb olur. IV dövrdə bir neçə dəfə sürüşmə hadisəsi baş verdiyindən sürüşmə hüdudu 200-500 metrdir. Qış mövsümündə qərb küləkləri qar uçqunu yaradır, yamaclardakı qar isə əriyərək günortadan sonra donur, beləliklə, suyun təsiri ilə yamac sürüşmələri baş verir. Dərələrin morfologiyası Əhər çökəkliyi ilə əlaqədar olduğundan, yüksəkliklərin kəskin artması və hündür dağlarla məhdudlaşması Əhər çökəkliyində artıq yağıntıya səbəb olur. Bu da regionun rütubətlililiyinin və sürüşmə imkanının artmasına gətirib çıxarır.

Regionla bağlı tədqiqat işlərində hər il yeni sürüşmələrə çayın yuxarı hissələrində təsadüf edildiyi bildirilir. Qədim sürüşmələr nisbətən sabitləşmiş və yeni sürüşmələr baş verməkdədir. Çayla çökəkliyin əlaqə yerinin 7-ci km-də dərin və geniş qədim sürüşmələr baş verib və 5, 2,10 km^3 həcmində kütlələr 20-100 metrə yaxın aşağı çökmüşdür. İbriq kəndinin cənubunda sürüşmələr nəticəsində göl yaranmış və regionda 5-8-ci km hüdudunda 500 metrə qədər aşağı gedərək uçurum yaratmışdır. Qar uçqunu və kölgə olduğu üçün suyun təsiri ilə yeni sürüşmələr formalaşır.

On kilometr uzunluğunda başqa bir sürüşmə Əncrudda yaranmışdır. Bu kənd vulkan kütləsi üzərində yerləşdiyindən sürüşməkdədir. Region daşlıq olduğundan bitki örtüyü zəifdir və vulkanik süxurlardan təşkil olunmuş çayın qərb yamacları şiddətli parçalanmaya məruz qalmışdır; odur ki, su çatlarla alt qatlara nüfuz edərək sürüşməni şiddətləndirir. Regionda yer almış bütün sürüşmə amillərini, o cümlədən çayları, yağıntını, qarı, meyillik dərəcəsini, litologiyanı təhlil edərək belə bir nəticəyə gəlmək olur ki, Əncrud kəndini indiki yerindən şərq istiqamətinə köçürmək lazımdır (3-cü şəkil).

Regionda yer alan bütün sürüşmələr yuxarıda qeyd olunan amillərin təsiri ilə baş verir. Sürüşmələr ilin yağıntılı fəsillərində daha çox, quraqlıq illərdə isə az baş verir. Qərb yamaclarda istinad divarları inşa etməklə sürüşmənin qarşısını almaq mümkündür. Yol inşası zamanı, xüsusilə Əncrud kəndi ətrafında, onu sürüşmə sahəsindən kənarda keçirmək lazımdır. Misal üçün, Əhər-Vərziqan avtomobil yolu Səttar xan bəndi üzərindən keçərək, Ovrəng kəndi ətrafında böyük sürüşmə yaratmışdır. Bu səbəbdən də kəndi indiki yerindən xeyli kənara köçürmək lazımdır.

Qərbi Qaradağda Leylab sürüşmələri. Qərbi Qaradağda sürüşmələrin çoxu müxtəlif formalarda Dəstcird ilə Leylab məntəqələrində baş verir ki, bunlardan ən böyüyü Leylab sürüşməsidir. Onun aşağısında uzunluğu 30 km və eni 5 km şərqdən qərbə İri və Mərzabad çayı dərələrində



3-cü şəkil. Azğan çayı hövzəsində sürüşmə (Əncrud kəndi yaxınlığında)

eroziyaya uğramış əhəngdaşı və lil süxurları yayılmışdır. Eroziyanın təsiri nəticəsində baş verən Leylab sürüşməsinin kütləsi qırmızı rəngli konqlomerat və orta qatlarda lildən təşkil olunmuşdur. Kütlələrin yuxarı hissəsi əhəngdaşı və lil süxurlarından ibarətdir. Sürüşmə kütlələrinin sərhədində əhəngdaşı süxurlarının qaynaqları yerləşir. Qış fəslində qar uçqunu və qaynaqlar eroziyaya səbəb olur və Leylab transfer fay əməliyyatı blokvari hərəkət formasında olub, antropogen təsir nəticəsində Vərziqan-Xarvana yolu üzərində sürüşmə kütləsinin ortasından keçir. Sürüşmənin istiqaməti cənubdan şimala tərəf uzanır (4-cü şəkil).

Kütlənin eni 2,5 km, yerdəyişməsi 3 km-dir. Yerdəyişmə cənub-qərbdə başlayır, kütlə azsulu olduğundan hərəkət tədricən zəifləyir və lakin hələ də davam etməkdədir.

Ümumiyyətlə, region sürüşməyə meyillidir və Xarvana yaxınlaşdıqca meyillilik azalır və ərazi sabit vəziyyət alır, Leylab yaxınlığında isə sürüşmə kütləsi vulkan süxurlarına çataraq dayanmışdır.

