ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© М.Ф.Тагиев, 2007

О МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА)

М.Ф.Тагиев

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

В статье на примере изотопных, геохимических (пиролиз пород) и оптических (определение отражательной способности витринита, R_o) исследований образцов пород с естественных обнажений мезокайнозойского интервала разреза и из скважин Южно-Каспийского бассейна рассмотрен ряд методических проблем. Показано, что существует комплекс различных факторов, значительно влияющих на результаты геохимических исследований и затрудняющих их интерпретацию.

Введение

Общеизвестно, что объективность сделанных научных выводов в любых исследованиях определяется точностью выполненных анализов. В геохимических исследованиях органического вещества (ОВ) пород точность результатов аналитических исследований определяется следующими основными факторами:

- точностью и чувствительностью аналитического прибора;
- статистической значимостью объема выборки;
- методикой отбора образцов;
- неоднородностью содержания и качества ОВ пород как в масштабе одного разреза, пласта, слоя, так и небольшого фрагмента одного и того же образца;
- межлабораторной дисперсией.

На современном уровне развития аналитической аппаратуры проблемы требуемой точности измерения практически не существует. В связи с этим в данной статье рассматриваются влияние на результаты аналитических исследований объема выборки, методики отбора образцов, неоднородности объекта, а также проблема межлабораторной дисперсии.

Результаты исследований и их интерпретация

Объем выборки. Что касается объема выборки, то общеизвестно, что чем больше наблюдений, тем ближе статистические оценки к истинным параметрам распределения. Статистическая значимость найденных оценок при заданном объеме выборки определяется с применением методов проверки гипотез и нахождения доверительных интервалов. Для получения более объективной статистической характеристики объекта обычно требуется 80-100 анализов.

На практике в зависимости от объема используемых выборок можно переоценить или недооценить УВ-генерирующий потенциал ОВ отложений, некорректно определить к какому из известных типов относится ОВ, содержащееся в некоторой формации, и степень его термического преобразования (по $T_{макс}$ или $\%R_o$). Например, при классификации по водородному индексу (HI) отложения с потенциалом генерации нефти и газа можно отнести к газогенерирующим или нефтегазогенерирующим (в зависимости от того, в какую сторону от истинного положения сместилась выборка значений водородного индекса).

Методика отбора образцов. Существенной помехой при геохимических исследованиях естественных обнажений пород является влияние гипергенных факторов. Установлено, что для минимизации влияния процессов выветривания на результаты исследований образцы породы должны быть отобраны с глубины не менее 2 метров. Однако чаще всего отбор проб производится с глубины 20-30см. Для оценки роли экзогенных процессов на результаты исследований была выполнена серия пиролитических измерений одного и того же образца, спустя два месяца после его отбора. При этом измерения были проведены как на обломках с поверхности, так и на частях из центра образца. Как и предполагалось, значения геохимических параметров в первом случае всегда были сравнительно более низкими, чем во втором случае (рис. 1) (Фейзуллаев, Исмайлова, 2005).

Влиянием гипергенных процессов объясняются также установленные более низкие показания геохимических параметров пород естественных обнажений в сравнении с таковыми керна скважин.

Неоднородность объекта исследования. Повторные измерения одного и того же керна свидетельствуют о наличии микронеоднородностей в распределении концентрации ОВ и его качества в масштабе небольшого фрагмента отобранного образца. Интересно отметить, что имеются резкие отличия между двумя образцами по всем приведенным геохимическим параметрам. Особенно они разительны в величинах параметров суммарного органического углерода (TOC), свободных и сорбированных углеводородов, S1 и Тмакс (табл. 1).

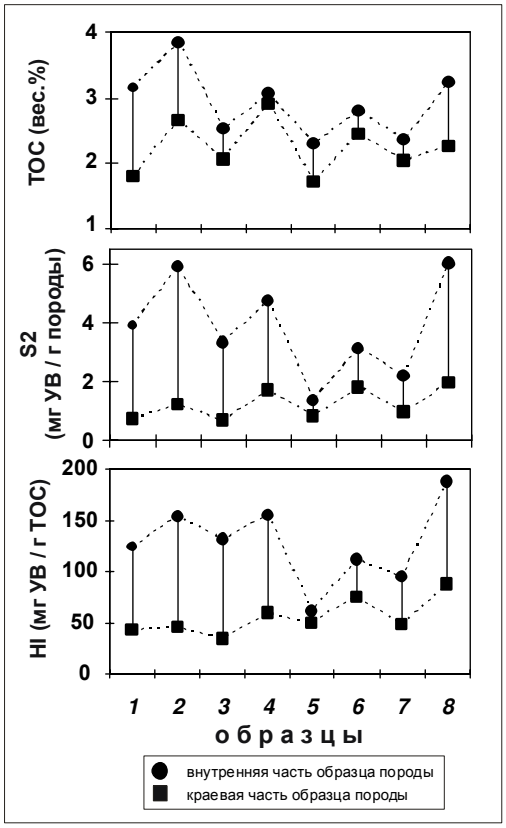


Рис. 1. Сравнение значений геохимических параметров различных частей одного и того же образца

Таблица 1

Результаты повторных пиролитических измерений на образцах диатомового возраста из месторождения Дуванный

Образец	№ измерения	TOC (вес.%)	S1 (мг УВ / г породы)	S2 (мг УВ / г породы)	S3 (мг CO_2 / г породы)	Tmax (°C)	HI (мг УВ / г TOC)	OI (мг CO_2 / г TOC)
А. - глубина 3335-3340 м	1-ое измерение	0,54	0,13	0,6	1,12	426	111	207
	2-ое измерение	1,28	0,26	3,28	1,26	432	256	98
Б. - глубина 3575-3583 м	1-ое измерение	2,37	16,1	1,14	1,04	363	48	44
	2-ое измерение	3,99	9,15	1,48	1,16	399	37	29

При ограниченном объеме аналитического материала, как в случае с керновым материалом, неоднородность такого характера затрудняет объективную количественную оценку геохимических показателей ОВ породы и в целом исследуемых отложений.

Межлабораторная дисперсия. Одной из известных проблем точности аналитических исследований является проблема сходимости анализов, выполненных в различных лабораториях, или так называемая проблема межлабораторной дисперсии. Эта проблема особенно актуальна при выполнении региональных, обобщающих исследований, когда привлекаются данные многих авторов. Существование такой проблемы наиболее контрастно отражено в специальных исследованиях Dembicki (1984). Для исследования им было использовано восемь образцов керна из отложений различных осадочных бассейнов. Породы отличались по возрасту, условиям осадконакопления и глубине залегания (1436-3474 м). Для получения однородной массы они были предварительно измельчены и размешаны. Образцы были исследованы в 19 независимых лабораториях США и Западной Европы, среди которых были лаборатории нефтяных компаний, академических организаций и коммерческих фирм. Ниже в сокращенной форме приводится статистическая характеристика разброса (табл. 2) по 5 геохимическим показателям из 11, рассмотренных в этой работе.

Исследование аналогичной проблемы было проведено нами и на примере данных пиролиза образцов с естественных обнажений мезокайнозойских отложений Южно-Каспийского бассейна (ЮКБ). Кроме того, были использованы керновые данные из скважин, пробуренных на суше и в море.

При исследовании нефтематеринских свойств осадочных отложений ЮКБ по образцам из естественных обнажений мы воспользовались результатами аналитических исследований ОВ пород, выполненных на различных фрагментах одного и того же образца в трех зарубежных лабораториях с применением методов пиролиза Rock Eval и Oil Show Analyzer. Кроме того, была рассмотрена межлабораторная дисперсия в данных отражательной способности витринита, одного из основных показателей зрелости ОВ и палеотемпературных условий вмещающих отложений. Таким образом, были созданы параллельные выборки – материал для исследования межлабораторной дисперсии.

В настоящее время наиболее широко применяемым методом исследования углеводородообразующих (УВ-образующих) свойств пород является пиролиз. Пиролизом называется термальное воздействие на образец породы в бескислородной среде с целью выделения летучих органических соединений из ОВ, содержащегося в твердой минеральной матрице. С помощью этого метода можно получить информацию о количестве, качестве, УВ-генерирующем потенциале и термической зрелости ОВ (Тиссо, Вельте,1981; Peters, 1986).

Таблица 2

Статистическая характеристика межлабораторной дисперсии в геохимических данных (Dembicki, 1984)

Показатель	Возраст: средний миоцен; литология: глина; глубина отбора: 2088 м; обстановка осадконакопления: дельтовая				Возраст: мел; литология: глина; глубина отбора: 3474 м; обстановка осадконакопления: озерная			
	мин.	макс.	среднее	станд. откл.	мин.	макс.	среднее	станд. откл.
TOC (вес.%)	0,15	0,51	0,26	0,08	2,62	3,25	2,95	0,17
S1(ppм)	12	1100	136.7	284	800	11700	1783	2523
S2(ppм)	30	1300	224	319	120	8200	1169	1799
$T_{макс}(^oC)$	421	458	441	9.3	385	502	464	35
R_o (%)	0,34	0,96	0,75	0,18	0,62	2,29	1,29	0,56

Дисперсия между геохимическими данными, генерированными в трех различных лабораториях, в результате анализа одних и тех же образцов пород обсуждается на примере 2-х наборов. Первый набор состоял из результатов анализа образцов, отобранных на обнажении верхнемайкопских отложений, находящемся у села Хилмилли в северо-западной части Шамаха-Гобустанского района. Поскольку майкопские отложения в этом районе не погружались на глубины, необходимые для катагенетического преобразования ОВ (среднее значение $\%R_o$=0,36), последнее осталось неизменным с геохимической точки зрения. Для краткости первым, вторым и третьим массивами назовем параллельные анализы, выполненные на одних и тех же образцах пород, соответственно в первой, второй и третьей лабораториях.

Для графического изучения межлабораторной дисперсии была построена серия точечных диаграмм для пяти основных геохимических параметров пиролиза (рис. 2). На каждой из диаграмм по горизонтальной оси отражены данные первого массива, по вертикальной – второго массива. Параллельно осям диаграммы были размещены соответствующие гистограммы распределения.

Идеальная корреляция между данными двух лабораторий предполагает расположение точек вдоль линии равных значений. Если поле данных смещено в ту или иную сторону от этой линии, то это говорит о наличии систематического смещения в совместном распределении значений. Анализ построенных диаграмм показывает, что выявленные различия в анализах имеют различную природу и обусловлены: (1) межлабораторной дисперсией; (2) неоднородностью пород; и (3) ошибками в измерениях. Наличие существенной дисперсии в данных и расположение модальных пиков параллельных массивов на различных сегментах шкалы гистограмм, а также отличие их по форме подтверждают сделанный вывод.

Важной особенностью совместного распределения двух переменных является степень рассеяния. Слабая зависимость между параллельными массивами измерений указывает на высокую степень неоднородности в распределении содержания ОВ и его качества в пределах образцов пород. При этом также необходимо учитывать влияние межлабораторной дисперсии на ослабление корреляции между параметрами.

Для количественной оценки зависимости между рассмотренными геохимическими параметрами были вычислены коэффициенты парной корреляции (Дэвис, 1990). Наиболее тесная корреляционная связь была отмечена между массивами TOC (R=0,68), для остальных параметров она была незначимой и не превышала 0,53. Напомним, что крайние значения R (-1,0 и 1,0) ассоциируются соответственно с обратной и прямой идеальной линейной зависимостью. Значение R, близкое к нулю, говорит об отсутствии какой-либо линейной корреляционной связи.

В таблице 3 приводится статистическая характеристика по параллельным массивам трех геохимических параметров и их относительная разность в процентах. Значения относительной разности статистических показателей изменяются в пределах 3-90%, демонстрируя насколько существенна неоднородность в распределении изучаемых массивов геохимических параметров.

Второй набор состоял из результатов анализа образцов, отобранных на обнажении среднеюрских отложений, расположенном на северном склоне Б.Кавказа в русле реки Джимичай. ОВ в этих отложениях претерпело глубокое катагенетическое преобразование (среднее значение $\%R_o$=1,57), следовательно, геохимическая характеристика этих образцов будет отличаться от рассмотренного ранее первого набора. Кстати, для данного набора совместное распределение исследуется на примере 1-ой и 3-ей лабораторий (рис. 3).

Как следует из рис. 3, наблюдается отсутствие (по углеводородному выходу пиролиза S2, водородному индексу HI и индексу продуктивности PI) или слабая корреляция {по TOC (R=0,56) и $T_{макс}$ (R=0,56)} между параллельными массивами. Как и в предыдущем наборе, точечное поле опущено ниже линии равных значений, указывая тем самым на наличие систематического смещения в измерениях. Последнее четко обнаруживается при сравнении частотных диаграмм. Сравниваемые массивы геохимических параметров отличаются как по форме распределения частотных колонок, так и по позиции, занимаемой ими на шкале значений.

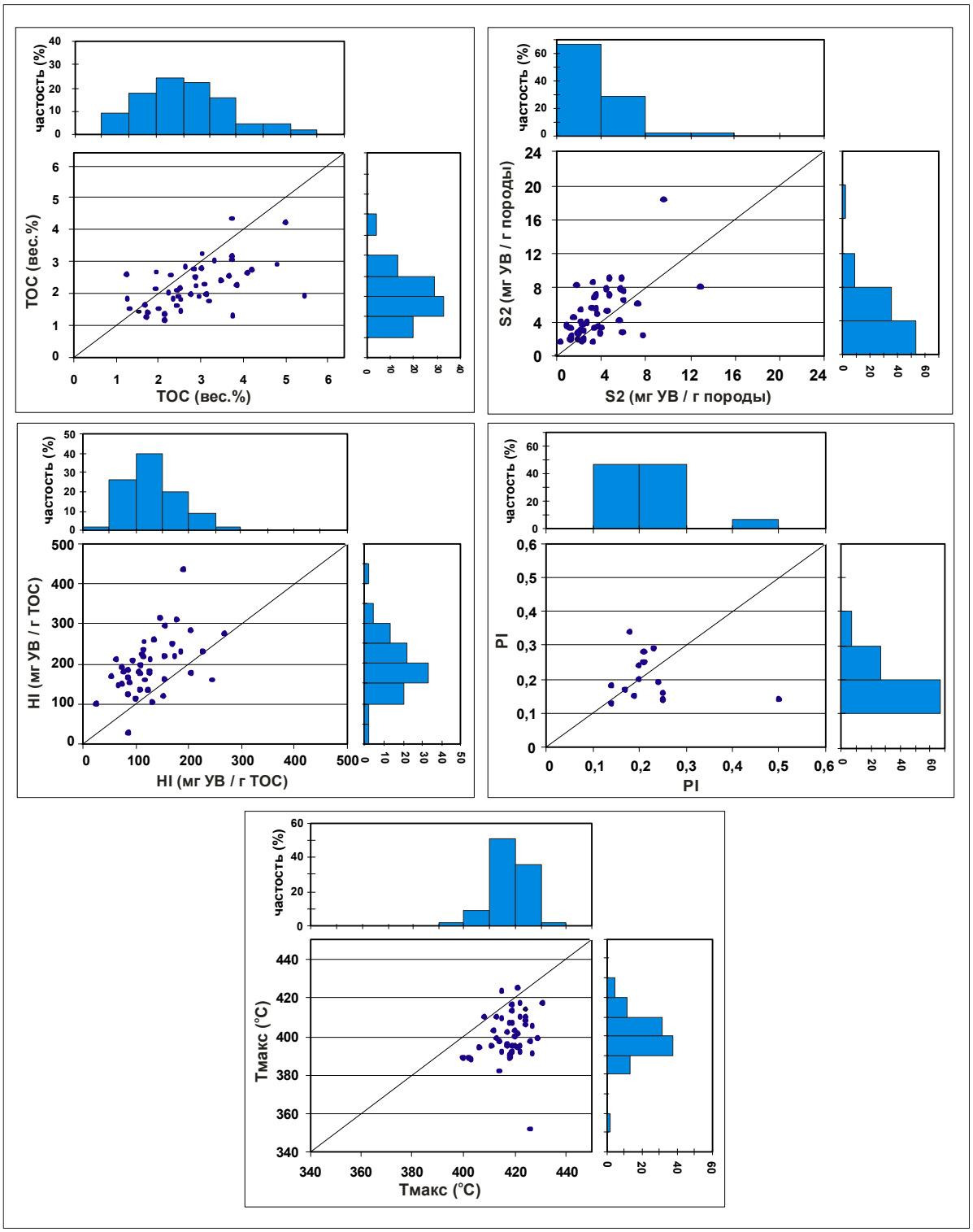


Рис. 2. Совместное распределение параллельных массивов данных по пяти основным геохимическим показателям ОВ в верхнемайкопских отложениях

Статистическая характеристика по массивам геохимических показателей, характеризующих ОВ в среднеюрских отложениях, приводится в таблице 4. Значения относительной разности статистических показателей изменяются в пределах 1-113%, показывая существенное различие в значениях параллельных массивов геохимических параметров.

На примере рассмотренных выше наборов было показано влияние двух основных факторов, обуславливающих различие между параллельными массивами геохимических анализов. Первый из них – это неравномерность распределения органических остатков в минеральной матрице породы. Влияние этого фактора на статистические характеристики изучаемого набора может быть существенным только для выборок с небольшим объемом; с увеличением объема выборки оно должно свестись к нулю. Второй фактор связан с методическими особенностями пиролитических исследований, поскольку в различных лабораториях применяются отличающиеся друг от друга разновидности пиролиза. Указанные расхождения в анализах могут отразиться в выводах, связанных с оценкой количественных и качественных свойств ОВ.

Таблица 3

Статистическая характеристика данных пиролиза по двум лабораториям (образцы из обнажения верхнемайкопских отложений у села Хилмилли Шамахинского района)

Показатель	TOC (вес.%)			HI (мг УВ / г TOC)			S2 (мг УВ/г породы)		
	лаб.1	лаб.2	d*	лаб.1	лаб.2	d	лаб.1	лаб.2	d
Количество образцов	45	45		45	45		45	45	
Минимум	1,26	1,18	7%	26,3	27	-3%	0,35	1,5	-77%
Максимум	5,47	4,34	26%	268,4	434	-38%	12,9	18,3	-30%
Среднее	2,85	2,24	27%	128,8	194,8	-34%	3,7	4,8	-22%
Медиана	2,79	2,14	30%	118,3	182	-35%	3,32	3,8	-13%
Мода	3,75	1,97	90%	86,2	179	-52%	2,19	1,9	15%
Станд. отклонение	0,98	0,72	37%	51,5	69,7	-26%	2,4	3,1	-22%

* d = (лаб.1-лаб.2)/лаб.2×100

Таблица 4

Статистическая характеристика данных пиролиза по двум лабораториям (образцы из обнажения среднеюрских отложений русла реки Джимичай, Большой Кавказ)

Показатель	TOC (вес.%)			HI (мг УВ / г TOC)			S2 (мг УВ/г породы)		
	лаб.1	лаб.3	d*	лаб.1	лаб.3	d	лаб.1	лаб.3	d
Количество образцов	20	20		20	20		20	20	
Минимум	0,53	0,39	36%	21,5	30	-28%	0,23	0,15	53%
Максимум	1,54	1,01	52%	79,2	133	-40%	0,49	1,35	-64%
Среднее	0,93	0,66	40%	43,6	56,4	-23%	0,38	0,39	-1%
Медиана	0,93	0,65	43%	41	55	-25%	0,375	0,3	25%
Мода	0,78	0,65	20%	62,8	30	109%	0,49	0,23	113%
Станд. отклонение	0,25	0,19	32%	14,3	24,5	-42%	0,09	0,26	-67%

* d = (лаб.1-лаб.3)/лаб.3×100

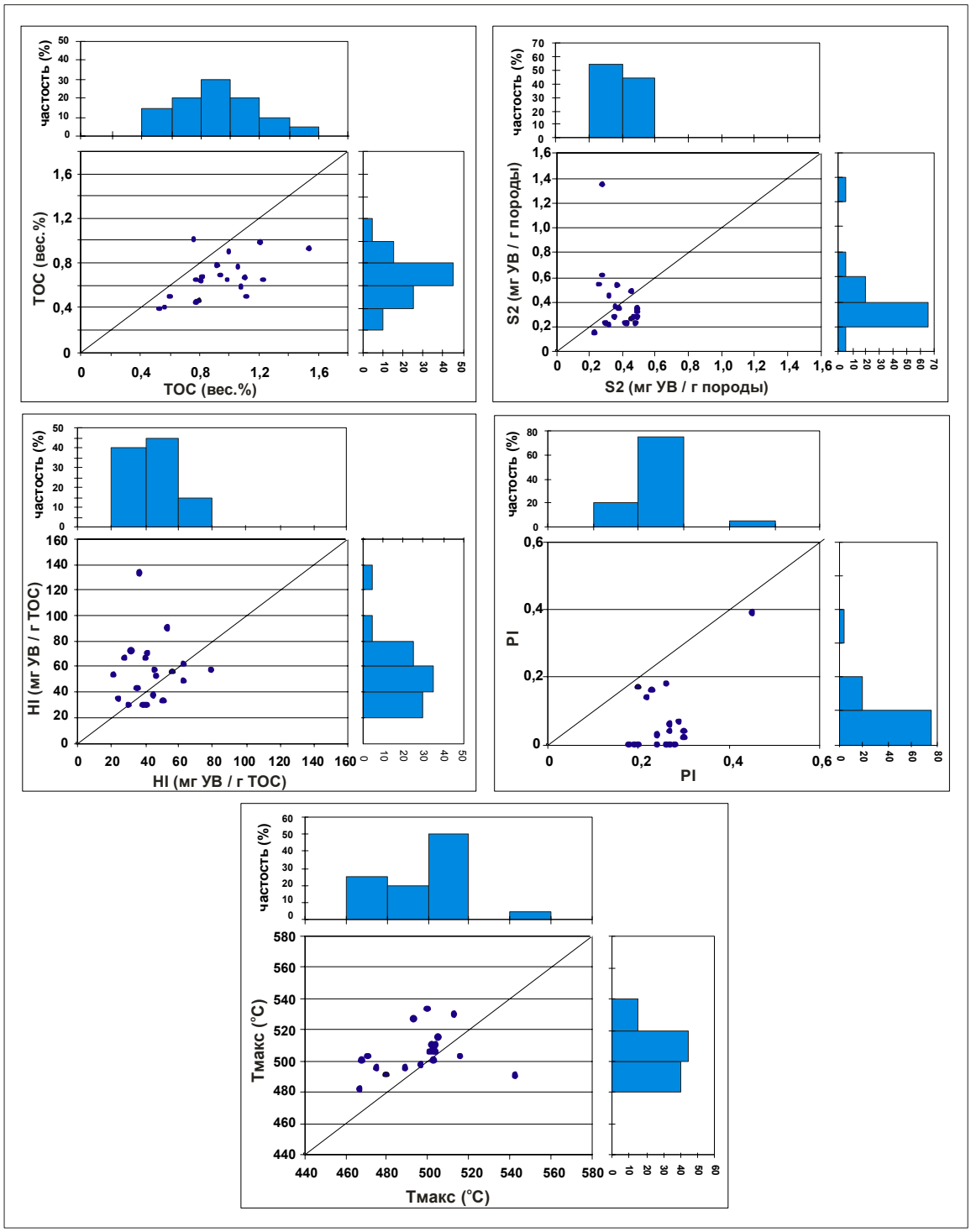


Рис. 3. Совместное распределение параллельных массивов данных по пяти основным геохимическим показателям ОВ в среднеюрских отложениях

Хорошим материалом для изучения различий, присущих распределениям данных, являются объединенные массивы, включающие геохимические анализы образцов пород из обнажений разных стратиграфических уровней мезокайнозоя Восточного Азербайджана, выполненные в различных лабораториях. В отличие от гистограмм индивидуальных выборок, в

гистограммах распределения TOC и HI для объединенных массивов видны четкие различия в формах распределения частот (рис. 4). Так, если для данных 1-ой лаборатории пик частоты для содержания ОВ соответствует интервалу 0,4-1,3%, то для параллельного массива он приходится на интервал 0,0-0,3%. Такое различие не может не отразиться на распределении значений HI. Если отсечь "хвосты" распределений (крайние участки с минимальными частотами) и взять приблизительно 90% частотной площади, то найдем интервалы 20-200 мг УВ / г TOC и 100-300 мг УВ / г TOC соответственно для 1-ой и 2-ой лабораторий. Кроме того, распределение частот указывает на совершенно разные их типы, отражающие инструментальные и методические различия в выполненных в различных лабораториях геохимических анализах.

Существенная дисперсия между лабораторными измерениями отмечается не только для данных пиролиза, но и для такой точной аналитической области, как изотопная масспектрометрия. Наряду с биомаркерными данными, изотопный состав углерода является одним из основных показателей при корреляции «материнская порода – нефть» и «нефть – нефть». Например, различия на уровне 1-2‰ считаются достаточными для диагностирования упомянутых корреляционных связей.

В таблице 5 приводятся данные по количеству экстракта ОВ, TOC, HI и изотопному составу углерода (ИСУ) экстракта и его алифатической и ароматической фракций (данные Unocal и APTI). Привлекает внимание сильное расхождение в значениях ИСУ. По алифатической и ароматической фракциям ИСУ значительно легче по данным Unocal, чем по данным APTI (разность составляет -5,41 и -3,06‰ соответственно). Такое различие можно было бы классифицировать как существенная межлабораторная дисперсия. Однако обратный характер соотношения ИСУ экстракта в целом (разность +3,92‰) позволяет заключить, что причиной выявленных различий в ИСУ, скорее всего, является ошибка измерения в одной из лабораторий.

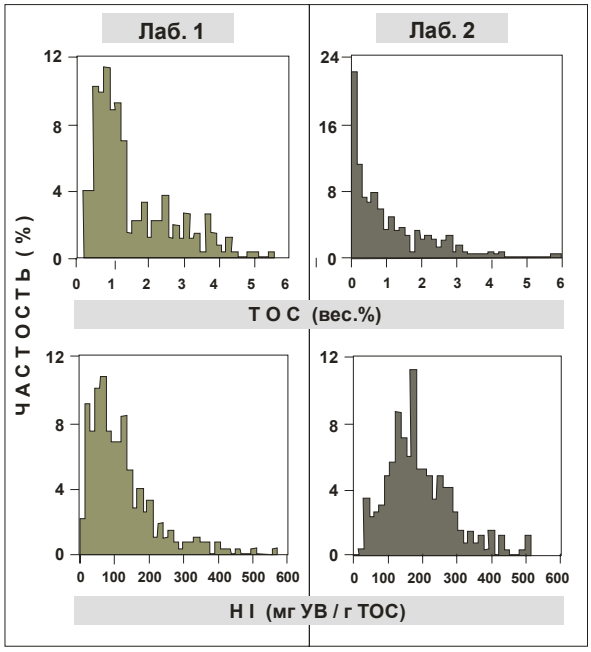


Рис. 4. Гистограммы содержания ОВ (TOC) и водородного индекса (HI), построенные с использованием объединенного набора данных по мезо-кайнозойским породам восточного Азербайджана

Таблица 5

Расхождение в результатах параллельных анализов ИСУ экстракта ОВ и его фракций, выполненных в двух лабораториях (образец из месторождения Сангачал-дениз, скв.№ 550, глуб. 4682-4688 м, диатом)

Лаб.	Изотопный состав углерода (‰)			Экстракт (ppm)	TOC (вес.%)	HI (мг УВ / г TOC)
	Алифат.	Аромат.	Экстракт			
Unocal	-25,89	-26,24	-28,12	2407	3,07	587
APTI	-31,30	-29,30	-24,20	3030	3,53	629

Межлабораторная дисперсия характерна для определений еще одного геохимического параметра – отражательной способности витринита R_o. Как известно, этот параметр фиксирует максимальную температуру, в условиях которой когда-либо находились изучаемые породы. По этому показателю определяется стадия преобразования ОВ, частью которого является сам витринит. Этот параметр определяется оптическим методом самим исследователем. Поэтому результат измерения R_o в значительной мере зависит от опыта исследователя, его субъективной способности отличать сингенетичные частицы от переработанных.

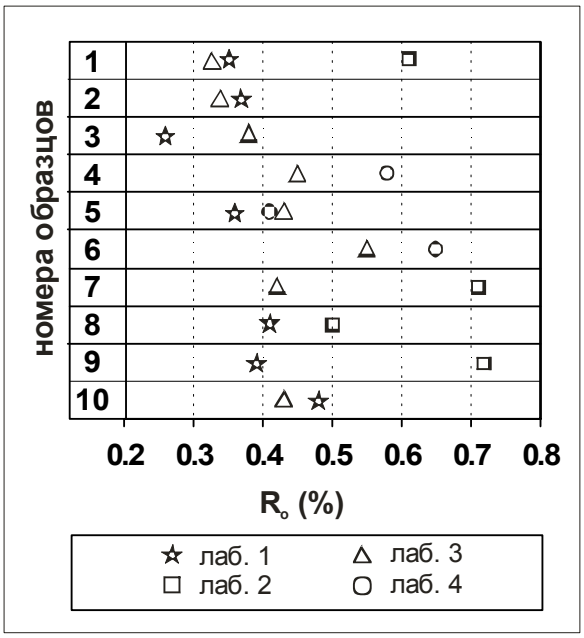


Рис. 5. Межлабораторная дисперсия в измерениях отражательной способности витринита в образцах керна из скважин нефтяных месторождений

На рис. 5 приводится диаграмма параллельных измерений для серии образцов керна из скважин, пробуренных на нефтяных месторождениях Восточного Азербайджана. Все образцы были отобраны из миоценовых отложений, кроме одного, обозначенного номером 10, который принадлежал верхнеюрским отложениям. Разница между параллельными определениями колеблется в диапазоне 0,02-0,33%. В сравнении с другими лабораториями высокими значениями выделяются данные 2-ой лаборатории, согласно которым образцы 1, 7 и 9 уже находятся (или находились) в термических условиях, соответствующих глубинам нефтяного окна (R_o>0,5%; Miles, 1991). Однако определения R_o для указанных образцов, выполненные в других лабораториях, указывают на термические условия, соответствующие глубинам значительно выше зоны нефтеобразования. Этот пример наглядно говорит о том, что разброс в числовых значениях R_o, связанный с субъективными и лабораторными особенностями измерений, может оказать существенное влияние на оценку зрелости ОВ пород.

Таким образом, существует комплекс различных факторов, значительно влияющих на результаты геохимических исследований и затрудняющих их интерпретацию.

Выводы

Существует комплекс различных факторов (точность и чувствительность аналитических приборов; объем выборки; методика отбора и неоднородность образцов; межлабораторная дисперсия), значительно влияющих на результаты геохимических исследований и затрудняющих их интерпретацию.

Одним из важных условий объективной оценки геохимической характеристики ОВ пород является использование статистически значимого объема анализов. Малый объем или неравномерный охват изучаемого геологического объекта могут привести к недооценке или переоценке его исследуемых свойств, в частности УВ потенциала материнской толщи и степени его термического преобразования.

Исследованиями пород из естественных обнажений и керна скважин и сравнением их результатов установлено, что экзогенные процессы существенно влияют на геохимические показатели. Геохимические параметры пород естественных обнажений характеризуются более низкими показаниями, чем керна скважин, менее подверженных влиянию гипергенных процессов. Для минимизации влияния этих процессов на результаты анализов обосновывается отбор проб с естественных обнажений с глубин не менее 1 метра.

На количественную и качественную оценку геохимических показателей ОВ породы и в целом исследуемых отложений значительно влияет также и гетерогенность состава пород.

На примере изотопных, геохимических (пиролиз пород) и оптических (определение отражательной способности витринита, R_o) исследований образцов пород с естественных обнажений мезокайнозойского интервала разреза и из скважин Южно-Каспийского бассейна показано существование проблемы расхождения аналитических данных различных лабораторий (межлабораторная дисперсия). Так, например, разница между параллельными измерениями R_o для образцов пород в ЮКБ колеблется в диапазоне 0,02-0,33%. Существенный разброс в значениях R_o, обусловленный субъективными и лабораторными особенностями измерений, оказывает существенное влияние на оценку зрелости ОВ пород и сделанные выводы относительно условий нефтегазообразования в бассейне.

В связи с вышеизложенным, существует необходимость стандартизации лабораторных методов исследования ОВ, что сделает возможным совместное использование и комбинирование геохимических данных, полученных в различных лабораториях.

ЛИТЕРАТУРА

ДЭВИС, Дж.С. 1990. Статистический анализ данных в геологии. Кн.1. Недра. Москва. 319.

ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А., ИСМАЙЛОВА, Г.Г. 2004. Некоторые методические аспекты геохимических исследований пород и флюидов. Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. *Материалы 7-ой международной конференции.* ГЕОС. Москва. 518-520.

DEMBICKI, H.Jr. 1984. An interlaboratory comparison of source rock data. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2641-2649.

MILES, J.A. 1991. Illustrated glossary of petroleum geochemistry. Clarendon Press. Oxford. 137.

PETERS, K.E. 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. *AAPG Bulletin*, 70, 3, 318-329.

ТИССО, Б., ВЕЛЬТЕ, Д. 1981. Образование и распространение нефти. Мир. Москва. 501.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана А.А.Фейзуллаев

© А.Я.Кабулова, Э.Ф.Алекперов, С.М.Байрамова, Е.Д.Севдимова, 2007

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА В ПРИРОДНЫХ ГАЗАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

А.Я.Кабулова, Э.Ф.Алекперов, С.М.Байрамова, Е.Д.Севдимова

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

В статье подробно описывается изменение распределения H_2S в составе газов минеральных источников, грязевых вулканов, в попутных и водорастворенных газах, а также в газогидратах. Также приводится сравнительный анализ содержания сероводорода в исследуемых объектах.

По количественному содержанию сероводорода в углеводородных соединениях природные газы Азербайджана относятся к категории ценных.

Полученные фактические материалы по попутным и водорастворенным газам нефтегазовых залежей, закономерностям распределения H_2S в грязевых вулканах с учетом увеличения его количества после извержения позволяют прогнозировать количественное содержание сероводорода в газах глубокозалегающих месторождений.

Важнейшей научно-практической задачей изучения химического состава газов является выявление закономерностей их распределения, которые служат индикаторами при поиске и разведке нефтегазовых залежей. Сероводород, наряду с основными компонентами природных газов: углеводородами (УВ), углекислотой, азотом и другими компонентами и примесями, является непременной составляющей частью природных газов. Изучение содержания сероводорода в составе УВ природных газов имеет важное значение, так как при эксплуатации, переработке и транспортировке он всегда является нежелательным компонентом. По сравнению с другими газами, входящими в состав природных газов Азербайджана, сероводород изучен мало. Единичные значения H_2S в газах грязевых вулканов приводятся в работе (Ковалевский, 1940).

В работе Кашкая М.А. «Минеральные источники Азербайджана» выделяются минеральные источники с выходами углеводородов, углекислого газа и сероводорода. В этой работе также приводится карта «Природные газы Азербайджана», составленная Кашкаем М.А. и Жабревым Д.В., в которой отмечены выходы сероводородных минеральных источников, распространенных в южной части Большого Кавказа.

Сероводород изучен нами в газах минеральных источников, грязевых вулканов, в попутных и водорастворенных газах, а также в газогидратах.

В минеральных источниках Азербайджана свободный сероводород обычно сопровождает сернистые источники, но содержание его в газовой смеси небольшое. Основным компонентом газов минеральных источников является углекислый газ, азот и метан. Минеральные источники с углекислым составом газа развиты на Малом Кавказе и частично в Талышской складчатой зоне (Бюлюдул, Вергядуз и т.д.), а с азотным (Бум, Джимжимах, Тенгиалты и т.д.) и метановым составом (Гурмухбулаг, Хал-Хал, Алтыагадж и т.д.) – в юго-восточной части Большого Кавказа. Благодаря пониженному содержанию сероводорода в составе газов минеральных источников, воды источников широко используются в Азербайджане. Запах H_2S у источников довольно сильный благодаря его способности к эвазии. Наличие запаха H_2S при выходе минерализованной воды на поверхность объясняется легкой растворимостью его в воде. Тем не менее, сильный запах H_2S не является показателем высокого его содержания в водах (0,1% свободного и 0,2% связанного).

На 32 грязевых вулканах Азербайджана в разное время отобраны пробы газов и изучен их состав по 120 анализам (средние содержания даны в таблице 1). Содержание H_2S в составе газа грязевых вулканов изменяется от следов до 0,75%; из них по данным анализов газов 14 грязевых вулканов содержание H_2S низкое (0,1-0,7%); а 18 грязевых вулканов – очень низкое (менее 0,1%) (Кабулова и др., 1989).

Низкие значения H_2S в составе газов грязевых вулканов подтверждаются рядом факторов: твердые выбросы грязевых вулканов представлены терригенными породами; содержание сульфатных минералов очень незначительно.

По данным грязевых вулканов нами составлена карта распределения H_2S (рис. 1). По содержанию H_2S выделены 3 зоны. Первая зона с минимальным содержанием H_2S (<0,01%) в газах грязевых вулканов охватывает Прикаспийско-Губинский и Абшеронский нефтегазоносные районы; вторая зона с содержанием H_2S 0,01-0,1% охватывает грязевые вулканы, расположенные в северном, центральном, юго-западном Гобустане и Нижнекуринском районе; третья зона с максимальным значением H_2S>0,1% в форме полосы, отделяющей первую и вторую зоны, охватывает грязевые вулканы, расположенные в северной части юго-западного и юго-восточного (Джейранкечмесская депрессия) Гобустана, грязевой вулкан Хамамдаг и все грязевые вулканы Бакинского архипелага.

Таблица 1

Химический состав газов грязевых вулканов Азербайджана

№№	Наименование Вулкана	Средние значения газа, в %						Примечания
		CH_4	ΣТУ	CO_2	N_2	H_2S	на карте	
1	Кайнарджа	96,23	0,08	0,52	2,94	0,003	1	
2	Абиха	95,30	0,16	0,6	4,0	Следы	12	
3	Арбат	94,10	0,10	0,8	5,0	Следы	10	
4	Перекишкюль	94,52	0,32	2,06	2,93	0,12	11	
5	Демирчи	94,6	0,15	1,70	3,5	0,01	2	
6	Астраханка	94,33	0,15	0,95	4,5	0,08	3	
7	Мадраса	91,43	0,09	6,76	1,65	0,06	4	
8	Набур	98,4	0,3	0,3	1,02	0,01	8	
9	Мелик-Чабанлы	91,6	0,4	2,4	5,6	0,03	5	
10	Гушчу	94,6	0,2	4,9	0,5	0,01	6	
11	Чайкурбанчи	96,64	0,19	0,26	2,95	0,01	7	
12	Донгуздык	92,78	3,93	1,4	1,7	0,14	9	
13	Чеилахтарма	95,58	0,37	1,78	2,28	0,15	16	
14	Чеилдаг	96,6	1,0	0,7	1,7	0,15	15	
15	Календарахтарма	97,46	0,28	0,77	1,48	0,01	17	
16	Шокихан	93,91	0,16	3,47	1,81	0,02	19	
17	Утальги	87,3	1,12	7,4	2,89	0,75	18	
18	Готурлыг	96,87	1,02	0,62	1,45	0,16	21	
19	Айрантекен	98,0	0,008	0,83	1,13	0,03	20	
20	Готурдаг	97,11	0,008	0,86	1,97	0,03	22	
21	Дашгиль	98,4	следы	0,5	1,0	0,04	23	
22	Ахтармаарды	96,0	0,1	13,3	0,4	0,06	13	
23	Ахтарма-Пашалы	97,4	0,01	1,36	1,1	0,01	14	
24	Хамамдаг	88,0	7,76	2,28	1,86	0,16	24	до извержения
25	Хамамдаг	75,28	14,14	0,61	8,5	1,44	24	после извержения
26	Хара-Зиря	96,02	1,51	0,5	1,73	0,18	25	
27	Гара-су	96,72	0,55	0,74	2,0	0,2	26	
28	Санги-Мугань	95,46	1,62	0,8	1,96	0,24	27	
29	Чигиль	97,58	0,5	0,3	1,4	0,22	28	
30	Кюрдашы	89,31	7,3	0,96	2,17	0,28	29	
31	Банка Ливанова	79,6	16,6	1,1	1,8	0,9		после извержения
32	Алачыг	90,8	0,54	0,48	8,17	0,009		
33	Кила-Купра (западная)	90,7	4,0	2,9	2,24	0,16		

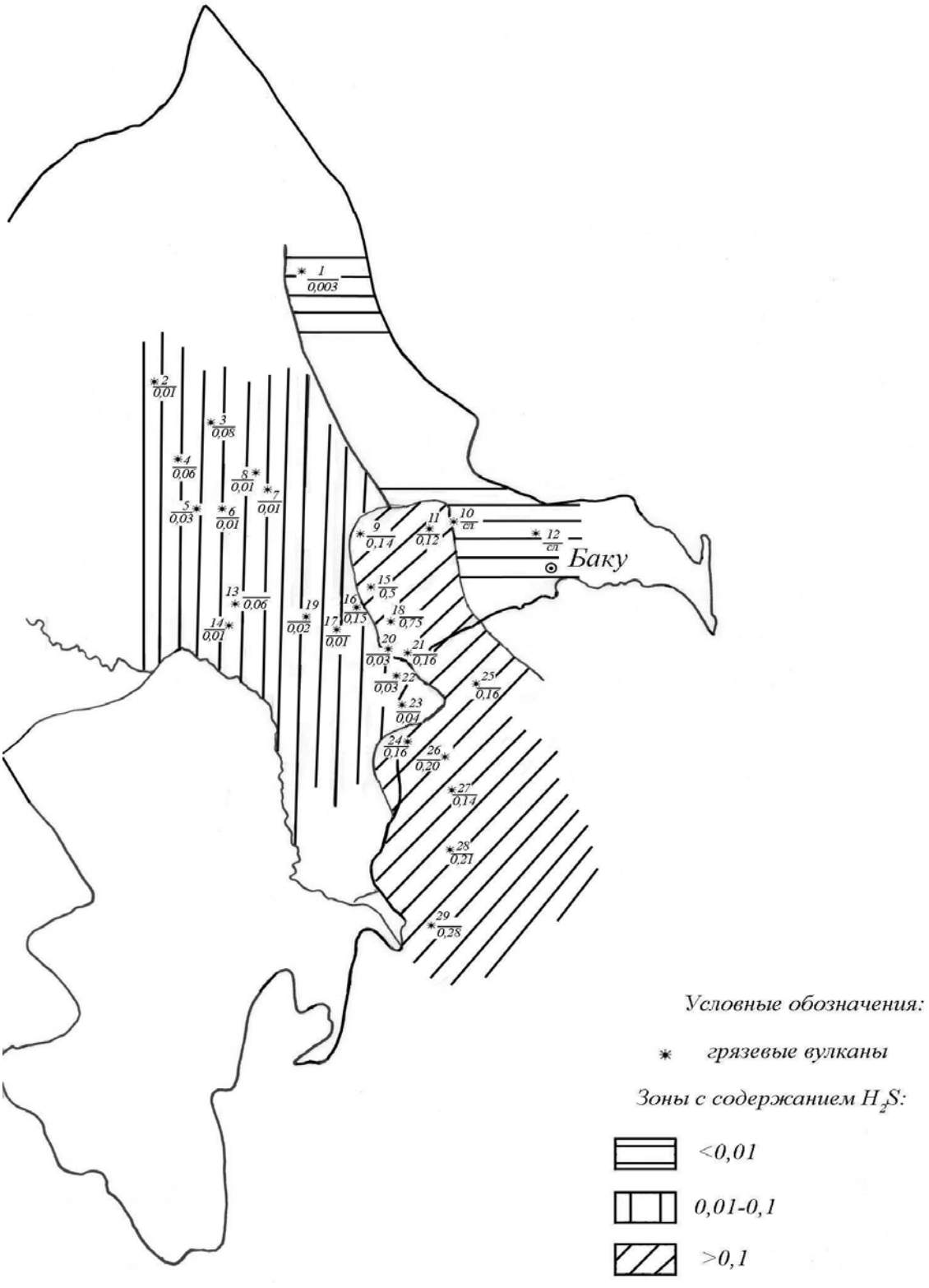


Рис. 1. Изменение содержания H_2S в составе газа грязевых вулканов Азербайджана.

Различие значений H_2S по вулканам связано со следующими геолого-геохимическими факторами: тектоническими условиями, структурным положением, литологическим составом пород, соотношением флюидов, гидрохимическими условиями и т.д. Выделение зоны в целом обусловлено увеличением в южном и юго-восточном направлении мощности осадков, слагающих грязевые вулканы, а также поступлением газа из зон АВПД. Следует отметить, что в составе газа грязевого вулкана, отобранного сразу после извержения, по сравнению со спокойной деятельностью содержание H_2S в несколько раз повышено.

Водорастворенные газы изучены в 15 (35 анализов) (таблица 2) нефтегазовых месторождениях Азербайджана. По имеющимся анализам составлена карта распределения H_2S в водорастворенных газах (рис. 2).