Şərqi və Orta Qaradağın mərkəzində Mahmudkağı sürüşmələri. Bu geomorfoloji fenomen Mahmudkağı kəndinin cənub-qərbində Kələybər çayı hövzəsində yer almışdır. Açıq qırmızı və bənövşəyi (çəhrayı) əhəngdaşı, rif, və lillərdən təşkil olunmuş sürüşmələr və 10 km enində Vınıq və Şahyurdu zonalarında şərq-qərb istiqamətində yayılmışdır.

Bu hüdudlarda dağlar yüksəkdir və eroziya çöküntü əsasında dağlıq əraziyə daxil olur və bənzərsiz geomorfoloji şərait yaradır. Yüksəkliklərin azalması əhəngdaşı və lil formasiyasının yaranmasına səbəb olub, relyef xüsusiyyətləri yağıntı və rütubətin paylanmasına təsir edir. Regionda meşələr bəzi hissələrdə çox qalın, digər hissələrdə isə olduqca seyrəkdir.

Regionun əsas sürüşmə amilləri ərazinin rütubətliliyi, meyilliliyi, yamacların dayanıqsızlığıdır. Regionda heç bir fay müşahidə olunmur. Beləliklə, tektoniki amillər regionda sürüşmələrin yaranmasına güclü təsir göstərmir. Laylar dayanıqlı və yamaclar az meyilli olduğunda yeraltı sular sürüşmədə fəal rol oynayır.

Şərqi Qaradağda Zərbil sürüşmələri. Bu ekzodinamiki hadisə yuxarı Əsbhardan Motallıq isti su qaynaqlarının yaxınlığına qədər uzanan Selin çayının şərq ətəklərinə qədər baş verir. Regionu təşkil edən süxürlar gil və qum arasında yerləşən əhəngdaşı, gips və gillərdən ibarət olub, sürüşmələrə təkan verir. Çay yamaclarında meyillilik əsasən şimal yamacda şərq-qərb istiqamətindədir və ümumiyyətlə, litologiya və səth eroziyası yamaclar arasında dağıdıcı fəaliyyət göstərib sürüşmələrin əmələ gəlməsində əsas rol oynayır. Zərbilin şimal-qərbində 2 km məsafədə baş verən axımlı sürüşmə Selin çayının məcrasını doldurmuşdur. Selin çay hövzəsi Qaradağ regionunun ən təhlükəli sürüşmə rayonu hesab olunur (5-ci şəkil).

Nəticə

Regionda aktiv morfodinamik sistemlərin təhlili göstərir ki, burada tektonik və vulkanik fəaliyyətlər relyefin əsas formalarını yaratmış olsa da, müxtəlif iqlim elementləri relyef formalarını dəyişərək özünəməxsus morfoloji tiplər yaratmışdır. Regionda inkişaf etmiş əsas ekzogen proseslər dərinlik və yan eroziyası, yarğan eroziyası, sürüşmələr, ufantı və uçqunlardır.

Yarğan eroziyası quraq iqlim şəraitində, əsasən gil, lil və gips çöküntüləri inkişaf etmiş ərazilərdə baş verir. Bu proseslərin getdiyi ərazilərdə sürüşmə hadisələri geniş yayılmışdır.



4-cü şəkil. Leylab sürüşməsi



Şəkil 5. Selin çayı hövzəsində Zərbil sürüşməsi

Məsələn, Mərkəzi Qaradağın cənubunda, Azğan çayı hövzəsində Leylab sürüşməsini, Qərbi Qaradağın şimalında İri çayı hövzəsindəki sürüşmələrini, Mərkəzi Qaradağın şimalında Mahmudkağı və Şərqi Qaradağın şimalında Zərbil regionlarında baş verən sürüşmələri buna misal göstərmək olar. Zərbildə axımlar tamamilə sürüşmə formasında müşahidə olunur.

Yuxarıda qeyd olunanları yekunlaşdıraraq Qaradağ silsiləsi və ətraf əraziləri sürüşmə təhlükəliyinə görə 4 qrupa bölmək olar:

1) Yüksək təhlükəli ərazilər – Şərqi Qaradağda Zərbil və Qərbi Qaradağda Leylab sürüşmələri;

2) Təhlükəli ərazilər – Orta Qaradağın cənub yamaclarında Azğan çayı və Şərqi və Orta Qaradağın mərkəzində Mahmudkağı sürüşmələri;

3) Zəif təhlükəli ərazilər – Qaradağın dikyamaclı və səth eroziyası inkişaf etmiş əraziləri;

4) Potensial təhlükəli ərazilər – Qaradağın düzənlik əraziləri.

ƏDƏBİYYAT

ƏNSARİ, F., BULURÇİ, M.C. 1995. Ərdəbil vilayətindəki sürüşmələr. İranın Geoloji Təşkilatı. Tehran. 46.

HAŞİMİTƏBATƏBAEYİ, S. 1998. Ərdəbil vilayətinin bir hissəsində sürüşmələrin təhlükəsi əsasında zonalara bölünməsi. Bina və Şəhərsalma Nazirliyi. Tehran. 1, 2, 72.

NİKƏNDİŞ N., MİRSANEYİ R. 1995. Ərdəbil vilayətindəki sürüşmələrə bir baxış. Cihad Kəşavərzi Nazirliyinin Abxizdari İdarəsi. 63.