По водорастворенным газам выделяются 3 зоны (рис.2): первая – со значениями H_2S<0,1%, вторая зона – со значением 0,1-0,5%, а третья зона – >0,5%. Первая зона охватывает водорастворенные газы Прикаспийско-Губинского и частично Абшеронского нефтегазоносных районов; вторая зона выделена в пределах Нижнекуринского нефтегазоносного района. Третья зона с наибольшим значением H_2S (0,6-0,85%, т.е. >0,5%), расположена (среднеэоценовые и верхнемеловые отложения) в Евлах-Агджабединском районе. В первой и второй зонах в юго-восточном направлении отмечено общее уменьшение H_2S, а в третьей зоне, наоборот, с северо-запада на юго-восток содержание H_2S в водорастворенных газах увеличивается.

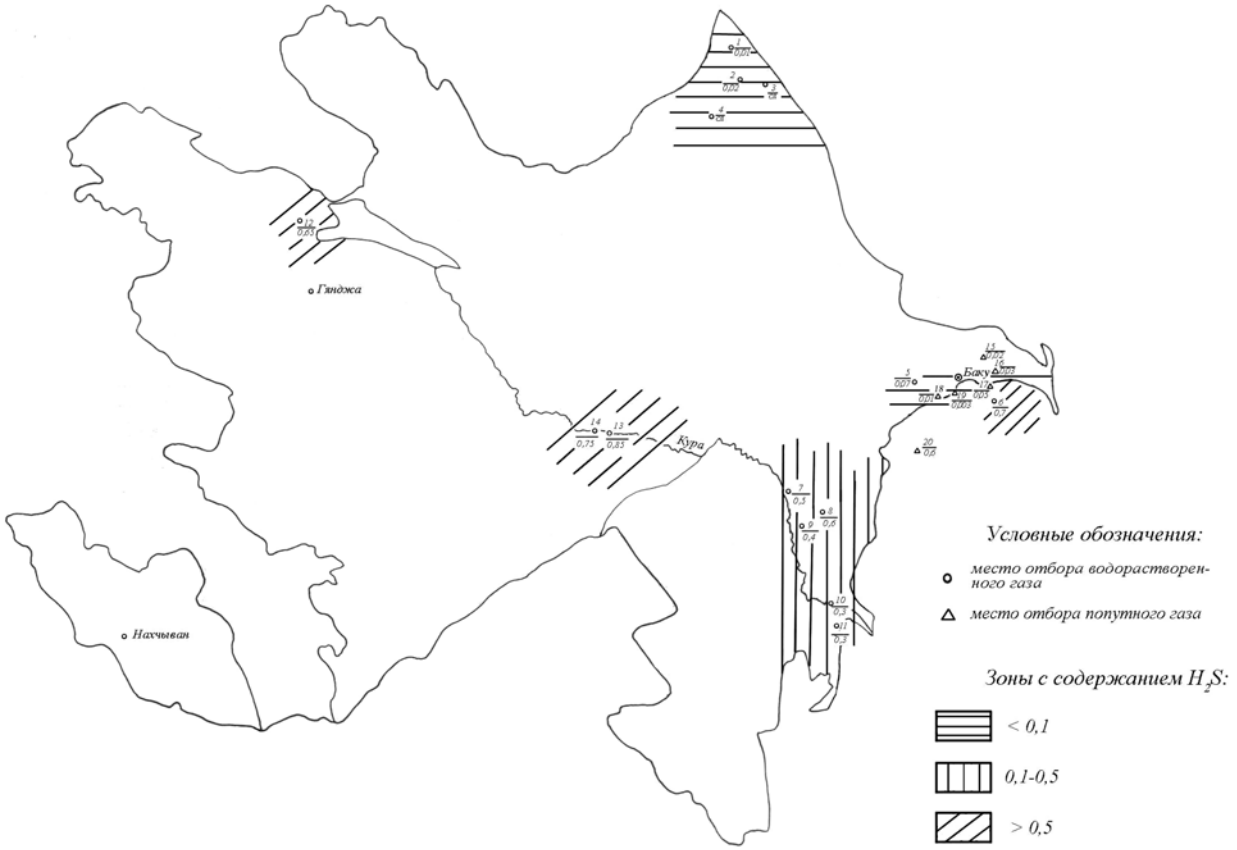


Рис. 2. Изменение содержания H_2S в составе водорастворенных газов нефтегазовых месторождений Азербайджана.

Сопоставление содержания H_2S в водорастворенных газах плиоценовых отложений с таковыми среднеэоценовых и верхнемеловых отложений показывает, что газы последних более обогащены сероводородом. Это связано с литологическим составом пород. Так, в водорастворенных газах плиоценовых отложений, представленных терригенными породами, содержание H_2S незначительно, так как он осаждается катионами металлов в виде FeS, $FeSO_4$, $MgSO_4$ и т.д. В водорастворенных газах среднеэоценовых и верхнемеловых отложений Евлах-Агджабединского района, представленных вулканогенно-карбонатными породами, концентрация сероводорода выше.

Основным показателем водорастворенных газов является газонасыщенность, которая в исследованных месторождениях изменяется от 0,02 $м^3/м^3$ до 31,3 $м^3/м^3$. Для выявления зависимости содержания H_2S от газонасыщенности (таблица 2) составлен график (рис. 3, а). Как видно из графика, с увеличением газонасыщенности содержание H_2S в водорастворенном газе увеличивается.

Попутные газы изучены (70 анализов) в 6 нефтегазовых месторождениях Азербайджана (таблица 2). От месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы к месторождению Сураханы-Гарачухур и далее на юг-юго-восток к месторождению Дуванный-дениз в составе газов ПТ содержание H_2S увеличивается. Увеличение H_2S наблюдается и по стратиграфическому разрезу. Так, по месторождению Сураханы, начиная с I горизонта ПТ, и до ПК свиты содержание H_2S увеличивается от 0,001 до 0,091%.

Таблица 2

Химический состав водорастворенных газов Азербайджана

№№	Наименование месторождения	Страт. возраст	Глубина отбора (м)	Газонасыщенность, $м^3/м^3$	Средние значения газа в %					
					CH_4	ΣТУ	CO_2	N_2	H_2S	№ на карте
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Ялама	верх. ПТ	1700	0,02	70,0	0,036	сл.	29,9	0,01	1
2	Худат	ниж. м.	2400	0,04	94,39	3,01	0,12	2,69	0,02	2
3	Гусары	ср. юра	2500	0,01	89,65	0,0001	0,001	10,0	сл.	3
4	Набрань	верх. ПТ	1500	0,02	34,6	2,4	4,06	58,85	сл.	4
5	Кер-гез	верх. ПТ	970	0,8	98,2	0,62	0,66	0,43	0,07	5
6	Гум-дениз	ПК	3170	31,29	91,5	6,4	0,03	0,36	1,0	6
7	Гум-дениз	IX ПТ	2300	20,0	93,62	5,82	0,1	0,1	0,25	
8	Кюровдаг	ср. Ар	1520	0,882	76,44	21,35	0,1	2,01	0,25	7
9	Кюровдаг	I ПТ	1450	1,5	85,15	5,92	0,48	7,38	0,76	
10	Гарабаглы	Ар	1760	2,453	95,0	2,6	0,02	2,2	0,10	9
11	Гарабаглы	II ПТ	2500	2,325	89	7,0	0,01	3,1	0,40	
12	Кюрсангя	I ПТ	2700	2,7	91,4	3,85	0,17	4,2	0,21	8
13	Нефтчала	I ПТ	2000	1,8	90,36	2,0	0,77	6,51	0,30	11
14	Хиллы	I ПТ	1100	0,85	87,68	0,1	0,15	11,75	0,35	10
15	Хиллы	II ПТ	1200	0,80	91,56	0,003	0,44	7,8	0,14	
16	Хиллы	VI ПТ	1700	0,89	92,34	0,02	0,57	7,06	0,17	
17	Джафарлы	ср. эоц.	2800	8,3	59,37	28,2	0,06	11,64	0,75	14
18	Тарсдалляр	ср. эоц.	3000	2,474	64,82	32,6	сл.	0,51	0,57	12
19	Мурадханлы	ср. эоц.	1800	12,5	58,86	35,14	0,08	5,07	0,85	13
20	Мурадханлы	в. мел	3000	11,718	71,8	19,7	0,02	8,0	0,80	

Таблица 3

Химический состав газов нефтегазовых месторождений Азербайджана

№№	Наименование месторождения	Возраст вмещающих пород	Средние значения, в %				
			CH_4	ΣТУ	CO_2	H_2S	№ на карте
1	Балаханы-Сабунчи-Раманы	КС	95,3	4,3	0,4	0,02	15
		ПК	87,58	3,09	9,32	0,02	
		ПТ	91,5	3,69	4,86	0,02	
2	Сураханы	I	58,84	11,9	29,2	0,0013	16
		II	67,34	5,96	26,69	0,0055	
		III	65,67	5,07	21,4	0,051	
		IV	60,01	6,39	33,65	0,0052	
		V	63,27	8,6	28,12	0,0047	
		НКГ	79,92	9,4	10,67	0,03	
		ПК	90,17	4,27	5,46	0,091	
		ПТ	69,31	7,37	22,17	0,028	
3	Гарачухур	ПК	88,6	5,67	6,75	0,049	17
4	Локбатан	VII	84,9	4,25	10,8	0,015	18
		ПК	92,89	4,96	2,15	0,001	
		ПТ	88,94	4,54	6,47	0,008	
5	Бибиэйбат	III	75,71	10,91	13,4	0,002	19
		V	82,3	10,51	7,18	сл.	
		VII	75,87	12,8	11,33	сл.	
		XI	74,38	12,22	13,4	сл.	
		XII	70,47	11,19	18,34	сл.	
		XV	85,19	10,11	4,76	0,001	
		ПК	94,29	3,31	2,3	0,004	
		ПТ	91,5	3,69	4,86	0,001	
6	Дуванный-дениз	VII	89,18	10,0	0,25	0,57	20

Амурским и др. (1977) установлено, что от нефтегазовых к газонефтяным и газоконденсатным типам залежей содержание H_2S увеличивается. Так, для залежей, где газоконденсатный фактор равен 100; 200 $м^3$/т, содержание $H_2S < 1$, а где он более 1000 $м^3$/т, содержание $H_2S > 1$. Нами сопоставлено содержание H_2S нефтегазовых месторождений с коэффициентом газоносности отдельных месторождений и свит. В результате выяснено, что с увеличением газоносности содержание H_2S увеличивается. Так, по ПК свите на Балаханы-Сабунчи-Раманинском месторождении коэффициент газоносности составляет 9,8, а содержание H_2S – 0,02%; соответственно для месторождения Сураханы эти значения составляют 108,0 и 0,091%, а для месторождения Гарачухур – 56,5 и 0,05%.

Изменение содержания H_2S и соответственно газоносности наблюдается и по разрезу от сураханской к ПК свите. Так, на месторождении Сураханы от сураханской свиты к ПК свите газоносность увеличивается от 28,0 до 108, а содержание H_2S увеличивается от 0,0013 до 0,091%, по месторождению Бибиэйбат эти величины изменяются соответственно от 9,0 до 100 и от 0,002% до 0,004%. На месторождении 8 Марта (Дуванный-2) для низов VII горизонта ПТ газоконденсатный фактор составляет 200 $м^3$/т, а содержание H_2S – 0,57%.

Для выявления взаимосвязи сероводорода с некоторыми компонентами, входящими в состав газов грязевых вулканов, по средним значениям составлен график зависимости H_2S от ΣТУ и CO_2. Как видно из графиков (рис. 3, б, в), с увеличением H_2S содержания

ΣТУ и CO_2 в составе газа увеличиваются. Однако вышеуказанная зависимость для попутных и водорастворенных газов нефтегазовых залежей не наблюдается. Видимо, здесь имеет место влияние других факторов.

Одной из основных геохимических особенностей сероводорода является чрезвычайно высокая его растворимость в жидких пластовых флюидах. С этих позиций рассмотрена зависимость между содержаниями SO_4^{2-} в водах грязевых вулканов и H_2S в составе газа.

Как известно, воды грязевых вулканов бессульфатны или содержат их в себе в незначительном количестве. Для одних и тех же грязевых вулканов определены содержания SO_4^{2-} в водах и H_2S в составе газа и составлен график (рис. 3, г), указывающий на их прямую зависимость.

Из-за отсутствия данных по содержанию SO_4^{2-} в водах изученных попутных и водорастворенных газов составление для них подобных таблиц и графиков оказалось невозможным. Однако известно, что воды нефтегазовых залежей, как и воды грязевых вулканов, бессульфатны и содержание H_2S в них незначительно. В таком случае вышеуказанную зависимость можно применить и для нефтегазовых залежей.

В результате многолетних исследований (Гусейнов, Дадашев, 2000) на дне Каспийского моря открыты скопления газогидратов (месторождения Буздаг, Элм и Абиха). Анализ гидратов показал, что они имеют углеводородный состав и характеризуются весьма высоким содержанием метана. В изученных гидратных газах неизменно присутствует сероводород. Его запах ощущается во всех пробах, поднятых со дна, а содержание изменяется от 0,03 до 0,87%.

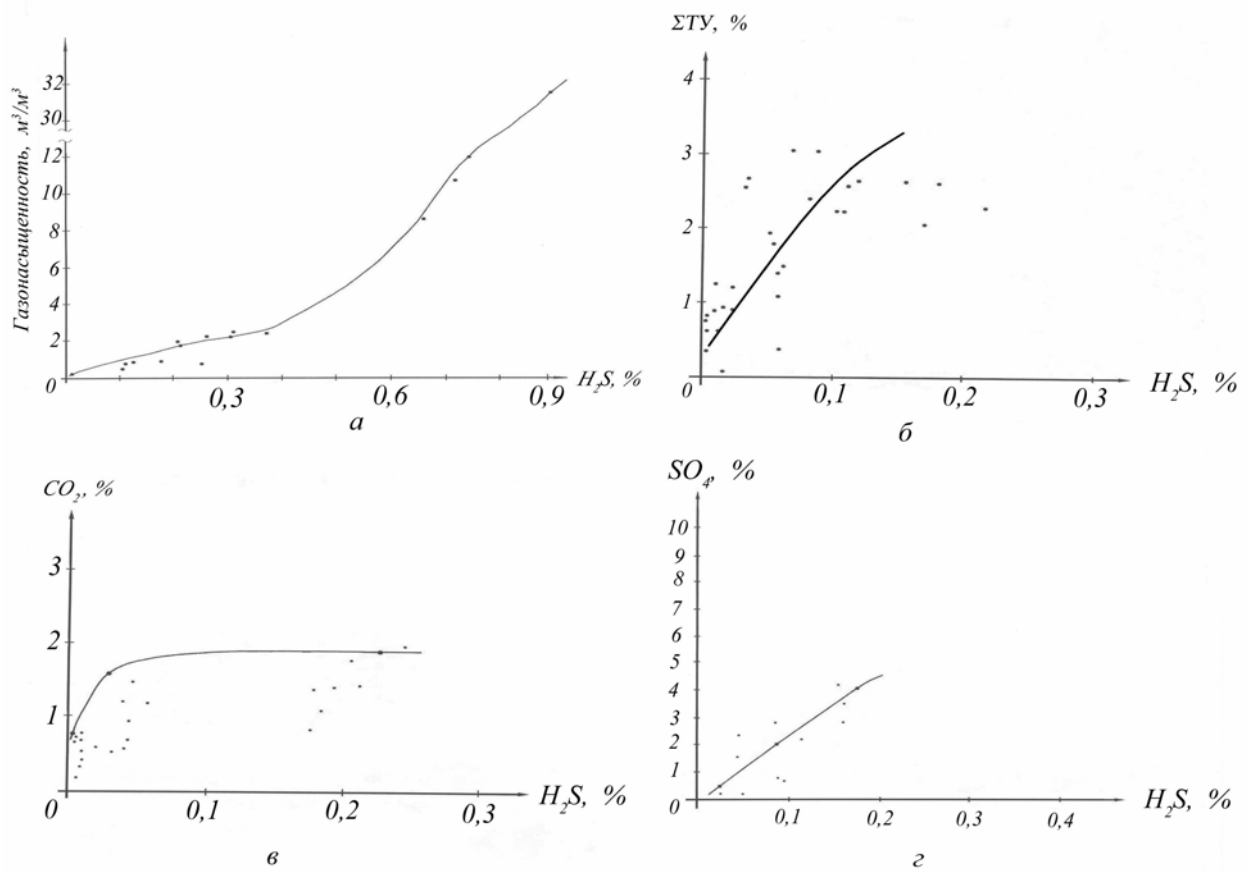


Рис. 3. Зависимости содержания H_2S от:
а) газонасыщенности водорастворенных газов;
б) содержания ΣТУ в составе газа грязевых вулканов;
в) содержания CO_2 в составе газа грязевых вулканов;
г) изменения сульфатного иона в водах газа грязевых вулканов.

Сопоставление содержания сероводорода в природных газах показывает, что пределы изменения H_2S для газов грязевых вулканов колеблются от следов до 0,75% (в среднем 0,44%), для водорастворенных газов – от следов до 1,0% (в среднем 0,34%), для попутных газов – от следов до 0,09% (в среднем 0,04%) и для газогидратов – от 0,03% до 0,87% (в среднем 0,30%).

По средним величинам наибольшими значениями H_2S характеризуются водорастворенные газы и газогидраты. Как по пределам изменения, так и по средним величинам в попутных газах содержание H_2S наименьшее.

В целом, 80% природных газов Азербайджана по содержанию H_2S относятся к очень низким, 19,6% − к низким и 0,4% − к средним категориям.

Определенный интерес представляют пути образования сероводорода в нефтегазоносном бассейне. Сероводород в изученных природных газах может образоваться следующими путями.

На малых глубинах он образуется под влиянием микробиальных процессов на участках активной инфильтрации пресных вод. Наличие серобактерий в водах продуктивной толщи (НКГ, НКП, КС) впервые было обнаружено Малышеком и др. (1935) на глубине 1300-1400 м. По их мнению, сульфатные, пурпурные бактерии способствуют образованию H_2S. Этим авторы подтверждают высказывания Вернадского В.И. о том, что такие бактерии могут существовать еще глубже, чем 1300-1400 м. Вернадский В.И. считал, что H_2S и сернистые соединения выше кислородной поверхности образуются в земной коре при выделении энергии, связанной с изменением органического вещества. Микробиальные процессы, сопровождающие взаимодействие сульфатов и органического вещества, принято относить к основным источникам образования H_2S в природе.

В окраинных частях бассейна, в связи с поступлением инфильтрационных вод в зону аэрации, сероводород микробиального происхождения окисляется кислородом воздуха до появления свободной серы. Наличие серных налетов в некоторых вулканах (Перекишкюль, Шихзагирли, Дашмардан и т.д.) может свидетельствовать об образовании H_2S в составе газов этих вулканов микробиальным путем.

Другим важным фактором образования H_2S является происходящее в процессе катагенетического изменения пород преобразование рассеянных в них сероорганических соединений, устойчивых только при невысоких температурах и давлениях. По мере погружения осадочных толщ, вмещающих сероорганические соединения, они подвергаются воздействию более высоких температур и давлений, в результате чего происходит последовательное выделение сероводорода.

Сероводород на глубинах порядка 2-3 км в зависимости от конкретных термодинамических условий в 50-100 раз более растворим в воде, чем метан и его гомологи; сорбция сероводорода нефтью и рассеянным органическим веществом происходит значительно интенсивнее, чем метана; в отличие от метана и его гомологов сероводород вступает в химическое взаимодействие с различными веществами литологической среды, и поэтому даже относительно небольшие концентрации H_2S в природном газе могут указывать на его более интенсивную по сравнению с метаном генерацию. Например, чтобы на глубине 4000 м сформировалась залежь природного газа (состоящая из равных частей CH_4 и H_2S) путем выделения растворенного газа из газонасыщенных пластовых вод, в последних должно быть растворено сероводорода почти в 100 раз больше, чем метана. Если на этой глубине предельно насыщенные пластовые воды, содержащие одинаковое количество сероводорода и метана, формируют скопление свободного газа, то в них содержание H_2S составит 1% (Амурский и др., 1977).

В этих условиях литологическая среда является одним из важных условий при накоплении сероводорода. Закономерности распространения и образования сероводорода в природных газах мира (Амурский и др., 1977; Анисимов, 1970; Якуцени и др., 1984) изучены сравнительно хорошо, поэтому можно отметить, что сернистые газы с повышенным и высоким содержанием сероводорода появляются главным образом в тех регионах, разрез которых сложен преимущественно карбонатными и сульфатными породами.

Как известно, изученные нефтегазоносные районы Азербайджана сложены терригенными отложениями.

В терригенных породах, как указывал А.Л.Козлов (1950), газ обычно не содержит H_2S, так как он осаждается катионами металлов в виде FeS, $FeSO_4$, $MgSO_4$, концентрация которых в терригенных породах выше, чем в карбонатных. При фильтрации УВ в терригенных отложениях возможно весьма тесное соприкосновение нефти и газа с гравитационными и связанными водами. В терригенных породах при фильтрации по трещинам объем гомогенной массы нефти и газа может быть значительно больше, чем в пористой среде, а значит, создаются благоприятные условия для очистки нефти и газа от сероводорода. При этом в пределах разломов, секущих грязевые вулканы, создаются депрессионные зоны, обуславливающие интенсивное разгазирование (десорбция) пластовых флюидов. Новое поступление газа с участков АВПД приводит к повышенной концентрации сероводорода. Это подтверждается повышенным содержанием сероводорода в составе газов грязевого вулкана Хамамдаг (1,41%) и б.Ливанова (0,9%), отобранных после извержения.

Следовательно, сероводород в природных газах Азербайджана образуется двумя вышеуказанными путями: на малых глубинах микробиальным путем, а в глубокопогруженных отложениях – преобразованием рассеянного органического вещества, происходящим в процессе катагенетического изменения пород.

Таким образом, в целом по мере погружения отложений с северо-запада на юго-восток в составе природных газов содержание H_2S увеличивается. Однако оно контролируется различными факторами. Так, увеличение H_2S в составе газов грязевых вулканов в основном связано с поступлением газов из зон с АВПД, в попутных газах – с увеличением коэффициента газоносности, а в водорастворенных газах – с увеличением газонасыщенности.

Прогнозная оценка содержания сероводорода в перспективных глубокопогруженных горизонтах является одной из важных задач в связи с их освоением, транспортировкой нефти и газа и их переработкой.

Изучение закономерности распределения H_2S в углеводородных газах нефтегазовых залежей и грязевых вулканов, особенно изменение содержания H_2S после извержения, позволяет прогнозировать содержание H_2S в перспективных глубокозалегающих углеводородных залежах.

Полученные фактические данные по H_2S в составе газов грязевых вулканов Бакинского архипелага, в газах после извержения грязевых вулканов Хамамдаг, б.Ливанова, а также в пробах газа, отобранных из ПК свиты месторождения Гум-дениз и VII горизонта месторождения 8 Марта, позволяют прогнозировать, что в зонах АВПД в глубокозалегающих нефтегазовых залежах содержание H_2S в углеводородных газах будет соответствовать 1,0-1,5%.

ЛИТЕРАТУРА

АМУРСКИЙ, Г.И., ГОНЧАРОВ, Э.С., ЖАБРЕЕВ, И.П. 1977. Происхождение сероводородсодержащих природных газов нефтегазоносных бассейнов. *Советская геология*, 5, 56-67.

АНИСИМОВ, Л.А. 1970. Закономерности распространения сероводорода в осадочной толще. *Советская геология*, 3, 75-83.

ГУСЕЙНОВ, Р.А., ДАДАШЕВ, Ф.Г. 2000. Углеводородные газы Каспийского моря. Nafta-Press. Баку.

КАБУЛОВА, А.Я., САФАРОВА, О.Б., БАЙРАМОВА, С.М. 1989. К геохимии газов грязевых вулканов. *ДАН Азербайджана*, XLV, 11-12.

КАШКАЙ, М.А. 1952. Минеральные источники Азербайджана. Изд. АН Азербайджанской ССР, Баку, 499.

КОВАЛЕВСКИЙ, С.А. 1940. Грязевые вулканы Южного Прикаспия. Азгостехиздат. Баку. 126.

КОЗЛОВ, А.Л. 1950. Проблема геохимии природных газов. Гостоптехиздат. Москва.

МАЛЫШЕК, В.Т., МАЛЯНЦ, А.А., РЕЙНФЕЛЬД, Э.А. 1935. Наличие серобактерий в пластовых водах Сураханского месторождения и геохимические значения этого фактора. *АНХ,* 7-8.

ЯКУЦЕНИ, В.П. 1984. Интенсивное газонакопление в недрах. Наука. Ленинград. 123.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана А.А.Фейзуллаев

© M.Məmmədov və b., 2007

KİÇİK QAFQAZIN TÜLALLAR ZONASININ QIZILLI FİLİZ CİSİMLƏRİNİN MADDİ TƏRKİBİ

M.Məmmədov, H.Vəliyev, İ.Məmmədov, Ə.Əhmədov, F.Alıyev, A.Ağakişiyev

Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi
Milli Geoloji Kəşfiyyat Xidməti
AZ1073, Bakı, B.Ağayev küçəsi 100a

Məqalədə Tülallar təzahüründə filizlərin maddi tərkibi, tekstur-struktur xüsusiyyətləri əsasında ilk dəfə 2 generasiyalı kvars damarları aşkarlanmışdır. Onlar xarici görünüşünə, daşıdıqları filiz mineralları assosiasiyalara görə fərqlənirlər. I generasiyalı kvars damarlarında qızıldaşıyan məhsuldar missulfidləri – tetraedrit-tennantit-tellurovismutit assosiyasiyasında Au dənəciklərin 20-30 % – 0,2-0,5 mm və 75 % – 0,05-0,02 mm ölçüsündədir. II generasiyalı damarlarda kvars çoxlu sayda pelit hissəciklərilə çirklənmiş, ölçüləri 0,2-1,5 mm-ə qədər dəyişən paralel uzanmış, radial-şüalı kvars dənəciklərindən pulcuqvari serisit-xlorif aqreqatlarından, seyrək epidot dənəciklərindən (psevdomorfozalardan) və idiomorf piritdən ibarətdir.

Tülallar təzahürü Kiçik Qafqazın Lok-Qarabağ struktur-formasiya zonasının Göygöl qalxımı ilə Daşkəsən sinklinoriumunun təmas zonasında yerləşir və Meydanyal dağ silsiləsinin qərb yamacında, Gəncəçayın orta axımının sağ sahilində yerləşən Göygöl filiz sahəsinə aiddir.

Yatağın geoloji quruluşunda orta, üst bayos, bat və üst yura yaşlı süxurlar iştirak edir. Üst bayos yarımmərtəbəsinin süxurları riolit tərkibli lava və vulkan-klastlarından ibarət olub əsasən yatağın şimal cinahında yayılmışdır. Bat süxurları andezitlərlə, andezit-bazaltlarla və onların tufları ilə təmsil olunaraq, əsaslarında bazal konqlomeratları olmaqla üst bayos yarımmərtəbəsi üzərində qeyri-uyğun yatırlar və özləri də qeyri-uyğun olaraq üst yura çöküntüləri ilə örtülürlər. Bu süxurlar üst bayos süxurları yayılan sahələrdə və Gəncəçayın sağ qolu olan Meyrançay vadisində yayılmışdır. Bat çöküntüləri Tülallar yatağı ərazisində 200-250 m qalınlığa malikdir.

Orta yuranın kellovey yaşlı süxurları yataq ərazisində məhdud yayılaraq əsasən konqlomeratlardan, qismən vulkanogen-çökmə süxurlardan təşkil olunaraq, qeyri-uyğun şəkildə bat süxurlarını örtür və qeyri-uyğun olaraq kimeric çöküntüləri ilə örtülürlər. Kimeric süxurları əsas filizyerləşdirici süxur olub, Meydanyal silsiləsinin suayrıcı hissələrində və yamaclarında, o cümlədən Tülallar təzahürü ərazisində geniş yayılmışdır. Litoloji cəhətdən bu süxurlar orta turş və turş tərkibli (andezit-dasit, dasit) iri, orta və xırdaqırıntılı litoklastik tufların növbələşməsindən ibarətdir.

Təsvir olunan süxurlar kompleksi şimalda üst yura – alt təbaşir yaşlı qranodiorit tərkibli Zurnabad, şimal-şərqdə isə kvars-diorit, diorit tərkibli Pantdağ intruzivlərin ətraf hissələrini əhatə edir və yataq ərazisində qələvi tərkibli çoxsaylı dayka və qırılma strukturları ilə mürəkkəbləşmişdir.

Qırılma strukturları əsasən şimal-şərq istiqamətli olub, hər yerdə hidrotermal dəyişmiş süxurlarla müşayiət olunur. Bu hidrotermal dəyişmiş süxurlar (propilitlər, törəmə kvarsitlər) bütün yayılma sahələrində az və ya çox miqdarda qızıl və gümüş minerallaşması daşıyır. Bu zonalardan ən perspektivlisi Tülallar yatağının yerləşdiyi eyni adlı hidrotermal-dəyişmiş zonadır. Tülallar zonası Zurnabad intruzivinin cənub-şərq təmasından başlayaraq cənub-qərb 190^0 istiqamətində 5 km-dən artıq məsafədə izlənilir. Zona Gəncəçayın sağ qollarını kəsərək Tülallar kəndindən keçir və cənubda Çıraqlı kəndinin en dairəsinə kimi çatır. Zona ən böyük qalınlığa və intensiv hidrotermal dəyişməyə kimeric süxurları yayılan ərazilərdə malikdir.

Bu ərazilərdə (Tülallar kəndinin şimal-şərqində və cənub-qərbində 2 km-ə qədər məsafədə) zonanın qalınlığı 20-90 m arasında dəyişir. Zona güclü kvarslaşmış və kaolinləşmiş süxurların növbələşməsindən təşkil olunmuşdur. Suxurların güclü kvarslaşdığı sahələrdə pirit, az halda xalkopirit, bornit və s. minerallaşmalar qeyd olunur. Zona süxurları çox sahələrdə müxtəlif istiqamətli opal və xalsedon damarcıqları ilə kəsilmişdir. Güclü kvarslaşmış hissələrdə qızıl və

gümüş minerallaşması daha yüksəkdir. Kaolinləşmiş sahələrdə qızılın miqdarı 0,5-1,2 q/t arasında dəyişir.

Tülallar təzahüründəki filizləşmə qızıl-kvars formasiyasının kasad filizləri qrupuna aiddir (Тимофеевский, 1971). Burada mineraloji tərkib sadədir. Əsas sulfid mineralları pirit, xalkopirit, hersdorfit, xalkozin, bornit, kobaltin, sfalerit, qalenit, tennantit, tetraedrit, pirrotin, hessit, bismutin, sərbəst qızıl, reniyzitdən ibarətdir. Qeyri-filiz minerallarından kvars, barit, xalsedon, xlorit, serisit və epidot qeyd olunur (cədvəl).

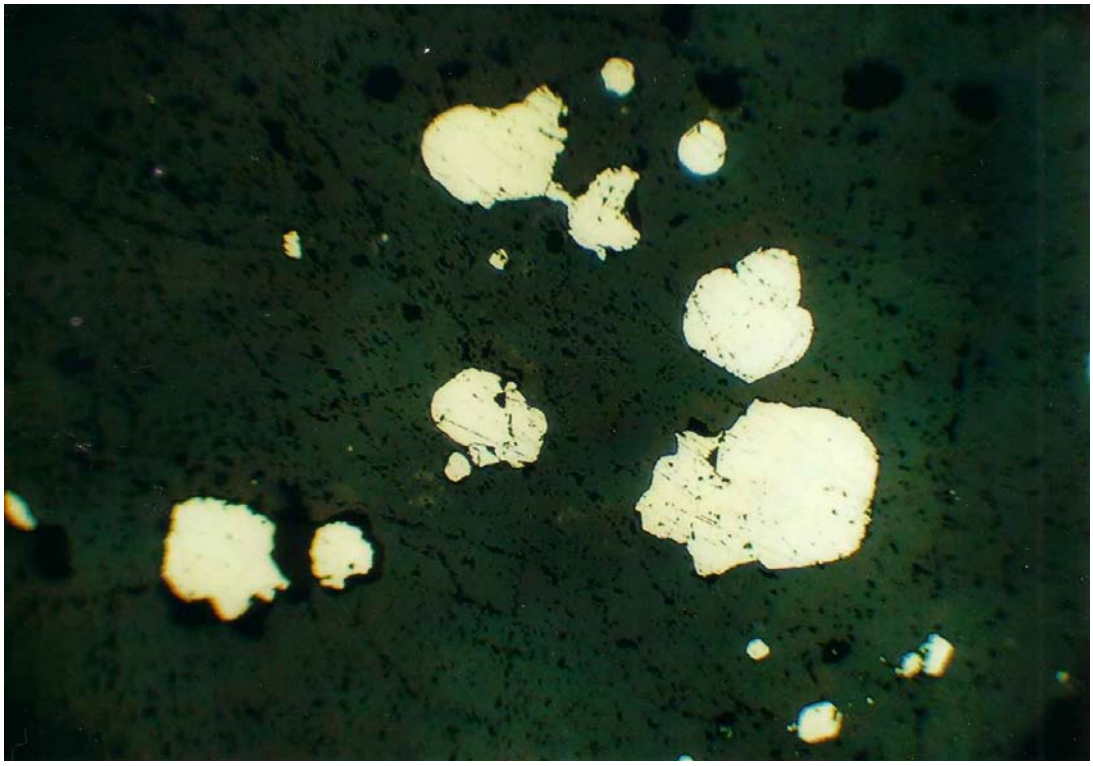
Pirit - əsas filiz mineralı olmaqla məkan daxilində geniş inkişaf taparaq, qeyri-filiz kütləsində 4,5-6,0% təşkil edir. O, əsas etibarilə müxtəlif konfiqurasiyalı aqreqatlara nisbətən kristallar əmələ gətirir. Pirit aqreqatlarının ölçüləri 0,02-0,5 mm, 0,2-0,5 mm, böyrəkciklər 0,2x0,18 mm-ə çatır. Nadir hallarda pirit kristallarının ölçüləri 0,2x0,15mm-dən daha artıq olur. Pirit kristal və aqreqatlar yerləşdirici süxurda qeyri-bərabər yayılaraq onlar toplular və ya təktək rast gəlinir. Bəzi hallarda piritin oktaedrik kristalları ilə assosiasiyada pirrotin mikromöhtəviləri müşahidə edilir (1-ci şəkil).

Xalkopirit – məkan daxilində yayılmasına görə yalnız piritdən geridə qalaraq qeyri-filiz kütləsində 0,8-2,5% və bəzən 3,0-3,5% artır. Ona, əsas etibarilə, allotriomorf dənəciklər, qeyri-müəyyən formalı aqreqatlar, relikt, mikroştokverk damarcıqlar şəklində müşahidə edilir. Xalkopirit aqreqatlarının ölçüləri 0,05-0,1mm, 0,15-0,2mm və nadir hallarda 0,25-0,3 mm-ə çatır. O da, pirit kimi, qeyri-filiz kütləsində qeyri-bərabər inkişaf tapır. Əksər hallarda xalkopirit aqreqatları fiziki-kimyəvi proseslərə məruz qalaraq filiz kütləsində xalkopirit-kovellin-bornitlə əvəzetmə strukturları yaradır. Nadir hallarda piritlə qarışıqlı qovuşma sturkturları əmələ gətirir. Əksər hallarda xalkopirit aqreqatları olduqca kiçikölçülü kovellin örtükləri (zolaqları) ilə hüdudlanırlar, çox vaxt xalkopirit (az miqdarda) xalkopirit-kovellin assosiasiyada ölçüləri 0,002x0,001 mm və daha artıq olan sərbəst qızıl dənəciklərinə rast gəlinir.

Kovellin - məkan daxilində yayılmasına görə yalnız xalkopiritdən geridə qalaraq 0,7-1,1% təşkil edir. O, əsas etibarilə 0,05x0,04 mm (en kəsiyi) ayrılmalar, kiçikqalınlıqlı mikrozolaqlar, damarcıqlar, sferiolit formalarında (0,1-0,35; 0,2x1,5 mm) müşahidə edilir. Bəzən kovellin kiçik ölçülü prizmatik kristallar və ya zolaqlar, kollomorf əmələgəlmələr olçüləri 0,01-0,05 mm olan şəklində xalkopirit və xalkozin-bornitlə rast gəlinir. Əksər hallarda bu əmələgəlmələrin özək hissələrində (mərkəzi hissələrində) d-0,05 mm-ə çatan xalkopiritin ilgəkvari (mikroştokverk) damarcıqları daxilində mikroskop altında (x400) sərbəst qızılın (subdispers) əmələgəlmələrini müşahidə etmək mümkündür. Tez-tez qeyri-filiz kütləsində kovellinin lövhəvari kiçikölçülü kristallarına rast gəlinir. Qeyd etmək lazımdır ki, göstərilən kovellin əmələgəlmələrinin mərkəzi (özək) hissəsində qızılla birlikdə sərbəst mis də iştirak edir. Əksər hallarda kovellinlə assosiasiyada qızılın lövhəvari mikrodənəcikləri müşahidə edilir.

Tülallar filiz zonasının maddi tərkibi

Minerallar	Filiz	Qeyri-filiz	Hipergen
Əsas yayılmış	Pirit Xalkopirit Sfalerit Hersdorfit Kobaltin ?	Kvars Barit Xalsedon	Kovellin Xalkozin Bornit
Az yayılmış	Qalenit Tennantit Tetraedrit Pirrotin	Rutil Xlorit Serisit Epidot	Sərbəst mis Hetit Hidrohetit Hematit
Nadir hallarda	Hessit Vismutin X-mineral Qızıl Tellurovismutit Renerit		Qızıl



1-ci şəkil. Kvarsda pirit ayrılmalarının səciyyəsi

Xalkozin – məkan daxilində yayılmasına görə yalnız kovellindən geri qalır və 0,4-0,7% təşkil edir. Xalkozində kovellin kimi qeyri-filiz kütləsində bornitlə birlikdə əvəzetmə strukturları əmələ gətirir. Xalkozin ayrılmalarının ölçüləri 0,01-0,02 mm-dən 0,10-1,5 mm-ə çatır (2-ci şəkil).

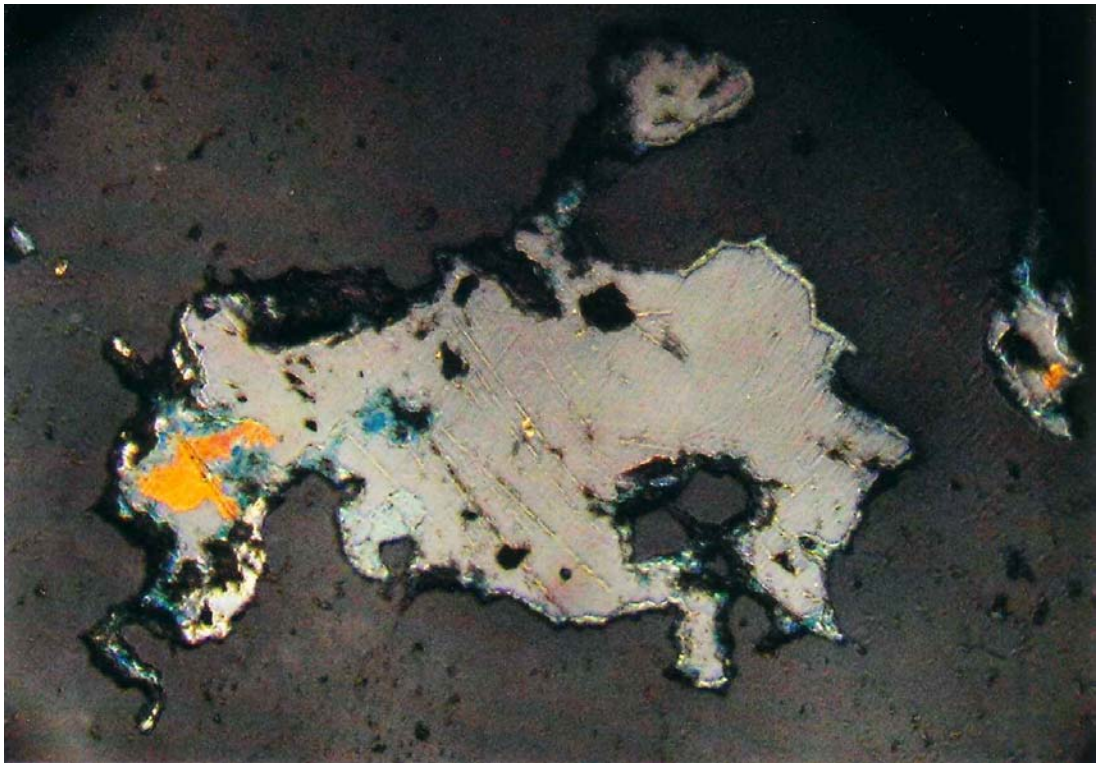
Xalkozin əksər hallarda lövhəvari aqreqatlar (və ya çəhrayi xalkozin) əmələ gətirir. Çox vaxt xalkozində kovellin kimi kollomorf əmələgəlmələr təşkil edir. Əksər hallarda xalkozin piritin ilkin aqreqatlarını kəsir. Yerləşdirici süxur qeyri-bərabər inkişaf tapır. Bəzən xalkozin xalkopiritlə kəskin assosiasiyada piritlə qovuşmalar təşkil edir. Mikroskop altında xalkozin üçün səciyyəvi olan ovulma üçbucaqları müşahidə edilir. Piritlə qovuşma təşkil edən xalkozində kubik habituslu x-mineralı müşahidə edilir. Qeyri-fiiliz kütləsində xalkozin çox vaxt başqa sulfidləri əvəz edəcək ilgəkvari və şəbəkəvari mikrostrukturlar təşkil edir.

Bornit – məkan daxilində yayılmasına baxmayaraq, o nisbətən iriölçülü aqreqatlar şəklində müşahidə edilir. Qeyri-filiz kütləsində 0,1-0,29%-ə çatır. Bornit əsas etibarilə özünəməxsus nisbətən iri ölçülü allotriomorf dənəciklər, zolaqlar, damarcıqlar şəklində müşahidə edilir. Qeyri-filiz kütləsində tez-tez ikiləşmələr rast gəlinir. Bornit çox vaxt kiçikqalınlıqlı damarcıqlar əmələ gətirir.

Əksər hallarda qeyri-filiz kütləsində xalkopirit bornit (çəhrayi-narıncı) xalkozin-xalkopirit-kovellin-pirit assosiasiyasına rast gəlinir ki, onlar da öz növbəsində əvəzetmə strukturları əmələ gətirirlər (2-ci şəkil).

Sərbəst qızıl – məkan daxilində nadir hallarda rast gəlinir, əsas etibarilə çox kiçikölçülü lövhəvari aqreqatlar şəklində I generasiyalı kvarsdaki mikroboşluqlarda yerləşir. Sərbəst qızıl çox vaxt kovellinlə və nadir hallarda göstərilən boşluqlarda xalkopiritlə qovuşmalar şəklində müşahidə edilir.

Qızıl dənəciklərinin ölçüləri 0,0025x0,0025 mm-dən 0,01x0,015 mm-ə, bəzən mikroboşluqlarda isə 0,03x0,02 mm-ə çatır. Bəzən sərbəst qızıl incə dispers şəklində pirit-xalkopirit qovuşmalarının kənarlarında yerləşən kovellin zolağının (örtüyünün) daxilində olur. Bəzən qızıl özünəməxsus hamar olmayan səthi ilə (girintili-çıxıntılı) səciyyələnir. O, olduqca kiçicik (incə-dispers) submikroskopik, izometrik dənəciklər, allotriomorf aqreqatlar şəklində rast gəlir. Tez-tez lövhəvari ikiləşmələr təşkil edir.



2-ci şəkil. Xalkozin-kovellin örtüyü (zolağı) ilə narıncı bornit, solğun filiz (sağda)

Sərbəst qızıl dənəciklərinin ölçüləri 0,001x0,001 mm, 0,005x0,005 mm, 0,02x0,015 mm-ə çatır. Sərbəst qızıl məkan daxilində özünəməxsus olduqca kiçik submikroskopik, subdispers, dənəciklər əmələ gətirir ki, onların ölçüləri 0,001x0,001mm-dən 0,002x0,002 mm, 0,0025x0,0025 mm, 0,0025x0,005mm və 0,004x0,005 mm-ə qədər olur.

Bu qeyd edilən dənəciklərinin ölçüləri 0,06x0,08 mm olan boşluqlarda kovellinlə sıx assosiasiyada müşahidə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, ölçüsü (uzunluğu) 0,4x0,2 mm-ə çatan boşluqda ölçüsü 0,025x0,02mm olan kovellinlə assosiasiyada ellipsvari zonal strukturlu sərbəst qızıl müşahidə edilir. Bəzən ölçüləri 0,05x0,04 mm boşluqda kovellin, bornit (bərk emulsion məhlulda) narıncı-sarı rəng çalarları olan əvəzedici struktur boşluq (0,4x0,2 mm) müşahidə edilir. Nadir hallarda bornitdə ölçüsü 0,001x0,001 mm olan xalkozinlə qovuşmada Au müşahidə edilir.

Solğun filiz – məkan daxilində yayılmasına görə bornitdən geri qalır. Ona nadir hallarda rast gəlinir. O, özünəməxsus ölçüləri 0,01x0,01 mm-ə çatan pentaqon kristallar şəklində müşahidə edilir. Bəzən solğun filiz kristalları piritin oktaedrik kristalları ilə qovuşmalar təşkil edir.