TƏLAYİ R.B. 2011. İranın Ərdəbil əyaləti Həştçin ərazisinin geologiyası və sürüşmə təhlükəlilik dərəcəsinin (riskinin) qiymətləndirilməsi. Bakı. *Geol-miner. elm. üzrə fəls.dokt. almaq üçün təqdim olunmuş dissert. avtoref.* 26.

ALEOTTI, P., GHOWDHURY, R. 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment,* 58, 21-44.

ANBALAGAN, R. 1992. Landslide hazard evolution and zonation mapping in mountainous terrain. *Eng. Geol.*, 32, 269-277.

ASADIAN. F., ARZJANI. Z., VARAVIPOUR. M. 2010. Changes of microenvironment in Gilan city due to landslides. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences,* 5, 1, 93-102.

UROMEIHY, A., MAHDAVIFAR, M. R. 2000. Landslide hazard zonation of the Khorshrostam area, IRAN. *Bull. Eng. Geol. Env.,* 58, 207-213.

VARNES, D.J. 1984. The International Association of Engineering Geology. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO. Paris. Iran. 21-22.

YESILNACAR, E., TOPAL, T. 2005. Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region, Turkey. *Engineering Geology*, 79, 251-266.

Məqaləyə g.-m.e.d. Y.H.İsrafilov rəy vermişdir

© M.Salehi, 2012

İRAN İSLAM RESPUBLİKASININ QƏZVİN OSTANI ŞƏHƏRLƏRİNİN TƏSNİFATI VƏ İNKİŞAF ƏMSALLARININ MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

M.Salehi

Azərbaycan MEA akad. H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prosp., 31

Şəhərlərin yaranmasına, onların iqtisadi, sosial-demoqrafik potensialının formalaşmasına, əhalisinin sayına müxtəlif sayda amillər təsir göstərir. Onların müxtəlif dərəcədə özünü göstərməsi şəhərlərin inkişaf səviyyəsində kəskin fərqlərə gətirib çıxarır. Şəhərlərin inkişafı yüksəldikcə əhalinin iş yerləri ilə təminatı, onlara göstərilən xidmətlərin səviyyəsi də artır.

Şəhərlərin təsnifatı onların öyrənilməsi zamanı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Aparılan təsnifat onların inkişaf səviyyəsini müəyyən etməklə bərabər, şəhərlərdə əhalinin yaşayış səviyyəsini, iş yerləri ilə təminatını müqayisə etməyə, iqtisadi problemləri aradan qaldırmağa imkan verir. Qəzvin ostanında olan şəhərlər 7 göstərici əsasında qruplara ayrılmışdır. Bu zaman Antropi və Topsis modellərindən istifadə edilmişdir.

Giriş. Uzunmüddətli iqtisadi inkişafa nail olmaq üçün təbii-coğrafi şərait və ehtiyatlardan səmərəli istifadə edilməsi, əmək ehtiyatlarından istifadənin səmərəli təşkili, regionlar və yaşayış məntəqələrinin inkişafında olan uyğunsuzluğun azaldılması, ölkənin müxtəlif regionları və təsərrüfat sahələri arasında əlaqələrin yaradılması, onların müasir inkişaf problemlərinin və gələcək perspektivlərinin müəyyən edilməsi vacibdir. Ölkədə inzibati-ərazi bölgülər idarəetmə sisteminin təşkili, təsərrüfatın və əhalinin səmərəli ərazi təşkili məqsədi ilə aparılır. Bu bölgüyə daxil olan vahidlər, bir çox hallarda, təbii-coğrafi ehtiyatlardan, regionların iqtisadi və sosial-demoqrafik potensialından istifadə edilməsinə, iqtisadi əlaqələrin qurulmasına və ya iqtisadi inkişafın perspektiv istiqamətlərinə və iqtisadi inkişaf əmsalına görə qruplara ayrılır. İnkişaf səviyyəsində kəskin fərqlər yarandığından onların ayrılma meyarlarının müəyyən edilməsi müxtəlif olur və ölkə regionlarının müxtəlif istiqamətlərdə qruplaşması iqtisadi və sosial-demoqrafik problemlərin müəyyən edilməsi və aradan qaldırılması üçün əhəmiyyətli rol oynayır (Ruzbehan, 2000).

Ölkə regionlarının və burada yerləşən yaşayış məntəqələrinin daha çox yayılmış təsnifat meyarlarından birini sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsi və ixtisaslaşma təşkil edir. Bu prinsip əsasında aparılan bölgü geniş formada elmi ədəbiyyatlarda müzakirə olunur, ona görə bu problem bizim də mövzumuza çevrilmişdir. Təsərrüfat sahələrinin və ya bir regionun şəhərlərinin müxtəlif iqtisadi inkişaf əmsallarına malik olmasının əsasında iqtisadi, sosial, mədəniyyət, səhiyyə və sair sahələrin rolunun qiymətləndirilməsi vacibdir. Bu sahələrin bazasında və qəbul edilmiş meyarlar əsasında Qəzvin ostanındakı şəhərləri 5 qrupa ayırmaq olar. Onlar çox yüksək, yüksək, orta, aşağı və çox aşağı inkişaf səvəyyəsində olan şəhər qruplarıdır.