Çox vaxt qeyri-filiz kütləsində ölçüləri 0,10x0,09 mm-ə çatan solğun filiz müşahidə edilir. Çox solğun filiz tennantitin 0,15x0,15 mm izometrik kristalları kovellin zolaqları ilə hüdudlanır (ort-2), bu izometrik tennantit kristal ilə assosiasiyada bornit-mikromöhtəviləri inkişaf tapır.

Tetraedrit-MT-1. Tetraedrit məkan daxilində yalnız tennantitdən geridə qalır. O, əsas etibarilə qeyri-filiz kütləsində ölçüləri 0,04x0,04 mm-ə çatan allotriomorf aqreqatlar, izometrik dənəciklər təşkil edir.

Tez-tez piritlə qovuşmada əvəzetmə strukturları əmələ gətirir ki, burada hər iki mineralın təmas hissəsində ölçüləri 0,005x0,005 mm-ə çatan sərbəst qızıl dənəciyi inkişaf tapır. Əks olan şüada tetraedrit üçün səciyyəvi yaşıl rəng çalarları müşahidə olunur.

Renerit – $Cu_5Fe_2GeS_8$ (ort-2) məkan daxilində bu minerala nadir hallarda rast gəlinir. Renerit əsas etibarilə özünəməxsus olduqca kiçik ölçülü aqreqatlar şəklində narıncı rəngli bornitlə birlikdə bərk emulsion məhlul şəklində müşahidə edilir. Mikroskop altında renerit, ümumiyyətlə açıqlığı (yəni rəngli olması) və rəng çalarına görə bornit və xalkopirit əsasında aralıq vəziyyətini tutur, monsonitə ($Cu_7Fe_1SnS_8$ narıncı-bornit) çevrilir. Renerit bəzən lövhəvari, parketvari ayrılmalar şək-

lində narıncı bornitlə assosiasiyada müşahidə edilir. Çox vaxt kovellin zolaqvari-narıncı rəngli bornitlə təmas hissəsinə yaxın mühütdə ölçüləri 0,0025x0,002 mm-ə çatan dəyirmi formalı bərk məhlullar şəklində müşahidə edilir.

Tellurovismutit – Bi_2Te_3. Məkan daxilində yayılmasına görə yalnız solğun filiz (tennantit-tetraedritdən) geridə qalaraq, nadir hallarda rast gəlinir. Tellurovismutit özünəməxsus 0,25x0,04 mm-dən 0,25x0,10 mm-dək çatan lövhəvari, vərəqvari, pulcuqvari aqreqatlar şəklində müşahidə edilir. 0001 üzrə layciqvari ayrılma qabiliyyətə malikdir. Tez-tez hessitlə assosiasiyada müşahidə edilir. Tellurovismutit az miqdarda mezotermal qızıl filiz damarcıqlarda müşahidə edilir. Burada, əsas etibarilə, bismut filiz saxlayan metasomatik təzahürlərdə, həmçinin xalkopirit-bornit və xalkozin-kvars damarcıqlarında müşahidə edilir (Ramdor, 1962). Əks olan şüada yüksək əks olma qabiliyyətinə, aşağı sərtliyə malikdir.

Sfalerit-qalenitə məkan daxilində az hallarda rast gəlinir. Onlar, əsas etibarilə, piritlə və nadir hallarda xalkopiritlə assosiasiyada müşahidə edilir.

Hersdorfit – NiAsS məkan daxilində yayılmasna görə yalnız piritdən geridə qalmasına baxmayaraq, kvarsın I generasiyasında tez-tez rast gəlinir. Onun, əsas etibarilə, özünəməxsus mükəmməl inkişaf tapmış oktaedrik kristallarına, aqreqatlarına rast gəlinir. Hersdorfitin səciyyəvi xassələrindən nazik-incə çatlar üzrə ayrılma qabiliyyətinə malik olmasıdır. O da, qalenit kimi, xırdalanma (ovulma) üçbucaqları ilə səciyyələnir. Bəzən hersdorfit dənəciklərində zonal quruluşlar müşahidə edilir. Hersdorfit kristallarının ölcüləri 0,1-0,3 mm-dən artıq olmaqla, əsas etibarilə, kseno- və idiomorf möhtəvilər, kubik və oktaedrik kristallar şəklində həm tək-tək olur və həm də qruplar təşkil edir. Bu mineralın xarakterik xüsusiyyətlərindən biri də piritə nisbətən aşağı əksolma qabiliyyətinə və orta sərtliyə malik olmasıdır. Çox vaxt son mərhələli mis-sulfidləri təzahüründən o, ilkin kristallik formasını dəyişir. Əksər hallarda kvarsda olan boşluqlarda kovellin-xalkozin-xalkopiritlə kəskin assosiasiyalar təşkil edir. Bəzən xalkopiritlə assosiasiyada hersdorfit kovellin və x-mineralı muşahidə edilir. Kvars damarlarının təsviri 3-cü və 4-cü şəkillərdə ştuflarda açıq və tünd sahələrin uzlaşması açıq-aydın müşahidə edilir. Açıqrəngli sahələr miqdar nisbətlərinə görə üstünlük təşkil edərək ştufun 70-80%-ni tutaraq ağ rəngli məsaməli kvarsdan ibarətdir. Məsamələr izometrik olmaqla ölçüləri 0,5-5,0 mm-ə çatır, onlar müstəvilər boyu xətti axım təşkil edirlər. Məsamələrin divarları inkrustik trapesoedrik kristallarla zənginləşmişlər. Tünd sahələr sıx şəffaf kiçikdənəcikli xalsedonvari kvarsdan təşkil olaraq, ağ fonda linzacıqlar, uzanmış ləkələr, çətin seçilən zolaqvari teksturalar əmələ gətirərək və yəgin ki, tünd rəngli kvars təmasında toplanır.

4-cü şəkildə yaş əlaqəsi təsvir edilmişdir. Burada tündrəngli kvarsın ağ rəngli kvarsla son mərhələli xətti damarcıqları ilə kəsilməsi açıq-aydın müşahidə edilir. Mikroskop altında aparılan tədqiqatlar nəticəsində həmçinin kvarsın iki generasiyası aşkar edilmişdir.

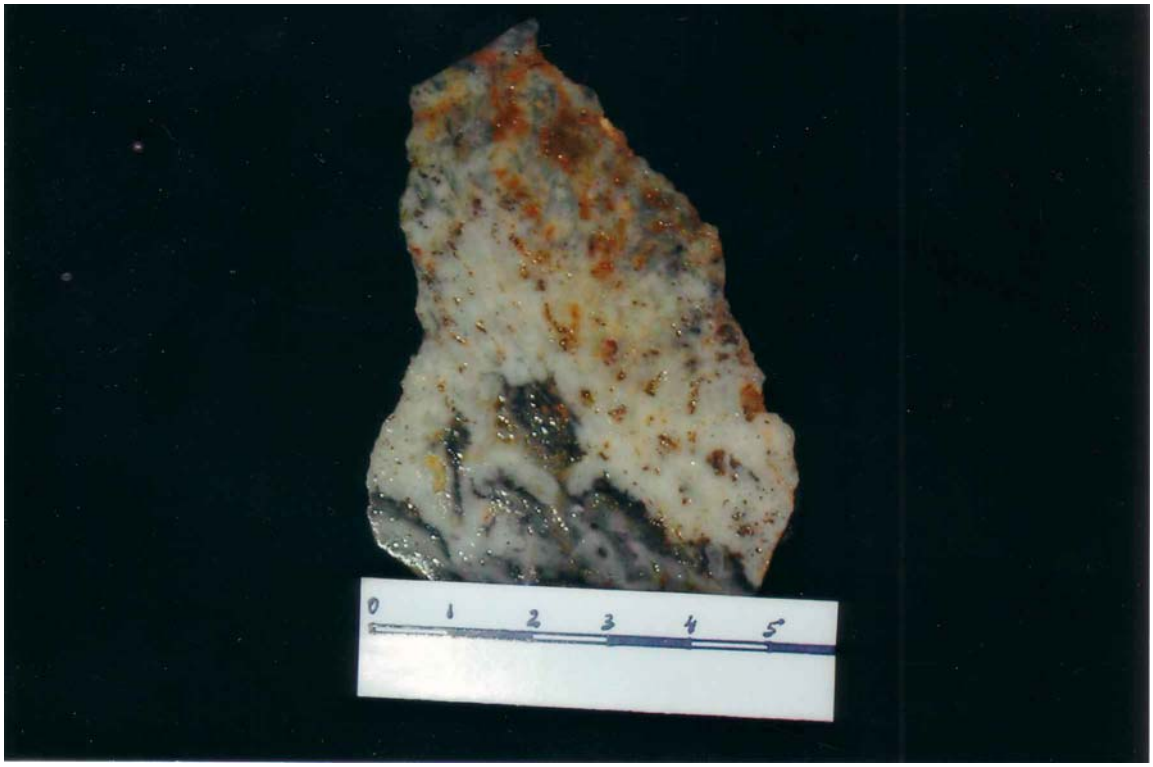
I ilkin kvars təmiz şəffaf olaraq alabəzək aqreqatlar təşkil edir, ölçüləri 0,02-0,06 mm-ə çatan, izometrik poligonal dənəciklərdən təşkil olmuşdur. Filiz minerallarının ölçüləri 0,001-dən 0,08 mm-ə qədər olan külli miqdarda kiçik dənəciklərdən ibarətdir.

II generasiyalı kvars çirklənmiş çoxlu sayda pelit hissəciklərdən ibarətdir, ölçüləri 0,2-0,4 mm-dən 1,5 mm-ə çatan yastılanmış kvars dənəciklərinin paralel uzanmış, radial-şüalı yığımlarından pulcuqvari serisit və xlorit aqreqatlarından və seyrək epidot dənəciklərindən (psevdomorfozalardan) ibarətdir. Bəzən ikinci generasiyalı kvars yenidən kristallaşır. Filiz mineralları ölçüləri 0,05-0,5 mm olan iridənəcikli və idiomorf piritdən ibarətdir.

390, 97 №-li nümunələr konsentrasion masada nəticədə alınan konsentrat püləmə üsulu ilə əlavə (yenidən) zənginləşdirilmişdir. Sonda alınan № 390 maddədən binokulyar altında 60-ə yaxın sərbəst qızıl dənəciyi seçilmişdir (5-ci şəkil). Sonradan onlar tədqiq edilmək üçün plastik maddəyə yerləşdirilmişdir və nəticədə briket hazırlanmışdır. 37 №-li sınaqdan iynə vasitəsilə sulfidlərlə zənginləşdirilmiş kvars dənəcikləri və sərbəst pirit dənəcikləri seçilərək briket hazırlanmışdır, 390 №-li sınaq 90-95% barit dənəciklərindən ibarətdir.

Qırıntılardan hazırlanmış ştfin diaqnostikası aydın ayrılmaları iki istiqamətdə aparılmışdır.

Sınaq 5-10% kvars və sulfidlərdən ibarətdir. Binokulyar altında aparılan tədqiqatlar nəticəsində 0,05-0,2 mm qızıl dənəcikləri (70-75% qədər) çoxluq təşkil edərək, 100 dənəcik seçilmişdir (5-ci şəkil).



3-cü şəkil. Açıq rəngli sahələr nisbətinə görə üstünlük təşkil edərək ştufun 70-80%-ni tutaraq ağ rəngli məsaməli kvarsdan ibarətdir. Məsamələr izometrik olmaqla müstəvilər boyu inkişaf tapır



4-cü şəkil. Yaş əlaqəsi təsvir edilmişdir. Burada tünd rəngli kvarsın ağ rəngli kvarsla son mərhələli xətti ilə kəsilməsi açıq aydın müşahidə edilir

Daha iri dənəciklər (0,2-0,5mm) 20-25% (6-cı şəkil) təşkil edir. Qızıl dənəcikləri izometrik olan zəif uzanmış qovuşmalarından ibarətdir. Nadir hallarda yastılanmış qızıl dənəcikləri müşahidə edilir.

Qızıl dənəciklərinin açıq-sarı rəng çalarları çoxluq təşkil edir, nisbətən az miqdarda qırmızı rəngli, daha az miqdarda tünd-bürünc-gəhvəyi rəng çalarları müşahidə edilir.

Tədqiq edilən qızılların əksəriyyəti kvarsla qovuşmalar (80%) təşkil edir.

Aparılan dəqiq mineraloji tədqiqatlar nəticəsində Tülallar filiz zonasında ilk dəfə 2 generasiyalı kvars damarları aşkarlanmışdır. Onlar həm xarici görünüşünə, həm də daşıdıqları minerallar dənəciklərinin tərkiblərinin müxtəlifliyi ilə bir-birindən fərqlənirlər.

I generasiyalı kvars mikroskopik tündrəngli olmasına baxmayaraq, fiziki xüsusiyyətlərinə görə şəffafdır. Onun tündrəngli olması paragenetik asossiyasayılarda mis-sulfid, Au, Ag, Bi, Te, Sb elementlərin və başqa sulfidlərin iştirakı ilə bağlıdır. Mikroskopik tədqiqatlar nəticəsində I generasiyalı kvarsda eyni zamanda məhsuldar qızıl daşıyan kvars-kovellin-xalkozin-solğun filiz (tennantit-tetraedrit) çoxluq təşkil edir. Xalkozin-bornit (çəhrayı-narıncı və qəhvəyi rəng çalarları) tərkiblərində çoxlu miqdarda Au, Ag saxlayan tünd-narıncı və qəhvəyi rəngli bornitlə xalkozin narıncı rəngdə 400 dəfə böyüdülmüş emilsiyon bərk məhlullarda olduqca kiçikölçülü parketvari, dəyirmi formalarda renerit mineralı aşkarlanmışdır. Bundan başqa, I generasiya özündə vismutin, tellurovismutit saxlayan assosiyasiyaları müşahidə edilmişdir. I generasiyalı kvarsın səciyəvi xüsusiyyətlərindən biri də onun daxilində ölçüləri 0,25 x 0,02 mm-dən – 0,4x0,2 mm-ə qədər olan çoxlu saylı mikroməsamə və ya boşluqlar inkişaf tapır. Bunların kiçikölçülü mis-sulfid, solğun filiz Bi, Au və Ag– tellur birləşmələrində, sərbəst qızıl (sərbəst qızılın kovellin xalkazinlə qovuşmağı) dənələri müşahidə edilir.

Mineraloji-texnoloji tədqiqatlar nəticəsində qızıl dənəciklərin morfoloji və qranulometrik xüsusiyyətləri araşdırıldıqda məlum olur ki, Tülallar filiz zonasında qeyd edilən Au dənəciklərinin 25-30 %-ni 0,2-0,5 mm, 75 %-ni 0,05-0,02 mm-lik ölçülər təşkil edir. Tədqiq edilən qızılın əksəriyyəti kvarsla qovuşmalar təşkil edir. Filiz minerallarının payına yalnız 15-20 % düşür (5-ci və 6-cı şəkillər).

II generasiyalı kvars özündə 1-3 % çatan seyrək pirit möhtəvilərini saxlayır, ümumiyyətlə, tündrəngli (şəffav) kvarsda yerləşir.



5-ci şəkil. Zənginləşdirilmiş konsentratdan seçilmiş ölçüləri (0,2-0,5 mm) olan sərbəst qızıl dənəcikləri



6-cı şəkil. Qeyri-müəyyən formalı sərbəst qızıl dənəcikləri

Mikroskop altında xalkopirit, bornit, kovellin, solğun filiz, qızıl konsentratından seçilmiş qızıl dənəciklərinin ölçüləri 0,05-0,2 mm-dən, nadir hallarda isə 0,3-0,5 mm-ə çatır. Qızıl dənəciklərin bəzən uzadılmış və ya yastılanmış izometrik forma yığımları çox vaxt kvarsla (80 %), az miqdarda mis sulfidləri ilə (20 %) qovuşmalar şəklində rast gəlir.

Beləliklə, Tülallar sahəsində qızıl daşıyan filiz əmələgəlmə prosesi mürəkkəb olub çoxmərhələlidir.

Qızıl daşıyan kvars damarlarının teksturlarını öyrəndikdə: gizli (qeyri-aydın zolaqları) zolaqvari, brekçiyavari damarcıqları teksturalar dəyişilmiş yerləşdirici süxurların parçalarında efuziv mənşəli qırıntıların olması aşkar edilmişdir. Belə vəziyyət kvars damarların mürəkkəb və uzunmüddətli dövrlərdə əmələ gəlməsini göstərir və kvars damarlarının bir neçə generasiyasını ayırmağa imkan verir. Qızıl dənəciklərinin səciyyəvi xüsusiyyətlərindən biri də I generasiya kvarsda müxtəlif (sünbülü-sarı, qırmızımtıl, qəhvəyi) rəng çalarlarının aşkarlanmasıdır.

Beləliklə, Tülallar təzahüründə aparılan mineraloji tədqiqatlar aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Filizəmələgətirən proses uzunmüddətli və çoxmərhələli davam etmişdir.

2. Qızıl həm sərbəst, həm də birləşmələr şəklində müşahidə edilir.

3. Ni, Aş, Cu, Sb, Bi, Te, Ge tərkibinə daxil olduğu metalların aşkarlanması təzahürdə digər qiymətli elementlərə əsasən perspektivli olduğunu göstərir.

4. Zənimizcə, Göygöl filiz sahəsində yerləşən bütün təzahür, sahə və zonaların kompleks metallara tədqiq olunmasına ciddi ehtiyac vardır, sahənin bütün faydalı elementə nəzərən yenidən qiymətləndirilməsi filiz sahəsinin sənaye əhəmiyyətini xeyli artıracaqdır.

5. Göygöl filiz sahəsində aparılmış mineraloji tədqiqatlar sahədə filizləşmənin bir neçə mərhələdə baş verməsini, eyni zamanda, sahənin kompleks metallara perspektivli olmasını göstərir. Filiz sahəsinin bütünlüklə yenidən qiymətləndirilməsi tövsiyə olunur.

ƏDƏBİYYAT

РАМДОР, Р. 1962. Рудные минералы и их срастания. Иностранная литература. Москва. 427.

ТИМОФЕЕВСКИЙ, А.Д. 1971. О формационной классификации минеральных ассоциаций из золоторудных месторождений СССР. ЦНИГРИ, Москва, 96, 1, 20-21.

Məqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü A.C.İsmayılzadə rəy vermişdir

© А.М.Мамедализаде, 2007

К ЭКОЛОГИИ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ЭХИНОИДЕЙ МАЛОГО КАВКАЗА (АЗЕРБАЙДЖАН)

А.М.Мамедализаде

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

В верхнемеловых и нижнепалеогеновых (даний) отложениях Малого Кавказа (Азербайджан) остатки эхиноидей распределены неравномерно. В основном они приурочены к карбонатным и песчанисто-карбонатным фациям. Эхиноидеи являются обитателями главным образом областей активного гидродинамического режима бассейна, предпочитая переходную от литорали к сублиторали зону.

С целью палеоэкологических наблюдений нами были изучены разрезы нижнемеловых отложений в пределах азербайджанской части Малого Кавказа. При этом собрана и обработана большая коллекция не только иглокожих, но и остатки других групп фауны, (иноцерамы, аммониты, белемниты, пелециподы, брахиоподы и др.) составляющих тафоценоз.

Известно, что, появившись в ордовикском периоде, иглокожие прошли длительный и сложный эволюционный путь. Несмотря на это, они все же сохранили основные черты своего строения.

Эхиноидеи являются, как правило, обитателями нормальносоленых морских бассейнов и выдерживают довольно большие колебания температуры (от –5 до + 29 ^{o}C) (Eichenbaum, 1910; Дьяконов, 1938; Поганкина, 1952; Lowndes, 1953; Баранова, 1957, 1969; Кузнецов, 1961; Меликов, 2002, 2005). Встречаются они как в прибрежной полосе, так и на больших глубинах (до 5200 м).

Представители неправильных *Echinoidea (İrreqularia*) предпочитают мягкие грунты, а правильных *(Reqularia*) – скалистые, рифовые и другие твердые донные образования. Ведут эти животные в основном сидячий образ жизни (так, например, сердцевидные формы могут зарываться на глубину до 20 см) и изредка передвигаются в донном осадке.

На территории Малого Кавказа, а также во всем Средиземноморском бассейне в позднем мелу широко были распространены виды родов *Conulus, Echinocorys, Micraster, Stegaster, Galeola, Holaster* и др.

Наши наблюдения показали, что на отдельных участках северо-западной части Малого Кавказа (горы Дзегам, Учгюль, Агдаг и др.) в пелитоморфных и мелоподобных известняках фауна бентоса представлена редкими эхиноидеями, иноцерамами, пелециподами и брахиоподами. Характерно то, что здесь основная часть фауны относится к зарывающимся формам с твердыми панцирями (в основном представители сердцевидных), связана в своем распространении со сравнительно неглубоководными бассейнами.

В позднемеловой эпохе на территории Газахского прогиба наибольшее развитие фауны наблюдается в районе горы Еленсутапа и родника Агбулаг. Здесь на известковистых и слабопесчанисто-известковистых осадках фауна главным образом представлена эхиноидеями, иноцерамами, пелециподами и брахиоподами, которые составляют более 95% общей биомассы бентоса. Условия питания и аэрация на этом участке бассейна для указанных групп организмов оказались благоприятными. В осадках вышеперечисленных разрезов в количественном отношении преобладают представители родов *Micraster, Galeola, Echinocorys*.

В районе родника Агбулаг, где процесс перемещения масс морской воды протекал более активно, фауна морских ежей, иноцерамов и брахиопод, как доминирующая группа животных, в основном селилась в сублиторальной зоне.

Южнее района родника Агбулаг в районе р. Кюракчай на дне бассейна на мягком карбонатно-илистом осадке сантона, кампана

и маастрихта селились многочисленные эхинокорисы, составляющие почти 85% общей массы бентоса.

В районе Агджакендского прогиба в разрезах Юхары Агджакенд и Бори в пелитоморфных, белых мелоподобных и слабопесчанистых известняках сантона, кампана и маастрихта встречаются многочисленные виды эхиноидей. В разрезе Бори в основном обнаружены многочисленные крупные экземпляры стегастеров, эхинокорисов и др. Здесь переход от маастрихта к датскому ярусу постепенный. В пелитоморфных известняках датского яруса эхиноидеи представлены зональными видами с хорошо сохранившимися целыми панцирями.

На дне позднекампанского бассейна (гора Гара-Гузей, с. Аликулиушаги Гочасского прогиба) обитали представители родов *Micraster, Galeola, Echinocorys, Coraster* и др. Панцири обитающих в районе горы Гара-Гузей иглокожих представлены белыми сравнительно крупными экземплярами, что свидетельствует о благоприятных для них биотических факторах. В этом районе преобладающими по количеству видов являются роды *Conulus, Echinocorys, Galeola* и *Micraster*. В сообществе доминирующими формами являются *Micraster schroederi Stoll., M. soravium Posl., Galeola senonensis d'Orb., G. parillosa Kl.* Сообщество было представлено большим количеством особей. Помимо этого, здесь обнаруживаются такие сопутствующие виды, как *Echinocorys marginatus Goldf., E. ovata Leske, E. pyramidata Goldf., Micraster haasi Stoll*., а также несколько эндемичных видов. Панцири представителей рода *Micraster* и *Echinocorys* представлены сравнительно крупными экземплярами.