Bu bölgünün əhəmiyyəti ondadır ki, şəhərlərin inkişaf səviyyəsini müəyyən etməklə bir tərəfdən, məntəqələrdə əhalinin yaşayış səviyyəsini öyrənmək, onları müqayisə etmək, digər tərəfdən, şəhərlərin müasir sosial-iqtisadi inkiaşaf vəziyyətini, imkanlarını və problemlərini təhlil etmək mümkündür. Bu halda xüsusi layihələr və inkişaf proqramları hazırlamaqla şəhərlərin sosial-iqtisadi və mədəni problemlərinin həll edilməsi istiqamətində tədbirlərin həyata keçirilməsinə ehtiyac yaranır. Şəhərlər arasındakı mövcud fərqlər müxtəlif aspektli olsa da, bir çox şəhərləri səhiyyə, mədəniyyət və digər sosial xidmət səviyyəsi baxımından eyni qruplarda birləşdirməklə, onların sosial-iqtisadi inkişaf problemlərini eyni vəziyyətdə və istiqamətdə həll etmək olar. Bir çox şəhərlər iqtisadi və sosial inkişaf baxımından geridə qaldığına görə onların gələcək inkişaf istiqamətlərinin müəyyən edilməsi prosesində mərkəzləşmiş maliyyələşmə sisteminin yaradılması zəruridir. Şəhərlərin sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsinin yüksəldilməsi, onların inkişafında olan fərqlərin azaldılması, şəhər əhalisinin yaşayış səviyyəsinin və maddi rifahının yüksəldilməsi üçün əmək ehtiyatlarından səmərəli istifadə edilməsi, əməktutumlu istehsal sahələrinin yaradılması da çox vacibdir.

Problemin müzakirəsi: Qəzvin ostanı şəhərlərinin reytinq cədvəlinin hazırlanmasında 7 istiqamətdə (əhali, sosial, iqtisadi, səhiyyə, mədəniyyət, sosial xidmət, infrastruktur obyektləri,

nəqliyyat və rabitə) 67 göstəricidən istifadə olunmuşdur. Bunun üçün Antropi və Tapsis modelləri əsasında reytinq cədvəlləri tərtib edilmişdir. Belə ki, insanların inkişaf indeksinin artımında, şəhərlərin inkişaf etməsində və onların hər birinin reytinq sırasının formalaşmasında bu amillərin payı müəyyənləşdirilmişdir.

Tədqiqat prosesində məlumatların toplanmasında kameral üsulundan yararlanılmışdır. Birinci mərhələdə məlumatların toplanması üçün elmi ədəbiyyatlardan, aylıq dərgilərdən, bu sahədə əvvəllər aparılmış tədqiqat işlərindən, dövlət layihələri, proqramları və sənədlərindən istifadə edilmişdir. Elektron ünvanlar, kartoqrafik mənbələr, elmi-tədqiqat institutları və dövlət orqanlarının məlumatları da geniş şəkildə tədqiqata cəlb edilmişdir. Eyni zamanda, məlumatların toplanması zamanı əhalinin ümumi siyahiyaalınma materiallarından, mənzil-kommunal təsərrüfatlarının siyahılarından, ostan və nahiyələrin illik statistika hesabatlarından, ticarət və gömrük təşkilatlarının, polis və sosial təminat şöbələrinin məlumatlarından geniş istifadə olunmuşdur.

Statistik məlumatların, tədqiqatların nəticələrinin hesablanması və təhlili üçün kompyuter proqramı təminatında Spss, Excel, Mintab proqramlarına, tədqiqat xəritələrinin hazırlanmasında isə Arc GIS kompyuter proqram-məlumat təminatına müraciət edilmişdir.

Tədqiqat məlumatlarının təhlilindən əldə edilmiş nəticələrin əhəmiyyətini və tədqiqatların məqsədlərini nəzərə alanda mənbələrin yenidən gözdən keçirilməsinə ehtiyac yaranır. Təcrübi sınaqlar vasitəsilə çıxarılmış nəticələr və asılı dəyişənlər arasında əlaqə yaradılması zərurəti ortaya çıxır. Təqiqatın ən mühüm dəyişənləri, əməliyyat anlayışları və miqyasli qiymətləndirmə formaları aşağıdakı kimidir.

Qəzvin ostanındakı şəhərlərin təsərrüfat strukturu asılı dəyişən kimi 8 bölümdən təşkil olmuşdur və onların hamısı miqyaslı ölçülərə malikdirlər. Onlar əsaslı şəkildə aşağıdakı indekslərlə birlikdə öyrənilir:

1) Əhalinin strukturu bölməsində araşdırılan göstəricilər öz əksini 4 əmsalda tapır: əhalinin sayının faizlə artım tempi (C_1); iqtisadi cəhətdən fəal əhalinin faizlə xüsusi çəkisi (C_2); bütün əhaliyə nisbətən inzibati əraziyə gələn miqrantların faizlə xüsusi çəkisi (C_3) və tərs asılı vaxt (C_4).