В районе разреза у с. Аликулиушаги существовало сообщество *Micraster–Galeola–Gonulus–Echinocorys*. Здесь породы кампанского яруса состоят из кирпично-красных слабопесчанистых пелитоморфных известняков. Преобладающими формами сообщества являются *Galeola papillosa Kl., Micraster schroederi Stoll., M. coravium Posl., Echinocorys ovata Les.* Помимо этих видов существовали виды: *Conulus matesovi Moskv., Stegaster gilleroni Lor., Galeola senonensis d'Orb.* и др.

Необходимо отметить, что в верхнемеловых и нижнепалеогеновых (даний) отложениях Малого Кавказа преобладающее большинство целых панцирей эхиноидей принадлежит представителям отряда *Holasteroida (Echinocorys ovata Les., Galeola papillosa Kl., G. senonensis d'Orb., Pseudoffaster caucasicus Dru, Stegaster lamberti Charl., S. gilleroni Lor.* и др.*)* и *Spatangoida (Micraster coravium Posl., M. schroederi Stoll., Homoeaster evaristei Cott.* и др.*)*. В их расселении наблюдается приуроченность к различным фациям, биономическим областям и зонам. Обращает на себя внимание обилие особей *Conulus, Echinocorys, Micraster, Pseudoffaster, Galeola* в песчано-известковистых фациях, а также их присутствие в чисто карбонатных фациях.

Как известно, одним из наиболее важных факторов среды обитания организмов является температура воды бассейна. Определения отношений изотопов кислорода O^{18}/O^{16} в кальците ростров кампанских белемнитов Малого Кавказа отражают среднегодовые температуры среды обитания этих организмов. На основании масс-спектрометрических определений по кальциту ростров белемнитов на Малом Кавказе установлено (Али-Заде, Мамедализаде, 1990), что в раннем кампане эти среднегодовые температуры бассейна составляли по *Belemnitella mucronata senior Nov.* – Т 18,2°С; *B. mucronata profunda Najd.* – Т 13,4°С; *B. senior Jel.* – Т 13,9°С.

Р.В.Тейс и Д.П.Найдиным (1973) из нижнего кампана Подолья на Волге и Пушкарей на Десне было определено отношение O^{18}/O^{16} в рострах *Belemnella mucronata Schl.* и *B. m. senior Nov.* Найденное отношение изотопов соответствует температуре 13,8 – 14,7°С; по рострам белемнителл *(B. mucronata senior Nov., B. langei Jel.)* верхней части нижнего кампана Русской платформы (включая Прикаспий) и Крыма рассчитанные значения температуры изменяются от 14,3 до 16,3°С. Среднее значение температуры, установленное по многочисленным измерениям изотопного состава О в рострах белемнитов из верхних горизонтов верхнего кампана, равно 15,4°С.

Наши исследования показали, что маастрихтский комплекс эхиноидей Малого Кавказа по видовому составу резко отличается от

кампанского. В маастрихте исследованного района наблюдается значительное обновление состава фауны. По-видимому, в связи с предмаастрихтской регрессией и похолоданием характерные кампанские формы прекращают свое существование во многих прогибах исследованного района. Вследствие быстрых и резких изменений среды обитания не все формы могли длительно существовать. Но несмотря на эти изменения, отдельные роды *(Conulus, Echinocorys, Coraster)* приспосабливаются к условиям и продолжают свое существование в маастрихтском веке. Состав фауны (иноцерамы, брахиоподы, пелециподы, криноидеи и др.) и характер осадков (песчанистость) свидетельствуют о том, что на Малом Кавказе существовал неглубокий бассейн с благоприятными физико-химическими условиями для расселения некоторых видов кампанских эхиноидей *(Echinocorys ovata Les., E. pyramidata Portl.*).

В районах разреза у гор Дзегам, Агдаг, Учгюль и родника Агбулаг (Газахский прогиб) совместно с эхиноидеями встречаются обрастания *(Crinoidea)*, прикрепленные к поверхности песчано-илистого грунта. На сходных по литологическому составу грунтах в районе г. Учгюль у города Шамкир и на Дзегамском участке маастрихтские популяции эхиноидей значительно обеднены. Здесь основную массу (80%) составляют брахиоподы, иноцерамы, пелециподы, белемниты и др.

В маастрихте большое скопление фауны наблюдается в районе г. Еленсутапа. Здесь фауна эхиноидей составляет около 90% общей массы безпозвоночных. В основном она представлена представителями родов *Echinocorys, Conulus, Galeola* и *Stegaster*, а брахиоподы, иноцерамы и редкие экземпляры белемнитов играют подчиненную роль.

В районе бассейна р. Сарысу, у селений Верхний Агджакенд, Бори, Егакер и Гюлистан (Агджакендский прогиб) на песчано-известковистых грунтах маастрихта также селились многочисленные виды родов *Echinocorys, Stegaster, Galeola, Ornithaster, Galeaster* и др.

Наблюдения показывают, что скопления панцирей эхиноидей и члеников криноидей в маастрихте являются первичными. Они не подвергались переносу и захоронены на месте обитания.

В маастрихтском веке среднегодовая температура Малокавказского бассейна по *Belemnitella pontica (Rouss.) Naid*. составила 14,5°С.

По позднемаастрихтской *Belemnella arkhangelskii,* происходящей из различных регионов Евразии – Крыма, Русской платформы (Сура, Волга), Урало-Эмбенской области, Зауралья (Аят), Мангышлака, Туаркыра, Устюрта, – Р. В. Тейс и Д. П. Найдиным (1973) получены в общем достаточно близкие значения температуры, лежащие в интервале 13,9–15,9°С.

Как показывают полученные данные, в бассейне Малого Кавказа в период от раннего к позднему маастрихту произошло постепенное изменение климата в сторону похолодания. Эти данные совпадают с данными Р. В. Тейс и Д. П. Найдина (1973), по которым на территории Евразии во второй половине позднемеловой эпохи вплоть до начала датского века происходило понижение температуры.

Таким образом, анализируя вышеизложенное, мы приходим к выводу о том, что эхиноидеи позднего мела и нижнего палеогена (дания) Малого Кавказа являлись обитателями главным образом областей активного гидродинамического режима бассейна, предпочитая переходную от литорали к сублиторали зону. Основные поселения эхиноидей были связаны с карбонатными и песчано-карбонатными грунтами. В целом, характер фауны, ее богатый состав (эхиноидеи, моллюски, брахиоподы, фораминиферы и др.) с наибольшей вероятностью свидетельствуют о существовании нормальных морских условий в позднемеловых бассейнах Малого Кавказа.

ЛИТЕРАТУРА

АЛИ-ЗАДЕ, Ак.А.1972. Меловые белемниты Азербайджана. Недра. Москва. 279.

АЛИ-ЗАДЕ, Ак.А., МАМЕДАЛИЗАДЕ, А.М. 1990. Палеотемпературы кампанских бассейнов Азербайджана. Деп. ВИНИТИ, Москва, № 2086-В90 ДЕП.

БАРАНОВА, З.И. 1957. Иглокожие Берингового моря. *Исследования Дальневосточных морей СССР*, IV, Владивосток.

БАРАНОВА, З.И. 1969. Морские ежи. В кн.: Жизнь животных. Т.2. Просвещение, Москва.

ДЬЯКОНОВ, А. М. 1938. Иглокожие (*Echinodermata*) залива Сяху в Японском море. Вып. 1. Изд. АН СССР. Москва-Ленинград.

КУЗНЕЦОВ, А. П. 1961. Материалы по экологии некоторых массовых форм бентоса из рафона Восточной Камчатки и Северных Курильских островов. *Тр. Инта Океанол. АН СССР*, XI–VI, Москва.

МЕЛИКОВ, О.Г. 2002. Стратиграфическое значение иглокожих Малого Кавказа (Азербайджан). 91.

МЕЛИКОВ, О.Г. 2005. Иглокожие мезозойско-кайнозойских отложений Малого Кавказа (Азербайджан) и их стратиграфическое значение. Автореферат докторской диссертации. 53.

ПОГАНКИНА, М. В. 1952. Материалы по экологии иглокожих залива Петра Великого. *Изв. Тихоокеанск. Научно-иссл. Ин-та рыбн. хоз-ва и океаногр*., 37, Москва.

ТЕЙС, Р. В., НАЙДИН, Д. П. 1973. Палеотермометрия и изотопный состав кислорода органогенных карбонатов. Наука. Москва.

EİNCHENBAUM, E. 1910. Uber Nahrunq und Ernahrunqsorqane fon Echinoderma ten. *Wiss. Meeresunters*., N. F., bd. 11.

LOWNDES, A. G., 1953. The densities of some common Echinodermata from Rlymouth. *Ann. A. Mag. Natur. Hist*., 6, 68.

Рецензент: к.г.-м.н. Г.А.Алиев

© Б.М.Панахи, Л.Д.Эйюбова, 2007

О НЕВЯЗКЕ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЭПИЦЕНТРОВ ШЕКИ-ИСМАИЛЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ (АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Б.М.Панахи, Л.Д.Эйюбова

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

В настоящей работе установлено расхождение в определении макросейсмических и инструментальных координат землетрясений для 16 событий Шеки-Исмаиллинской зоны. Макросейсмические координаты эпицентров тщательно проверялись и принимались только на основе уточненных и расчетных данных. С этой целью для всех событий составлялись схемы изосейст землетрясений, а также оценивались глубины их очагов. Установлен линейный характер зависимости невязок макросейсмических и инструментальных эпицентров с глубинами очагов землетрясений.

Анализ макросейсмических данных землетрясений инструментального периода позволил установить существование невязки в определении координат эпицентров этих событий, выявленных двумя основными способами. Такое расхождение в определении координат характерно для большинства ощутимых и разрушительных землетрясений и даже для тех, для которых имеется широкий спектр макросейсмических данных. Однако, несмотря на столь очевидный факт, данный вопрос не нашел своей индивидуальной разработки. При этом следует отметить, что, несмотря на достаточно высокую точность определения координат землетрясений с помощью современных цифровых систем мониторинга сейсмичности, а также высокую плотность опроса при макросейсмических обследованиях, проблема изучения невязок между макросейсмическим и инструментальным эпицентрами одного и того же события остается актуальной до настоящего времени.

В целом, в Азербайджане нет специальных работ, посвященных исследованию природы невязки в определениях координат. В работе Ш.С. Рагимова (1966) приводится характеристика макросейсмических данных ряда ощутимых землетрясений Азербайджана, представляются и анализируются схемы изосейст этих событий, а также изучаются структурные особенности земной коры по макросейсмическим данным. К сожалению, в данной работе соотношение пространственного положения эпицентров, выявленных по инструментальным и макросейсмическим данным, не обсуждается. Более того, в данной работе не показано как выявлен эпицентр (по инструментальным или макросейсмическим данным).

Одной из первых работ, в которой отмечается расхождение в определении макросейсмического и инструментального эпицентров, является описание Хачмасского землетрясения 1966 года (Кулиев, Агамирзоев, 1970). Макросейсмический эпицентр события имел координаты φ=41°28N и λ=48°48E и располагался в 25 км к юго-востоку от инструментального (φ=41°40N λ=48°40E).

В описаниях землетрясений, опубликованных З.З.Султановой (1969, 1986) для большей части событий приводятся координаты эпицентров. Среди них лишь для некоторой части имеется пояснение о том, что они установлены инструментальным путем. Происхождение координат оставшейся части событий остается неясным. Простое сравнение этих значений со значениями эпицентров 98 землетрясений Кавказа, выявленных по макросейсмическим данным (Сихарулидзе и др., 1983), скорее свидетельствует об их инструментальной природе. Надо полагать, что и в этой работе проблема расхождения макросейсмического и инструментального эпицентров не акцентировалась.

В Новом каталоге сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. (Кондорская, Шеталин, 1977) дается характеристика эпицентра по макросейсмическим данным как некоторой точки, являющейся центром тяжести первой изо-

сейсты, с ошибкой, равной ее среднему радиусу. Эпицентр по инструментальным данным рассматривается в качестве точки, соответствующей минимальному значению невязки времени в очаге. В этом же каталоге наряду с основными сведениями о каждом землетрясении приводятся также определения координат, глубины очага, интенсивности и других параметров, выполненные другими авторами. Однако значения φ и λ, установленные по макросейсмическим данным не акцентируются, в связи с чем делать вывод о том, по каким данным выполнены определения эпицентров другими авторами, не представляется возможным.

Касаясь описаний землетрясений, необходимо отметить, что более конкретная информация о методах выявления координат эпицентров представлена в (Гасанов, 2003), где для части сейсмических событий наряду со схемами изосейст представлена также информация о расхождениях между макросейсмическим и инструментальным эпицентрами. Так, Саатлы-Сабирабадское землетрясение 19.4.1989 (M=4.5) имело координаты инструментального эпицентра φ=39.77°N и λ=48.32°E. По макросейсмическим же данным эпицентр располагался в 20-25 км к северо-западу от инструментального (φ=39.95°N и λ=48.43°E).

Другим примером несовпадения макросейсмического и инструментального эпицентров является Бежтинское землетрясение 4 августа 1974 года (Асманов и др., 1978). По инструментальным данным координаты эпицентра составляли φ=42.4°N и λ=45.9°E. Макросейсмический эпицентр, установленный на основании анализа широкого блока данных, имел координаты φ=42.1°N и λ=45.9°E. В данной работе расхождение в определении координат эпицентра как по макросейсмическим, так и по инструментальным данным также осталось без внимания.

Землетрясение 25.11.2000 г. согласно (Гасанов, Панахи и др., 2005) имело координаты эпицентра по инструментальным данным φ=40.10°N; λ=50.10°E. При этом с максимальной интенсивностью оно проявилось в пределах Абшеронского полуострова, а также в пределах северо-западной прибрежной зоны Каспийского моря. В пределах юго-западной прибрежной полосы интенсивность сейсмического эффекта составляла III-IV балла. Такой характер поля является особенностью Каспийских землетрясений, макросейсмические поля которых ориентированы преимущественно в СЗ-ЮВ направлении (18.9.1961, 27.1.1963, 6.3.1986 и др.). Это объясняется (Гасанов, Панахи и др., 2005) развитием здесь разломов СЗ-ЮВ простирания, вдоль которых величины коэффициента затухания интенсивности сейсмического эффекта (Ананьин, 1983) значительно выше по сравнению с соседними областями. Совокупность макросейсмических данных дает основание располагать макросейсмический эпицентр к северу от Абшеронского полуострова. Расхождение между координатами макросейсмического и инструментального эпицентров составляет порядка 60 км. Возможно, такое большое расхождение обусловлено крайне неудачным расположением сейсмических станций по отношению к эпицентру землетрясения.

В несколько поздней коллективной монографии ведущих специалистов сейсмологов бывшего СССР (Буне, Горшков, 1980) случаи несовпадения макросейсмического и инструментального эпицентров землетрясений впервые были признаны в качестве проблемы. Такие случаи в процессе подготовки монографии анализировались индивидуально с учетом возможных размеров очагов. Окончательный выбор координат и ошибок их определения учитывал как возможные ошибки каждого метода обработки, так и величину несовпадения эпицентров.

В выборке землетрясений Шеки-Исмаиллинской области установлено около 90 сейсмических событий, для которых имелись макросейсмические сведения, согласно которым представлялось возможным с допустимой точностью определять основные параметры этих событий. Из числа этих землетрясений для 16-ти событий наблюдается расхождение между определениями инструментального и макросейсмического эпицентров. Для этих землетрясений нами проведены оценки глубин очагов. При расчетах использовано уравнение макросейсмического поля, рассчитанное для Большого Кавказа. Основные сведения о землетрясениях, для которых известны невязки в определениях макросейс-

мического и инструментального координат, а также полученные расчетные оценки глубин их очагов представлены в хронологическом порядке в таблице 1.

Макросейсмические координаты эпицентров тщательно проверялись и принимались только на основе уточненных и расчетных данных. С этой целью для всех событий составлялись схемы изосейст, некоторые из которых приведены на рисунке 1. Величина невязки в определениях координат изменяется в основном в интервале значений от 5-ти до 20 км с максимальным отклонением, достигающим 30 км (сейсмическое событие 1 апреля 1980 года). При этом глубины очагов этих землетрясений варьировали в интервале 5.5-26 км, с максимальным значением 45 км.

Характер соотношения невязки в определениях макросейсмического и инструментального эпицентров с глубиной землетрясений может быть выражен линейной зависимостью (рис. 2). Согласно полученному результату можно полагать, что величина невязки растет с увеличением глубины очага и практически соизмерима с ней. Надо полагать, что данный эффект связан с областью остаточных дислокаций (очаговой зоной), которая в определенной степени предопределяет положение макросейсмического эпицентра. На малых глубинах эта область сильно локализована и расширяется с увеличением глубины очага. При этом также расширяется и площадь максимальных сотрясений, геометрическим центром которой и является макросейсмический эпицентр. Необходимо также иметь в виду, что эффект в определенной степени является функцией грунтовых условий и техногенной деятельности.

Таблица 1

Сведения о землетрясениях, для которых известны невязки в определении координат и имеются определения глубин очагов

	Дата		Время	Эпицентр макросейсм.		Эпицентр инструмент.		Δ км	H км	Источники
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1963	23.04	06.39	41.14	47.39	41.2	47.3	10	7.5	Рагимов Ш.С., 1966; Новый каталог…, 1977
2	1968	5 02	13 34 18	40.72	48.13	40.8	48	13	15	Агамирзоев Р.А., 1978 Новый каталог…, 1977
3	1968	9.02	23.42	40.7	48.1	40.8	48.1	11	11.5	
4	1968	30.08	05.32.12	41.3	48	41.4	48.0	6	10	
5	1972	5.11	13.06.41	41.1	47.37	41.2	47.4	11	8	Агамирзоев Р.А., 1978 Новый каталог…, 1977
6	1976	28.11	12.00	41.3	47	41.3	47.1	5	5.5	Сейсм. Бюллетень Кавказа, 1976
7	1980	1.04	07.33.41	40.85	48.1	40.7	47.8	30	45	Землетрясения в СССР в 1980, 1983
8	1981	29.11	23.37.30	40.8	48.1	40.75	48	10	11	Землетрясения в СССР в 1981, 1984
9	1981	2.12	00.51.36	40.8	48.2	40.93	48.09	20	26	Землетрясения в СССР в 1981, 1984
10	1981	4.12	02.35.36	40.8	48.1	40.7	48	15	16	Папалашвили В.Г., 1997
11	1981	7.12	05.46.53	40.82	48.12	40.8	48	9	10	Папалашвили В.Г., 1997
12	1982	29.04	16.27.11	41.05	47.85	40.9	48	17.5	22	Султанова З.З., 1986
13	1982	24.12	05.16	41.1	46.8	41.07	46.81	10.5	10	
14	1983	23.07	01.07.28.	41.2	47.4	41.87	46.03	12	11	Гасанов А., 2003
15	1986	2.06	15.16	41.1	47.7	40.97	47.77	15	20	
16	1993	16.10	22.37.14	40.83	48.18	40.56	48.14	12.5	19	Гасанов А., 2003

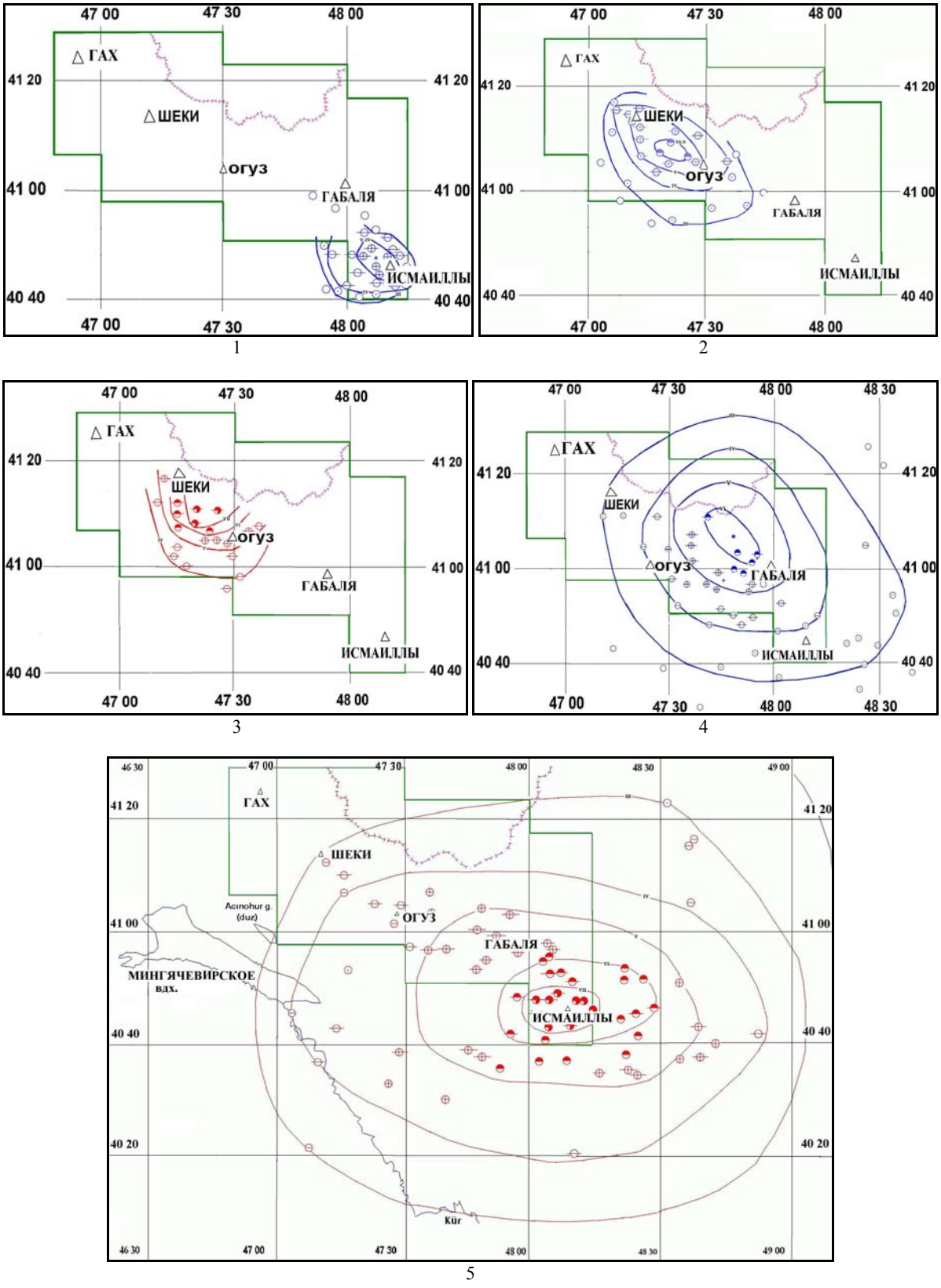


Рис. 1. Схемы изосейст землетрясений: 1. Исмаиллинское землетрясение 5. 9. 1968 года; 2. Огузское землетрясение 5.11.1972 года; 3. Шекинское землетрясение 28.11.1976 года; 4. Габалинское землетрясение 2.6.1986 года; 5. Исмаиллинское землетрясение 29.11.1981 года