2) Sosial struktur bölməsində araşdırılan göstəricilərin ən mühümləri 5 əmsalda əhatə olunur. Burada kişi tələbələrin faizlə payı (C_5), qadın tələbələrin faizlə payı (C_6), kişilərin təhsil səviyyəsi (C_7), qadınların təhsil səviyyəsi (C_8) və yaşayış üçün ev təsərrüfatının əksi (C_9) göstəricilərindən istifadə olunmuşdur.

3) İqtisadi struktur bölməsinin göstəricilərinə həqiqətən Qəzvin ostanı şəhərlərinin strukturunda ən mühüm və təsiredici amilə malik olan 11 əmsaldan istifadə edilir. Onlara sənaye sahələri işçilərinin faizlə payı (C_{10}), dağ-mədən sahələri işçilərinin faizlə payı (C_{11}), sosial xidmətlər bölməsi işçilərinin faizlə payı (C_{12}), nəqliyyat sahələri işçilərinin faizlə payı (C_{13}), səhiyyə sahələri işçilərinin faizlə payı (C_{14}), təlim və təhsil sahələri işçilərinin faizlə payı (C_{15}), kişilərin məşğulluq əmsalı (C_{16}), qadınların məşğulluq əmsalı (C_{17}), işsizlik səviyyəsinin tərsi (C_{18}), sənaye müəssisələrinin sayı (C_{19}) və qadınların təsərrüfatda iştirak səviyyəsi (C_{20}) aiddir.

4) Sağlamlıq və səhiyyə strukturu bölməsində aparılan təhlillər 7 əmsala şamil olunur. Onlara min nəfərə görə ümumi xəstəxanaların sayı (C_{21}), klinikaların sayı (C_{22}), apteklərin sayı (C_{23}), ali təhsilli həkimlərin sayı (C_{24}), orta tibb işçilərinin sayı (C_{25}), laboratoriyaların sayı (C_{26}) və reabilitasiya mərkəzlərinin sayı (C_{27}) daxildir.

5) Mədəniyyət strukturu bölməsində mədəniyyət amilləri və onun göstəriciləri əsas götürülür. Şəhərlərin təsərrüfat strukturunun əsas komponentləri arasında bu sahədə 13 mədəniyyət göstəricisi əmsallarının öyrənilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Bu əmsallara dövlət universitetlərinin sayı (C_{28}), Pəyamnur universitetlərinin sayı (C_{29}), özəl universitetlərin sayı (C_{30}), elmi-tətbiqi universitetlərinin sayı (C_{31}), min nəfərə təhsil müəssisələrində olan yerlərin sayı (C_{32}), hər müəllimə görə tələbələrin sayı (C_{33}), teatr zalından istifadə etmək əmsalı (C_{34}), min nəfərə teatr zallarında yerlərin sayı (C_{35}), min nəfərə ümumi kitabxanaların sayı (C_{36}), min nəfərə kinoteatrlarda yerlərin sayı (C_{37}), ümumi parkların sayı (C_{38}), min nəfərə yardım komitə vahidlərinin sayı (C_{39}), min nəfərə ümumi məhkəmələrin sayı (C_{40}) və min nəfərə məscidlərin sayı (C_{41}) daxildir.

6) Şəhərin infrastruktur obyektləri və sosial xidmət strukturu bölməsində ən mühüm göstəricilərə 14 əmsal daxil edilir. Onlara min nəfərə ət kombinatının sayı (C_{42}), yanğın söndürən stansiyaların sayı (C_{43}), zibil daşıyan maşınların sayı (C_{44}), mehmanxanaların sayı (C_{45}), tərəvəz satış məntəqələrinin sayı (C_{46}), şəhər qəbiristanlıqlarının sayı (C_{47}), ümumi məişət xidməti yerlərinin sayı (C_{48}), restoranların sayı (C_{49}), ümumi hamamların sayı (C_{50}), sənaye şəhərlərinin

sayı (C_{51}), yaşayış vahidlərinə görə icazə verlimiş binaların nisbəti (C_{52}), hər mənzilə qaz abunəçiləri (C_{53}), hər mənzilə işıq abunəçiləri (C_{54}) və hər nəfərə bələdiyyə büdcəsi (C_{55}) daxil edilmişdir.

7) Nəqliyyat və rabitə strukturu bölməsində bu sahələr şəhərin təsərrüfat strukturunun əsas sahələri hesab olunur. Burada 12 əmsaldan istifadə olunmuşdur. Bu əmsallara min nəfərə telefon aparatlarının sayı (C_{56}), məşğul olan telefonların sayı (C_{57}), poçt idarələrinin sayı (C_{58}), avtobusların sayı (C_{59}), marşrut taksilərinin sayı (C_{60}), taksilərin sayı (C_{61}), şəhər şərnişin nəqliyyatı vasitələrinin sayı (C_{62}), əlaqə şəbəkəsindən istifadə indeksi (C_{63}), min nəfərə şəhər agentiliklərinin sayı (C_{64}), anbarların sayı (C_{65}), Silo sayı (C_{66}) və soyuducuların sayı (C_{67}) şamil olunmuşdur.

Tapsis (Topsis) modeli. Bir neçə əmsalı olan (Mutiple Attribute Decision Making) göstəricilərdən istifadə qaydalarından biri Tapsis üsulu sayılır. Dövretmə modellərindən başqa (o modellərdə əmsallar arasında mübadilə mühümdür), sazişli (Compromising-Subgroup) qrup modelindən (sazişli altqrupu modelində bir üstün seçim olmalıdır və məsələnin həllində bu, ideal seçim sayılmalıdır) istifadə olunmuşdur; modelin bütün strukturu və yolları aşağıdaki kimidir (Əsgarpour, 2008):

1) Qəraralma matrisin təşkili. Bu matris N indeksdən və M məkanından təşkil olunmuşdur;

2) Əmsallara qiymət vermək Antropi Şanun modeli vasitəsilə həyata keçirilmişdir; bu model aşağıdaki kimidir (Əkbari və b., 2000):

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}} \qquad \text{1-ci əlaqə}$$

Sonrakı mərhələdə əmsalların hər birinin Antropi qiyməti hesablanır:

$$\sum j = -k \sum_{i=1}^{m} \left[n_{ij} \ln(n_{ij}) \right] \Rightarrow k = \frac{1}{\ln(m)} \qquad \text{2-ci əlaqə}$$

Əmsalların hər birinin Antropi dəyəri sıfır və bir arasında olan dəyərdir. Hər bir əmsalın Antropi yoxlamasından sonra hər əmsalın xəta ölçüsü aşağıdaki əlaqə vasitəsilə əldə olunur:

$$d_j = 1 - E_j \qquad \text{3-cü əlaqə}$$

Hər əmsalın qiymət göstəricisi (2-4) nömrəli əlaqə vasitəsilə qiymətləndirilir.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{n} d_j} \qquad \text{4-cü əlaqə}$$

Burada, W = əmsalın qiyməti və d = xəta dərəcəsidir.

3) Miqyassiz matrisin təşkili: bu mərhələdə qəraralma matrisin mövcudluğu "miqyassız" matrisə aşağıdaki əlaqə istifadəsi ilə çevrilir:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=o}^{n} x_{ij}^{\,2}}} \qquad \text{5-ci əlaqə}$$

4) Miqyassız çəkili matris: bu matris miqyassız matrisin hər indeksin ağırlıq matrisinə vurmasından əldə edilir;

5) Müsbət və mənfi idealları tapmaq: bu mərhələdə hər indeksin böyük dəyəri ideal müsbət kimi (+A) və hər indeksin aşağı dəyəri mənfi ideal kimi (-A) təyin edilir;

6) Ayrılma ölçüsünün hesablanması: bu mərhələ 5-ci mərhələnin yardımı ilə hər bir seçimin evklid məsafəsini, məsələ indeksi ilə bagli suallara müsbət və mənfi ideal cavabların verilməsi ilə müşayiət olunur:

$$D_i^{+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^{+})^2} \rightarrow i = 1,2,...,m \qquad \text{6-cı əlaqə}$$

$$D_i^{-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^{-})^2} \rightarrow i = 1,2,...,m \qquad \text{7-ci əlaqə}$$

7) Aİ nisbi yaxınlığın hesablanması ideal yolu ilə: bu nisbi yaxınlıq aşağadakı kimi tərif olunur:

$$0 \le CL_i \le 1, \; CL_i = \frac{D_i^{-}}{D_i^{-} + D_i^{+}} \rightarrow i = 1,2,...,m \qquad \text{8-ci əlaqə}$$

8) Son mərhələdə seçimlərin hər biri (şəhərlər) CLİ əsasında reytinq sırasına düzülür.

Qəzvin ostanı şəhərlərinin təsnifatı. 2006-cı ildə (1385) Qəzvin ostanında aparılan sonuncu siyasi-inzibati və idarəetmə bölgüsünə əsasən, 25 şəhər olmuşdur. Bu şəhərlər 7 istiqamətdə (əhali, sosial, iqtisadi, səhiyyə və müalicə, infrastruktur, nəqliyyat və rabitə) 67 indeksə əsasən qruplara ayrılmışdır (Cədvəl). Təsnifat zamanı Antropi qiymətvermə və Tapsis modeli qaydasından istifadə edilmişdir. Verilmiş cədvəlin nəticələrinə əsasən, Qəzvin şəhəri əhalisinin sosial-mədəni və demoqrafik göstəricilərinə görə o, ən inkişaf etmiş və yüksək potensiala malik olan məntəqədir. Xakəli şəhəri sosial-mədəni səviyyəsinə və potensialına görə ən geri qalmış və imkanı az olan yaşayış məntəqəsi kimi müəyyən edilmişdir.