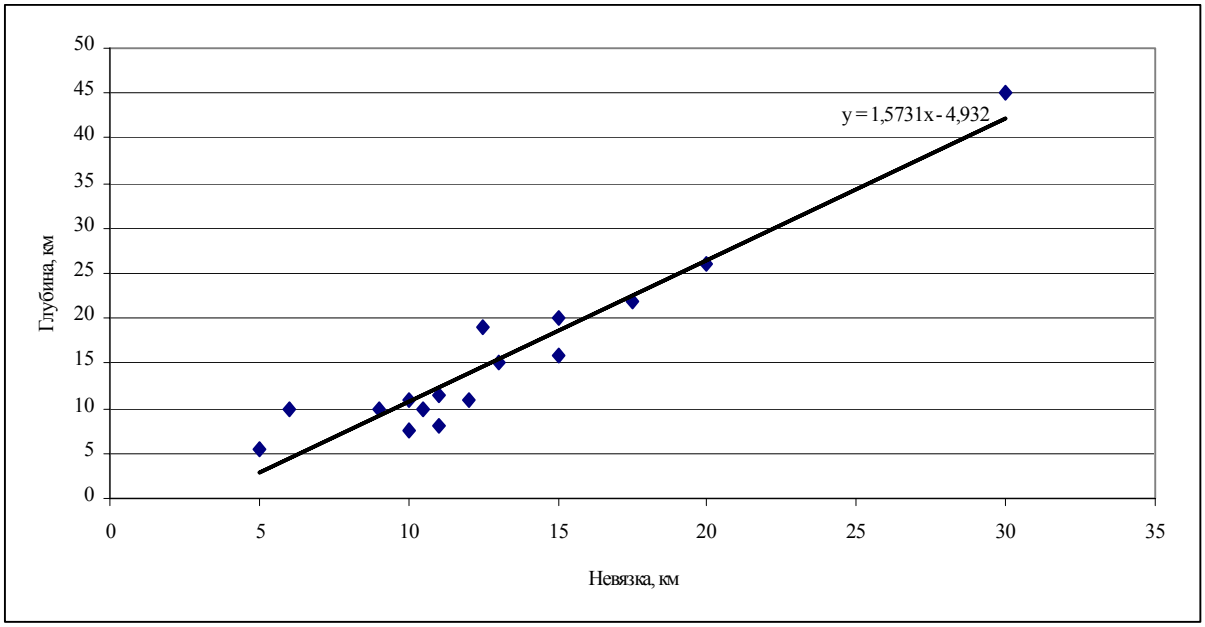


Рис. 2. Соотношение невязки в определениях макросейсмического и инструментального эпицентров с глубиной землетрясений

ЛИТЕРАТУРА

АГАМИРЗОЕВ, Р.А. 1978. Сейсмотектоника Азербайджанской части Большого Кавказа. Элм. Баку.

АНАНЬИН, И.В. 1983. Карта коэффициентов затухания интенсивности сейсмоактивных районов СССР. В кн.: *Геофизические условия в очаговых зонах сильных землетрясений.* Наука, Москва, 1983, 40-44.

АСМАНОВ, О.А., АРЕФЬЕВ, С.С., ИДАРМАЧЕВ, Ш.Г., КАХИАНИ, Л.А., ЛЕВКОВИЧ, Р.А., ПАПАЛАШВИЛИ, В.Г. ШЕБАЛИН, Н.В. 1978. Бежтинское землетрясение 4 августа 1974 г. В: *Землетрясения в СССР в 1974 году*. Москва.

БУНЕ В.И., ГОРШКОВ Г.П. 1980. Сейсмическое районирование территории СССР. Наука, Москва.

ГАСАНОВ, А.Г. 2003. Ощутимые землетрясения Азербайджана 1983-2002. Элм. Баку.

ГАСАНОВ, А.Г., ПАНАХИ, Б.М., ЕТИРМИШЛИ, Г., АГАЕВА С.Т., АБДУЛЛАЕВА, Р.Р. 2005. Каспийское землетрясение 25.11.2000. *Известия НАН Азербайджана, серия наук о Земле*, 1, 43-51.

Землетрясения в СССР в 1980 г. 1983. Наука. Москва. 128-144.

Землетрясения в СССР в 1981 г. 1984. Наука. Москва. 140-157.

КОНДОРСКАЯ, Н.В., ШЕБАЛИН, Н.В. 1977. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. Наука. Москва.

КУЛИЕВ, Ф.Т., АГАМИРЗОЕВ, Р.А. 1970. Хачмасское землетрясение в ноябре 1966 года. *Известия НАН Азербайджана, сер наук о земле*, 5, 99-102.

ПАПАЛАШВИЛИ, В.Г. 1997. Сейсмические условия Кавказа. Мецниереба. Тбилиси.

РАГИМОВ, Ш.С. 1966. Вопросы изучения строения Земли. Азернешр. Баку.

Сейсмологический бюллетень Кавказа за 1976 г. 1977. Мецниереба. Тбилиси. 5-53.

СИХАРУЛИДЗЕ, Д.И., ТУТБЕРИДЗЕ, Н.П., БАГРАМЯН, А.Х., ДЖИДЖЕЙШВИЛИ, П.О., ЕРЕМЯН, Б.Ц., НИБЛАДЗЕ, Н.А., ШАВИШВИЛИ, Р.Л., ТАМАЗАШВИЛИ, М.Э. 1983. Строение, напряженно-деформированное состояние и условия сейсмичности литосферы Малого Кавказа. Мецниереба. Тбилиси.

СУЛТАНОВА, З.З. 1969. Землетрясения Азербайджана. Гянджлик. Баку.

СУЛТАНОВА, З.З. 1986. Ощутимые землетрясения Азербайджана. 1966-1982 гг. Элм. Баку.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана П.З.Мамедов

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© М.Т.Абасов, Ю.М.Кондрушкин, Р.Ю.Алияров, Л.Г.Крутых, 2007

ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И ГАЗА ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

М.Т.Абасов, Ю.М.Кондрушкин, Р.Ю.Алияров, Л.Г.Крутых

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

В статье рассмотрены методические и практические подходы к изучению и прогнозированию параметров природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской впадины. Сформулированы научные принципы подхода к проблеме, установлены количественные закономерности распределения различных геологических параметров на региональном, субрегиональном и локальном уровнях, приведены примеры реализации предложенных методик при оценке углеводородного потенциала перспективных структур.

Южно-Каспийская впадина (ЮКВ), с толщиной осадочного чехла нередко более 20 км, представляет уникальный объект с точки зрения разнообразия геологических условий залегания нефти и газа. Природные резервуары и содержащиеся в них залежи нефти и газа встречаются как вблизи поверхности Земли, так и на больших глубинах, превышающих 5 км и более.

Открытые и разрабатываемые здесь крупные месторождения нефти и газа характеризуются сложными горно-геологическими условиями и рядом особенностей, затрудняющими процесс их освоения. К этим особенностям относятся: большая глубина залегания продуктивных горизонтов (5000-6500 м и более), что требует, например, соответствующей техники и технологии проводки скважин, учитывая, что практически на всех месторождениях такого типа развиты аномально-высокие поровые давления в глинах и пластах-коллекторах, а это, в свою очередь, ужесточает условия проводки скважин; дефицит геолого-геофизической информации, необходимой для изучения свойств природных резервуаров, вызванный ограниченным объемом отбора кернового материала, геофизических исследований скважин. Повышенное содержание глинистого материала в коллекторах, низкая минерализация пластовых вод ухудшают возможности геофизических методов для выявления и количественной оценки свойств пластов-коллекторов. Высокие начальные давления делают практически невозможным проведение гидродинамических исследований скважин, без которых создание проекта разработки таких месторождений становится весьма трудноразрешимой задачей (Абасов и др., 1991).

Все это требовало создания новой методологии их освоения, совершенствования существующих и разработку новых методов изучения природных резервуаров, залегающих на больших глубинах, совершенствования систем и определения технологических показателей их эксплуатации.

Институт проблем глубинных нефтегазовых месторождений Национальной Академии Наук Азербайджана (ИПГНГМ) – один из первых институтов Республики и бывшего СССР, который занимался проблемой освоения глубокозалегающих месторождений нефти и газа. Опыт, теоретические и методологические разработки, накопленные в Институте, представляют несомненный интерес и научную значимость. Все эти исследования выполнены и опубликованы коллективом ИПГНГМ.

Большинство открытых в ЮКВ месторождений связано со структурными ловушками в терригенных природных резервуарах продуктивной толщи (ПТ), приуроченной к плиоцену. Залежи, как правило, имеют сложное и очень сложное геологическое строение. По мере вовлечения в разведку и разработку скоплений нефти и газа на больших глубинах доля запасов углеводородов (УВ) в сложных резервуарах ПТ существенно возрастает.

Разработка комплекса научных принципов и методического обеспечения системы изучения сложных природных резервуаров с учетом априорной информации по региону и в сочетании с использованием вероятностно-статистических методов является весьма актуальной проблемой.

Для изучения и прогнозирования параметров сложных природных резервуаров сформулирован методологический подход, который включает:

- принцип рационального сочетания информации различных уровней и
- принцип системного подхода к изучению геологического пространства.

Первый принцип предусматривает сочетания априорной информации в виде известных и установленных нами количественных геологических закономерностей в целом по ЮКВ (региональный уровень) и в пределах отдельных антиклинальных поясов (субрегиональный уровень) с детальной эмпирической информацией по месторождению-аналогу (локальный уровень) и косвенной информацией по объекту прогноза. Месторождение-аналог выбирается с учетом сходства геологических и термобарических условий залегания углеводородов. В ЮКВ обычно таким критериям удовлетворяет месторождение, расположенное вблизи объекта прогноза и на одном антиклинальном поясе.

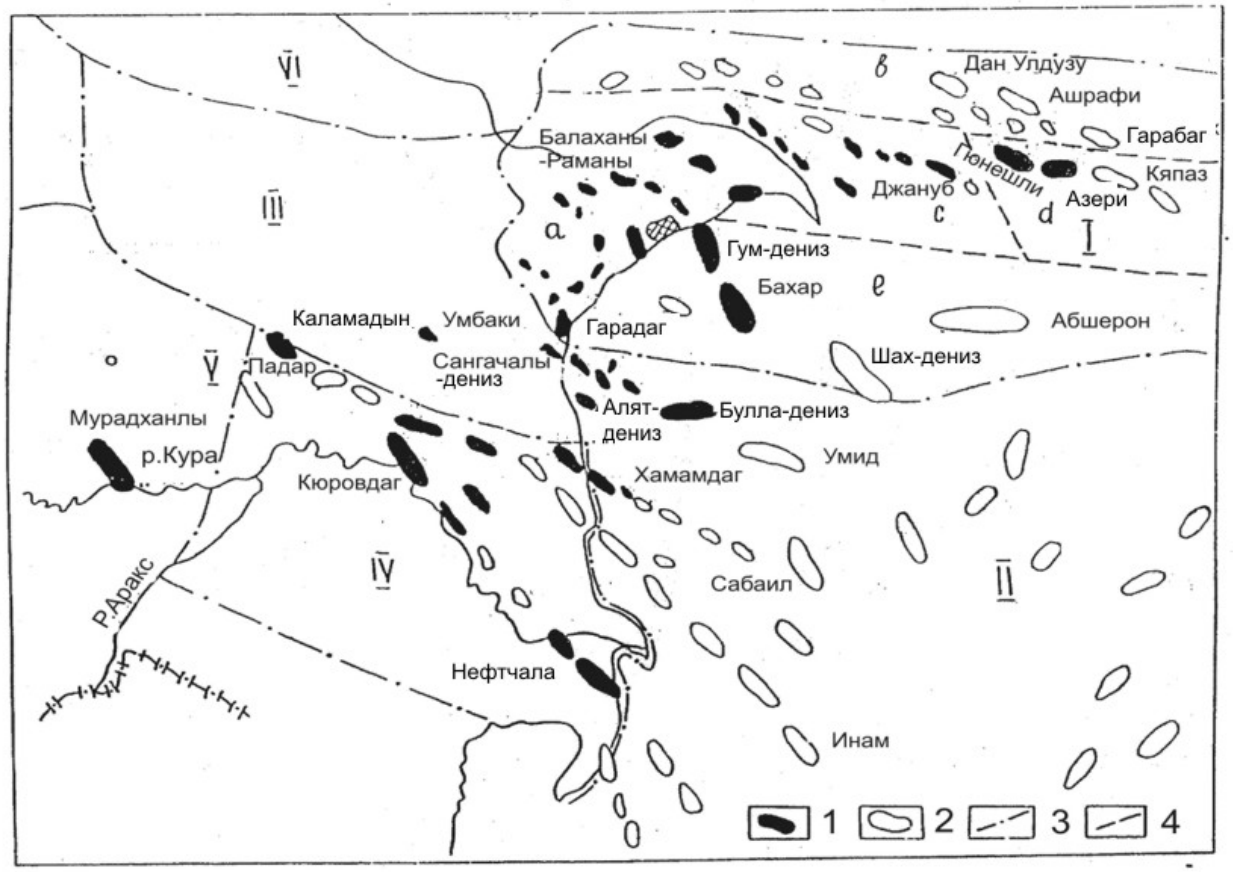
Второй принцип базируется на системном подходе к выделению различных уровней проявления ритмичности разреза ПТ. При расчленении разреза в качестве простого геологического тела надпородного уровня принимается пласт, который состоит из серии слоев, но выделяется по материалам ГИС как интервал сравнительно однотипного литологического состава. Толщины пластов ПТ изменяются в основном от 1-2 до 10 м и несколько более. Ритм низшего порядка (элементарный ритм) можно представить чередованием двух пластов: песчано-алевритового (коллектор) и глинистого (неколлектор). Исследуя относительную песчанистость элементарных ритмов, были выявлены совокупности (ритмы) более высоких порядков, которые, как и элементарные ритмы, характеризуются уменьшением песчанистости в кровле за счет роста глинистости. Такой подход обеспечивает более надежное расчленение геологического пространства для дифференцированной оценки запасов УВ.

Основное внимание уделено изучению региональных и субрегиональных геологических закономерностей, а также геологическим и геохимическим процессам, контролирующим нефтегазообразование и нефтегазонакопление в погруженной части Южно-Абшеронской акваториальной зоны, в районе расположения перспективных структур Шах-дениз и Улдуз.

Геологические исследования закономерностей в изменении параметров природных резервуаров на субрегиональном уровне, т.е. в пределах отдельных антиклинальных поясов, являются весьма информативными в ЮКВ, особенно при прогнозировании параметров и углеводородного потенциала на структурах, разведка которых осуществляется или предстоит. Ниже в качестве примера рассмотрены закономерности в изменении параметров по двум антиклинальным поясам (рис.):

– Балаханы-Сабунчи-Раманы, Сураханы, Гарачухур-Зых, Гумм-дениз, Бахар, Шах-дениз – Сангачалы-дениз – Дуванный-дениз – Хара-Зиря, Булла-дениз, Умид.

Нами были установлены региональные количественные закономерности в изменении свойств природных резервуаров в направлении погружения складчатости. Были рассмотрены такие параметры, как изменение общих толщин пластов и глинистых покрышек, относительной песчанистости разреза, доли эффективной нефтегазонасыщенной толщины в общей толщине, степень заполнения ловушек, соотношение объемов нефте- и газонасыщенных пород, изменение пористости пород-коллекторов в региональном плане и градиентов поровых давлений в глинах.



ОБЗОРНАЯ СХЕМА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА И ВЫЯВЛЕННЫХ СТРУКТУР ЮКВ
Нефтегазоносные районы (НГР): I – Абшеронский : a – зона Абшеронского полуострова; в – северо-Абшеронская зона; c – зона Абшеронского архипелага; d – зона Абшеронского порога; e – Южно-Абшеронская акваториальная зона; II – Бакинский архипелаг; III – Шамаха-Гобустанский; IV – Нижнекуринский; V – Евлах-Агджабединский; VI – Прикаспийско-Губинский; 1 – месторождения; 2 – структуры; 3 – границы НГР; 4 – границы зон нефтегазоносности

Получены геолого-математические модели изменения пористости и проницаемости с глубиной с учетом глинистости и карбонатности, петрофизические модели для оценки пористости и водонасыщенности коллекторов с учетом термобарического фактора, получены модели изменения температур и начальных пластовых давлений с глубиной для различных нефтегазоносных регионов и в целом для Южно-Каспийской впадины.

Отметим, что региональные и субрегиональные закономерности в распределении параметров природных резервуаров обусловлены сопряженностью геологического строения недр на суше и на море и синхронностью их исторического развития.

Рассматриваемый нами методический подход к прогнозу параметров, наряду с изучением региональных геологических закономерностей, предусматривает также детальное исследование наиболее близко расположенного месторождения, которое по своим геологическим и термобарическим условиям залегания УВ можно принять в качестве месторождения-аналога для перспективной структуры.

Методический подход к изучению месторождения-аналога с нашей точки зрения должен включать решение следующих задач:

- изучение структурно-морфологических особенностей природных ловушек и литолого-коллекторских свойств пород;
- изучение петрологических характеристик пород по керновым данным;
- исследование термобарических условий залегания и свойств углеводородов;
- изучение процессов нефтегазообразования и

нефтегазонакопления в районе месторождения на основе геохимических исследований образцов глин, нефти и конденсата.

Изучение параметров и оценка перспективных структур является сложным и поэтапным процессом. Качество прогноза улучшается за счет новой информации. Наибольшее распространение для этой оценки получил объемный метод подсчета запасов (Петерсилье и др., 2003 и др.).

На ранних стадиях оценки предполагаемых запасов УВ, учитывая недостаточность эмпирических данных о параметрах залежей, трудно судить о фактических законах их распределения. В этом случае нами используется треугольное распределение параметров (Абасов и др., 2007). При построении таких распределений достаточно знать только пределы изменения и наиболее вероятные значения параметров. Для расчета по вероятностной модели используется метод Монте Карло, который позволяет получить как возможные пределы изменения запасов, так и среднее их значение с оценкой точности в виде доверительного интервала и заданной надежности.

Выполненные нами исследования позволили полагать, что все структуры Южно-Абшеронской акваториальной зоны (Гумдениз, Бахар, Шах-дениз) характеризуются сходным геотектоническим режимом, близкими условиями седиментации осадков и примерно одинаковыми условиями формирования залежей. Поэтому на Шах-дениз, как и на месторождении Бахар, можно ожидать наличия пластовых, тектонически экранированных, сводовых залежей с диапазоном газонефтенасыщения от балаханской свиты до подошвы ПТ с фазовыми соотношениями, существенно сдвинутыми в сторону увеличения запасов газа и конденсата.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

– Сформулированы принципы изучения и прогнозирования параметров залежей нефти и газа в сложных горно-геологических условиях больших глубин. В их числе: принцип системного подхода по расчленению геологического пространства на основе относительной песчанистости элементарных ритмов и принцип рационального сочетания априорной информации в виде региональных и субрегиональных геологических закономерностей с детальной эмпирической информацией по месторождению-аналогу и косвенной информацией по перспективной структуре, выбранной в качестве объекта для прогноза нефтегазового потенциала.

– Закономерности распределения параметров природных резервуаров в региональном плане обусловлены сопряженностью геологического строения недр на суше и на море, что связано с синхронностью исторического развития частей Земли, прилегающих друг к другу.

Получены площадные модели распределения общих и эффективных толщин, относительной песчанистости разреза, доли нефтегазонасыщенных толщин в общей толщине, медианного диаметра зерен, пористости и проницаемости. Эти модели позволили установить количественные соотношения в изменении параметров природных резервуаров для различных объектов ПТ.

В частности общие и эффективные толщины закономерно возрастают в направлении погруженных зон ЮКВ.

Относительная песчанистость разреза закономерно уменьшается в сторону глубоководной части бассейна.

Согласно тренду проницаемости в целом для песчаных свит ПТ на месторождениях Абшеронского нефтегазоносного района и северной части Бакинского архипелага наблюдается закономерное снижение этого параметра с северо-запада от $438 \cdot 10^{-15}$м^2 на юго-восток и юг до $66 \cdot 10^{-15}$м^2.

– Получены и опробированы модели для прогнозирования емкостных и фильтрационных параметров терригенных коллекторов на глубинах 7-8 км с учетом литолого-минералогических и термобарических факторов. Согласно полученным моделям прогнозные величины первичной пористости и проницаемости песков на глубине 8 км составят порядка 9% и $20 \cdot 10^{-15}$м^2, алевритов – соответственно 7% и $10 \cdot 10^{-15}$м^2. На столь больших глубинах возможно развитие трещиноватости осадочных пород.

Механизм сохранения достаточно высоких значений коллекторских параметров при высокой гравитационной нагрузке вышележащих пород обусловлен тем, что породы ПТ находятся в недоуплотненном состоянии и

процессы катагенетических преобразований не получили широкого развития. Гравитационному сжатию, ухудшающему фильтрационно-емкостные свойства пород, противостоят лучшая отсортированность осадков в погруженных зонах и развитие АВПД, сдерживающих рост эффективного давления.

– Важным итогом региональных исследований по ЮКВ в целом и по отдельным антиклинальным поясам является вывод о том, что закономерности в пределах отдельных антиклинальных поясов обладают наибольшей информативностью для целей прогнозирования нефтегазового потенциала перспективной структуры, приуроченной к рассматриваемому антиклинальному поясу. При прогнозировании параметров и потенциала перспективной структуры целесообразно также, наряду с региональными закономерностями, учитывать распределение параметров природных резервуаров на месторождении, расположенном вблизи перспективной структуры, т.е. на месторождении, которое по своим геологическим и термобарическим условиям залегания УВ можно принять в качестве месторождения-аналога.