Tapsis modelindən istifadə etmək yolu ilə hesablanmış Qəzvin ostanı şəhərlərinin reytinq əmsalları, 2006-cı il (1385)

İndekslər / Şəhərlərin adı	Əhali əmsalları		Sosial əmsalları		İqtisadi əmsallar		Səhiyyə əmsalları		Mədəniyyət əmsalları		İnfrastruktur əmsalları		Nəqliyyat və rabitə əmsalları		Birləşdirilmiş əmsal	
	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə
Qəzvin	0,4785	1	0,6795	9	0,8848	1	0,4164	18	0,5725	1	0,8801	1	0,9355	1	0,8193	1
Takistan	0,4390	3	0,6713	15	0,3462	2	0,3527	22	0,3357	4	0,2057	4	0,1411	2	0,2565	2
Alvənd	0,3692	10	0,6853	2	0,2284	3	0,3884	19	0,2233	8	0,3318	2	0,0171	13	0,2342	3
İqbaliyyə	0,4376	4	0,6753	13	0,1688	4	0,3218	23	0,5012	3	0,1985	5	0,0531	7	0,2152	4
Abiyek	0,4183	7	0,6815	6	0,1096	5	0,3648	20	0,3344	5	0,2244	3	0,0758	4	0,1744	5
Məhəmədiyyə	0,3002	16	0,6770	11	0,0689	9	0,4782	8	0,5118	2	0,1274	7	0,0800	3	0,1737	6
Bidəstan	0,4201	6	0,6812	7	0,0164	16	0,4769	9	0,1381	12	0,1556	6	0,0695	5	0,1150	7
Mahmudabad	0,4604	2	0,6759	12	0,0748	8	0,7076	2	0,2492	7	0,1027	9	0,0556	6	0,1014	8
Şərifiyyə	0,2882	17	0,6840	4	0,0294	11	0,5628	5	0,2671	6	0,0478	13	0,0270	10	0,0912	9
Boyin Zəhra	0,3335	13	0,6695	10	0,1016	6	0,4368	12	0,1747	10	0,0375	18	0,0451	8	0,0626	10
Şal	0,3882	9	0,8646	3	0,0492	10	0,4255	15	0,0011	20	0,1033	8	0,0263	11	0,0611	11
Əsfrorin	0,2441	20	0,6339	5	0,0258	12	0,4321	13	0,1950	9	0,0232	23	0,0171	14	0,0610	12
Dansfahan	0,4252	5	0,6690	17	0,0166	15	0,4398	10	0,1641	11	0,0465	14	0,0304	9	0,0579	13
Ziyaabad	0,1526	24	0,6640	18	0,0922	7	0,6100	3	0,0114	19	0,0151	25	0,0042	23	0,0537	14
Xorrəmdəşt	0,3238	14	0,4572	24	0,0183	13	0,0000	24	0,0010	22	0,0717	10	0,0135	12	0,0389	15

Mənbə: 2007-ci ildə (1386) Qəzvin ostanının illik statistik hesabatı və 2009-cu ildə (1389) hazırlanmış hesabat.

Cədvəlin davamı

Tapsis modelindən istifadə etmək yolu ilə hesablanmış Qəzvin ostanı şəhərlərinin reytinq əmsalları, 2006-cı il (1385)

İndekslər / Şəhərlərin adı	Əhali əmsalları		Sosial əmsalları		İqtisadi əmsallar		Səhiyyə əmsalları		Mədəniyyət əmsalları		İnfrastruktur əmsalları		Nəqliyyat və rabitə əmsalları		Birləşdirilmiş əmsal	
	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	pillə	Tapsis ölçüsü	Pillə
Abgərm	0,3069	15	0,6860	1	0,0091	20	0,0000	25	0,0009	25	0,0594	11	0,0030	17	0,0291	16
Nərce	0,2469	19	0,6799	8	0,0166	14	0,7634	1	0,0332	13	0,0446	15	0,0135	15	0,0267	17
Saqqızabad	0,1669	23	0,4116	25	0,0062	23	0,5856	4	0,0011	21	0,0317	20	0,0047	21	0,0264	18
Ərdaq	0,2277	21	0,6740	14	0,0080	21	0,4383	11	0,0119	15	0,0484	12	0,0017	18	0,0228	19
Avəc	0,3403	12	0,6166	21	0,0036	25	0,4784	7	0.0063	23	0,0417	17	0,0093	16	0,0206	20
Xakəli	0,1484	25	0,5905	22	0,0056	24	0,4211	17	0,0016	24	0,0434	16	0,0041	24	0,0187	21
Müəllim Kəlaye	0,1952	22	0,6416	19	0,0231	18	0,4225	16	0,0118	16	0,0309	21	0,0046	22	0,0158	22
Kohin	0,2737	18	0,6292	20	0,0117	19	0,3539	21	0,0126	18	0,0317	19	0,0076	20	0,0154	23
Razmiyan	0,4138	8	0,6698	16	0,0074	22	0,4304	14	0,0119	14	0,0248	22	0,0099	19	0,0128	24
Sirdan	0,3635	11	0,5752	23	0,0146	17	0,4761	6	0,0029	17	0,0163	24	0,0012	25	0,0102	25
Dağınıq əmsalı (C.V)	0,42		0,19		1,84		0,51		1,24		1,42		2,68		1,34	

Mənbə: 2007-ci ildə (1386) Qəzvin ostanının illik statistik hesabatı və 2009-cu ildə (1389) hazırlanmış hesabat.

Sosial inkişaf sahəsində Abgərm və Saqqızabad şəhərləri sıra ilə inkişaf etmiş və zəif potensialı olan şəhərlər kimi müəyyən olunmuşdur. Məişət-mənzil problemlərinin çox olmasına görə böyük şəhərlər bu təsnifatda yüksək yerlər tuta bilməmişdir. Bu təsnifatda bir növ uyğunlaşma və nisbətən yaxşı uyğunluq ostanın şəhər təsərrüfat strukturunda əsas kimi götürülmüşdür. Şəhərlərin qeyri-bərabər inkişafının ölçüsü təxminən 0,19 olmuşdur.

Başqa mühüm və vacib əmsallardan biri şəhərlərin təsərrüfat strukturunda və sosial-iqtisadi inkişafında mühüm rol oynayan iqtisadi göstəricilərdir. Bu əmsalın əsasında Qəzvin inkişaf etmiş şəhər kimi və Avac ən geridə qalmış şəhər kimi müəyyən edilmişdir. Bu əmsalın müəyyən edilməsi əsasında ostanın böyük şəhərləri və nahiyələrin inzibati mərkəzləri idarəetmə mövqeyinə və dövlət orqanlarının cəmləndiyinə görə yüksək mövqedə dayanır. Şəhərlərin iqtisadi bazasını təşkil edən zavodların olması iş yerlərinin yaranmasına və əhalinin işlə təmin olunaraq yaxşı yaşamasına imkan vermişdir. Nəticədə bölgüdə şəhərlər müvafiq olaraq yüksək pillələrdə durur.

Kiçik və yeni yaranmış şəhərlər zəif iqtisadi potensialına görə az sayda iş yerlərinə malikdirlər, əhalinin xeyli hissəsi bitkiçilik və heyvandarlıq sahələrində çalışır. İqtisadi baxımdan onlar zəif inkişaf etmişlər və təsnifatda aşağı səviyyədə dururlar. Qeyri-bərabər inkişaf əmsalı 1,84 olmuşdur ki, bu da şəhərlər arasında inkişaf səviyyəsində olan kəskin fərqlərin göstəricisidir.

Səhiyyə-müalicə əmsallarının müqayisəsi əsasında Abgərm inkişaf etmiş, Nərcə ən geri qalmış şəhər kimi qiymətləndirilmişdir. Qəzvin şəhəri bu təsnifatda çox əlverişsiz mövqedə dayanır və 18-ci pillədə yerləşir. Bu vəziyyət onu göstərir ki, səhiyyə-müalicə müəssisələrinin fəaliyyəti əhalinin ehtiyaclarına uyğun deyildir. Mədəniyyət, infrastruktur və rabitə göstəricilərinin təsnifatında da Qəzvin inkişaf etmiş şəhər, Abgərm, Ziyaabad və Sirdan şəhərləri göstərilmiş əmsallarda ən geri qalmış şəhərlər hesab edilmişdir. Cəmi 25 şəhərdə 67 indeksdən Qəzvin şəhəri Tapsis ölçüsü ilə 0,8193 əmsal ilə inkişaf etmiş şəhər kimi, Sirdan şəhəri Tapsis ölçüsü ilə 0,0102 əmsalı ilə ostanın ən geri qalmış şəhəri kimi qiymətləndirilmişdir.

Beləliklə, aparılmış təhlillər əsasında aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

– Şəhərlərin öyrənilməsi zamanı şəhər əmələgətirən amillərin müəyyən edilməsi, onların rolunun təhlili məntəqələrin inkişafında olan problemlərin aradan qaldırılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir;
– Şəhərlərin sosial-iqtisadi, demoqrafik inkişafında əksini tapan fərqlər regionlarda məskunlaşmanın inkişafı, əhalinin həyat səviyyəsi, onlara göstərilən sosial-mədəni xidmətlərin əsas göstəriciləridir;
– Şəhərlərin öyrənilməsi zamanı onların təsnifatı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Təsnifat nəticəsində şəhərlərin regionların iqtisadi inkişafında rolu, ayrı-ayrı sahələrdə üzləşilən problemlər müəyyən edilir, onların aradan qaldırılması yolları göstərilir;
– İİR-in Qəzvin ostanında şəhərlərin təsnifatı göstərir ki, əhalinin sayının çox olması, yüksək iqtisadi potensialı həmişə onların heç də qabaqcıl yer tutmasına gətirib çıxarmır;
– Aparılan təsnifat bölgüsü göstərir ki, şəhərlərin inkişafında iqtisadi amil, sosial və iqtisadi infrastruktur digər amillərə nisbətən daha böyük təsir gücünə malikdir.

ƏDƏBİYYAT

RUZBEHAN, M. 2000. İqtisadi inkişafın əsasları. Taban. Tehran.11.

ƏSGARPOUR, M. C. 2008. Çoxmeyarlı qərar. *Tehran Universitetinin Xəbərləri*, Tehran.

ƏKBARI, M., NEMƏT, U., ZAHEDI, K. 2000. Reytinq metodlarının istifadəsi və bir neçə göstəricili qərar. Ölkənin bələdiyyələri və kənd bələdiyələri yayınları təşkilatı. Tehran.

KARDAN, A. 1999. Qloballaşma dövründə milli və yerli mədəniyyət. *Mədəni mühəndis,* 10, 11. Mədəni inqilabın Ali Şurası. Tehran.

Məqaləyə c.e.d. E.K.Əlizadə rəy vermişdir