Выполненные научные разработки использованы для совершенствования методики разведки, развития методологии оценки параметров залежей при подсчете запасов и составлении геологических основ разработки залежей нефти и газа в сложных природных резервуарах. Результаты исследований по методике изучения морфологии структурных поверхностей, прогнозированию емкостных и фильтрационных свойств пород на больших глубинах, созданию моделей сложного коллектора и способов оценки нефтегазонасыщенной емкости пород, методов оценки геологических запасов, нефте- и газоотдачи позволили обосновать разведанные запасы природных резервуаров в сложных горно-геологических условиях.

Научно-методические исследования по изучению и прогнозированию природных резервуаров на больших глубинах позволили выполнить ряд крупных научно-прикладных работ для нефтегазодобывающей промышленности Азербайджана. Исследования эти нашли детальное отражение в книге (Абасов и др., 2007), а также в работах, выполняемых совместно с такими нефтяными компаниями мира, как ТЕКСАКО, АМОКО, МОБИЛ, ВР, ЮНОКАЛ.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., КОНДРУШКИН, Ю.М., АЛИЯРОВ, Р.Ю., КРУТЫХ, Л.Г. 2007. Изучение и прогнозирование параметров сложных природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской Впадины. Nafta – Press. Баку.

ПЕТЕРСИЛЬЕ, В.И., ПРОСКУРИНА, В.И., ЯЦЕНКО, Г.Г. (под ред.). 2003. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. ВНИГНИ, НПЦ Тверьгеофизика. Москва - Тверь.

АБАСОВ, М.Т., АЗИМОВ, Э.Х., АЛИЯРОВ, Р.Ю., КОНДРУШКИН, Ю.М. и др. 1991. Теория и практика геолого-геофизических исследований и разработки морских месторождений нефти и газа. Т-1. Элм. Баку.

© Х.А.Фейзуллаев, 2007

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ СКВАЖИНЫ ГАЗАМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Х.А.Фейзуллаев

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

В статье на основе многокомпонентной фильтрации численно исследован процесс обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины газами различного состава для условий глубокозалегающей газоконденсатной залежи.

Накопление ретроградного конденсата у забоя газоконденсатных скважин является одной из основных причин снижения их продуктивности (Абасов и др., 1999; Абасов и др., 2003; Абасов и др., 2006; Гриценко и др.,1995; Гриценко и др.,1997). Поэтому вполне естественно для повышения продуктивности скважин использовать методы удаления ретроградного конденсата из их призабойных зон. К таким методам в первую очередь следует отнести обработку прискважинных зон пласта углеводородными растворителями.

Известны методы (Гриценко и др., 1995; Гриценко и др., 1997) увеличения производительности добывающих газоконденсатных скважин путем воздействия, в том числе и циклического (Абасов и др., 2000; Абасов и др., 2001), на их призабойную зону “сухими” или обогащенными углеводородными газами, а также газами с неуглеводородными включениями. Физической основой этих методов является испарение жидкого в пластовых условиях конденсата в газах различного состава.

При прогнозировании показателей обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины углеводородными и неуглеводородными газами была использована многокомпонентная математическая модель фильтрации газоконденсатной смеси (Азиз, Сеттари, 1982; Гриценко и др., 1995; Гриценко и др., 1997; Фейзуллаев, 2006; Peacemen, 1997). 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 – устанавливать составы и насыщенность фаз и использовать расчетные методики определения их физических свойств. Описанная математическая модель включает в себя сложную нелинейную систему дифференциальных уравнений, и для ее решения нами использован численный метод «неявное по давлению и явное по доли компонентов» (Фейзуллаев, 2006).

Отметим, что общие принципы вышеназванного численного метода для задач фильтрации газоконденсатной смеси наиболее полно изложены в работах (Азиз, Сеттари, 1982; Peacemen, 1997). Отличительной особенностью метода, предложенного в (Фейзуллаев, 2006), по сравнению с другими численными методами является то, что при определении составов фаз этим методом обеспечиваются консервативность и устойчивость по всем компонентам. Численный алгоритм, который предложен в (Фейзуллаев, 2006), позволяет более точно описывать течение газоконденсатных смесей в призабойной зоне пласта.

С использованием алгоритма (Фейзуллаев, 2006) были рассчитаны показатели обработки призабойной зоны скважин 39, 46, 73 “сухим” газом, содержащим азот и углекислый газ в количествах соответственно 22 и 30 моль %, установленных PVT исследованиями.

На рис. 1 а,б показано изменение насыщенности коллектора жидкостью в призабойной зоне на примере скважины 46 после обработки “сухим” газом, содержащим в указанных выше соотношениях азот или углекислый газ. Из рисунков видно, что нагнетание неуглеводородных газов в составе “сухого” газа в указанных соотношениях приводит к лучшему удалению ретроградного конденсата из призабойной зоны скважины. В представленном примере об-

работка призабойной зоны азотом в количестве около 22% в составе “сухого” газа лишь немногим уступает по эффективности аналогичному воздействию сухим газом (Фейзуллаев, 2006). Несколько лучше в этих условиях удаляет конденсат сухой газ с добавлением углекислого газа. Так, в вариантах с нагнетанием в скважину азота в составе сухого газа радиус пониженной насыщенности коллектора жидкостью составлял около 30-40 м, а в варианте с нагнетанием углекислого газа в составе сухого газа – около 40-45 м (рис. 2). Интересно, что состав оставшейся после обработки ретроградной жидкости оказался схожим во всех вариантах воздействия (рис. 3 а,б). В зоне пласта с постоянной насыщенностью жидкость состояла в основном из наиболее тяжелых фракций, а в зоне с изменяющимся насыщением – из менее тяжелой фракции.

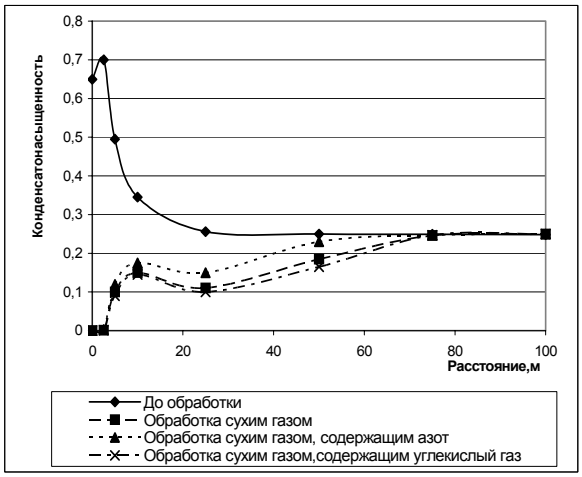
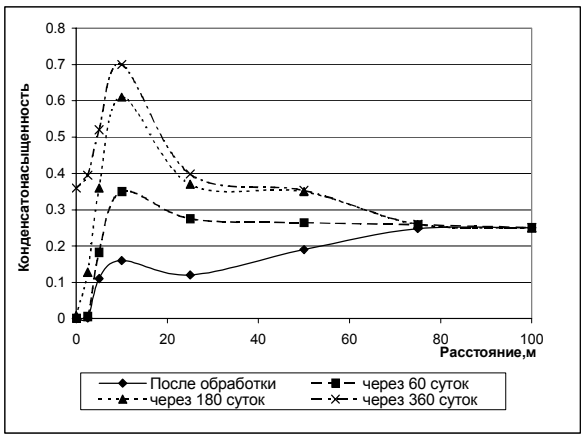
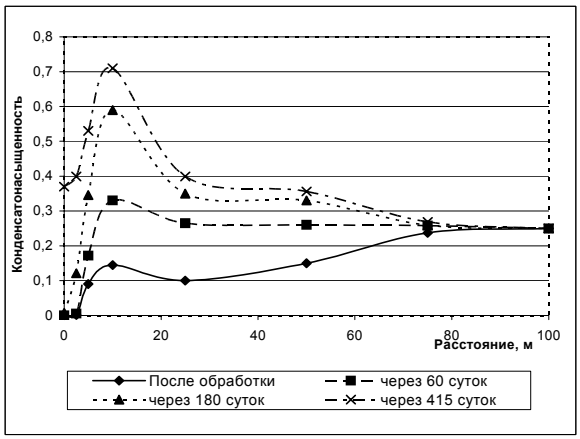


Рис. 2. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.46 после обработки различными газами

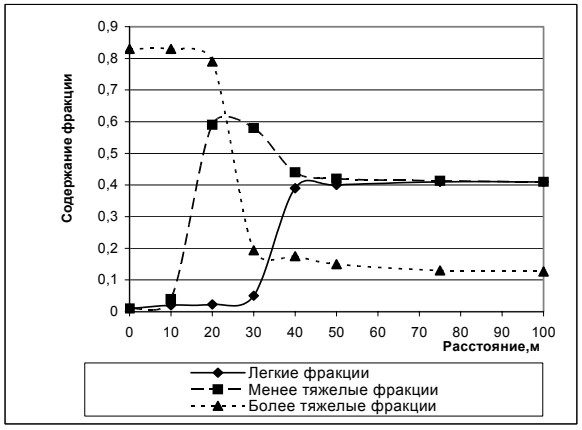


а)

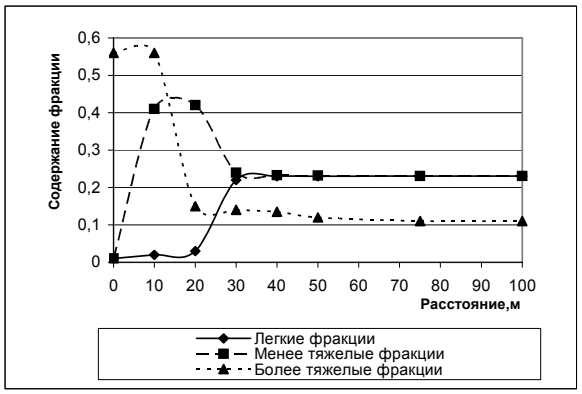


б)

Рис. 1. Изменение конденсатонасыщенности коллектора в призабойной зоне скв.46 в процессе эксплуатации после обработки ее сухим углеводородным газом, содержащим азот (а); углекислый газ (б)

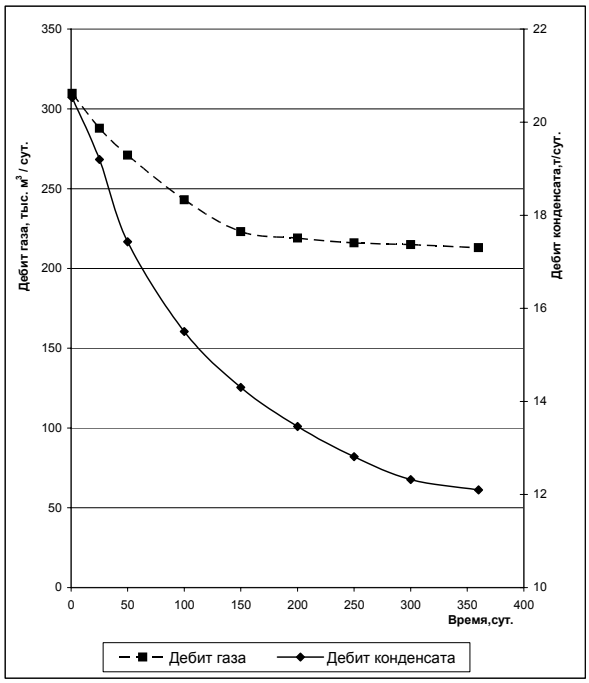


а)

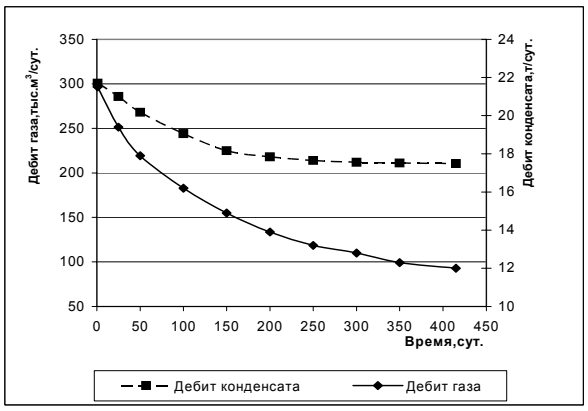


б)

Рис. 3. Распределение углеводородных компонентов в жидкой фазе у забоя скв.46 после обработки ее сухим газом, содержащим азом (а); углекислый газ (б)



а)



б)

Рис. 4. Изменение дебита газа и конденсата после обработки призабойной зоны скв.46 сухим углеводородным газом, содержащим азот (а); углекислый газ (б)

На рис. 4 а,б представлена динамика дебита газа и конденсата на различные моменты эксплуатации скважины 46 после обработки ее “сухим” газом, содержащим азот или углекислый газ в указанных соотношениях. Из рисунка видно, что продуктивность скважин возрастает около 1,75-1,8 раза. По истечении 6 месяцев эксплуатации скважины продуктивность ее остается на 30-35 % выше, чем до обработки. Дальнейшая эксплуатация скважины после такой ее обработки сопровождается повторным накоплением конденсата у забоя, но в более узкой зоне, чем до обработки (рис. 1 а,б).

Напомним, что нами аналогичная задача решалась и с использованием бинарной модели фильтрации, когда математическое обеспечение алгоритма осуществляется на основании PVT исследований. Сравнивая эти результаты с приведенными выше, полученными на основании многокомпонентности системы, можно заключить об их близости.

Таким образом, исследован процесс повышения производительности газоконденсатных скважины глубокозалегающей залежи Азербайджана Булла-дениз путем обработки ее призабойной зоны сухими газами, содержащими азот и углекислый газ, и установлена его высокая эффективность. При этом отмечено, что эту задачу можно моделировать с одинаковой точностью с использованием многокомпонентной или бинарной модели фильтрации газоконденсатной смеси. А вопрос применения той или иной модели должен решаться в зависимости от набора необходимых исходных данных и характера решаемых задач.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ГАМИДОВ, Н.Н. 2000. Экспериментальное исследование испаряемости конденсата «сухим» углеводородным газом, содержащим азот. *Изв. АН Азерб. 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 Азерб. Науки о Земле*, 2, 93-96.

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ДЖАЛАЛОВ, Г.И., ФЕЙЗУЛЛАЕВ Х.А., РЗАЕВА В.Г. 1999. Моделирование процесса извлечения конденсата из призабойной зоны скважины «сухим» углеводородным газом. *Изв. АН Азерб. Науки о Земле*, 2, 3-6.

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ДЖАЛАЛОВ, Г.И., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А., РЗАЕВА, В.Г., ГАМИДОВ, Н.Н. 2003. Проблемы повышения производительности газоконденсатных скважин в поздней стадии разработки месторождений. *Геология нефти и газа,*3, 48-52.

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ДЖАЛАЛОВ, Г.И., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2006. Моделирование процесса разработки газоконденсатных залежей. *Изв. НАН Азерб. Науки о Земле*, 1, 65-69.

АЗИЗ, Х., СЕТТАРИ, Э. 1982. Математическое моделирование пластовых систем. Недра. Москва. 407.

ГРИЦЕНКО, А.И., НИКОЛАЕВ, В.А., ТЕР-САРКИСОВ, Р.М. 1995. Компонентоотдача пласта при разработке газоконденсатных месторождений. Недра. Москва. 239.

ГРИЦЕНКО, А.И., ТЕР-САРКИСОВ, Р.М., ШАНДРЫГИН, А.Н., ПОДЮК, В.Г. 1997. Методы повышения продуктивности газоконденсатных скважин. Недра. Москва. 364.

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

PEACEMEN, D.W. 1997. Fundamentals of Numerical Reservoir Simulation. Elsevier. New-York.

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

© Г.М.Эфендиев, Т.Н.Маммадов, 2007

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОСЕДАНИЯ ЧАСТИЦ БУРОВОГО ШЛАМА В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Г.М.Эфендиев[1], Т.Н.Маммадов[2]

1 – Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А
2 – Halliburton
Баку, Тбилисский просп., блок 1003

В статье приведены результаты исследований по определению закономерностей оседания частиц выбуренного шлама и отработанного бурового раствора в водной среде, получены эмпирические зависимости скорости оседания от размеров твёрдых частиц и времени оседания, а также проанализирован химический состав бурового шлама. В результате наблюдений и опытов получены распределения частиц, показывающие концентрацию фракций различных размеров в буровом растворе.

Одной из основных проблем, с которыми сталкиваются нефтегазовые компании при бурении морских скважин, является экологически безопасная утилизация буровых отходов.

В настоящее время рост объемов бурения глубоких скважин оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду. Только в последние годы в цикле строительства скважин стали предусматривать природоохранные мероприятия. Несмотря на это, все же рост числа бурящихся скважин продолжает оказывать заметное влияние на экологическую обстановку в районах проведения буровых работ. Особенно актуальны эти экологические проблемы при бурении морских скважин. (Патин, 2001; Мамедов, Ханларов, 2006). Дело в том, что буровые отходы включают в себя материалы различного состава и размеров и требуют проведения химического анализа, изучения статистического распределения фракций, исследования процессов седиментации частиц и закономерностей помутнения морской среды. Отсутствие общего мнения о закономерностях изменения скорости оседания частиц и их распределения существенно затрудняет оценку экологического состояния морской среды в районе ведения буровых работ, в то же время обуславливает важность и актуальность проведения отмеченных выше комплексных исследований. Исходя из этого, в настоящей статье приводятся результаты анализа процесса оседания частиц бурового шлама и изучения влияния буровых отходов на степень помутнения морской среды.

Как известно (Патин, 2001; Мамедов, Ханларов, 2006; Вайншток и др., 1999), на изменение физико-химических свойств частиц выбуренной породы существенное влияние оказывает дисперсионная среда бурового раствора. Поры и трещины частиц породы заполняются дисперсионной средой бурового раствора. При этом минералогический состав бурового шлама определяется литологическим составом разбуриваемых пород и может существенно изменяться по мере углубления скважин. Химический состав бурового шлама зависит как от его минерального состава, так и от свойств бурового раствора. Гранулометрический состав шлама определяется типом и диаметром породоразрушающего инструмента, механическими свойствами породы, режимом бурения, свойствами и эффективностью очистки бурового раствора. Буровой раствор и вообще природные и промышленные воды содержат какое-то количество взвешенной фракции. В такой среде, как обычно, происходит процесс седиментации, который ведет, с одной стороны, к отстаиванию, то есть отделению твердой фракции от жидкой, что очищает водную среду, и загрязнению дна – с другой. При оседании глини-

стых частиц происходит также помутнение водной среды и длительное сохранение мутности воды. В ряде работ отмечается, что используемая в настоящее время теория седиментации основана на формуле Стокса, которая справедлива для одиночной частицы. Реальные же скорости оседания могут значительно отличаться от стоксовских, особенно для густой полидисперсной среды. Это связывают с тем, что частицы, движущиеся с разными скоростями и на небольшом расстоянии друг от друга, могут взаимодействовать между собой. Всё это играет большую роль в осадкообразовании бурового шлама вблизи скважины и оказывает существенное влияние на скорость оседания частиц, которая, являясь одной из важных характеристик, привлекает внимание большого количества исследователей. Наличие в составе бурового шлама частиц с различными размерами, массой и плотностью обуславливает сложность оценки их скоростей оседания.

В связи с этим в литературе дается различная интерпретация происходящим при этом явлениям. Так, согласно анализу, выполненному в работе (Уолкер, 1983), установившаяся скорость осаждения частиц песка размером 0,84 мм составляет 0,128 м/с, а частиц размером 2 мм – 0,274 м/с. В работе (Контроль за экологической …, 1994) отмечается, что для частиц, диаметр которых больше 0,06 мм, скорость осаждения не подчиняется закону Стокса. В этом случае, как отмечает автор, большие частицы опускались на дно быстро, со скоростью примерно 1 см/с, меньшие по размеру частицы опускались гораздо дольше. Для их полного оседания требовалось более 10 минут. При проведении наших исследований такая же скорость наблюдалась для частиц диаметром более 2 мм (таблица 3). В работе (Мамедов, Ханларов, 2006) приводятся результаты численного моделирования распределения выбуренных частиц. Авторами установлено, что более тяжёлые частицы бурового шлама быстро осаждаются, незначительно рассеиваясь на дне непосредственно над точкой сброса. В этой же работе со ссылкой на результаты лабораторных исследований также отмечается, что глинистые вещества образуют агрегаты, скорость которых в 1000 раз меньше, чем скорость, определённая по закону Стокса.

В (Патин, 2001) в виде таблицы указаны фракционный состав бурового шлама и скорость его осаждения в водной среде при бурении скважин на северо-восточном шельфе Сахалина со ссылкой на (Контроль за..., 1994).

С целью изучения закономерности изменения скорости оседания и проведения сравнительного анализа нами проведены наблюдения за влиянием на скорость осаждения в водной среде фракционного состава бурового шлама, отобранного из скважин, пробуренных как на Сахалине, так и на месторождениях Азербайджана.

Предварительно были проведены микроскопические исследования образцов пород, представленных в основном глинами с различными включениями. Отработанный шлам был подвергнут анализу с оценкой химического состава. При этом в составе шлама установлены окиси натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, калия, кальция, бария, железа и др. (таблица 1). Кроме того, определено содержание также и микроэлементов (таблица 2), наличие которых ещё раз подтверждает отрицательное влияние на окружающую среду отходов бурения скважины. Результаты изучения скорости осаждения шлама и сравнение их с данными (Патин, 2001) показали незначительное отличие их от таковых для шлама, отобранного из скважин, пробуренных на Сахалине. Однако значения скоростей частиц больших размеров резко отличаются: для шлама, отобранного из скважин, пробуренных на месторождении Гюнешли, скорость оседания значительно меньше по отношению к шламу, отобранному из скважин, пробуренных на северо-восточном шельфе Сахалина. Это объясняется тем, что шлам, отобранный из скважин месторождения Гюнешли, представлен относительно более крупными глинистыми частицами, которые в водной среде набухают и диспергируются.

Диспергирование еще более усиливается при повторном гидротранспорте частиц через скважину, что приводит к снижению скорости оседания в водной среде.

Таблица 1

Содержание химических соединений в буровом шламе, %

№ образца	Na_20	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	BaO	УК
1	2.30	2.73	12.13	37.85	0.14	5.40	0.97	4.27	0.91	0.052	2.71	15.15	15.15
2	1.84	3.23	13.80	41.90	0.15	2.97	1.29	5.17	0.79	0.058	4.18	5.52	18.20
3	1.70	3.37	14.55	42.09	0.15	2.51	1.26	5.23	0.77	0.059	4.22	4.67	19.10
4	1.64	3.09	8.93	46.87	0.14	5.02	1.04	4.35	0.88	0.053	2.92	9.34	15.70
5	1.80	2.97	9.17	54.85	0.16	1.32	1.54	5.88	0.73	0.058	5.78	2.46	12.30
6 (Сахалин)	2.12	2.39	10.32	60.05	0.15	0.98	2.10	2.27	0.70	0.039	4.74	1.82	11.75

Примечание: УК- содержание улетучивающихся при 950^0C компонентов

Таблица 2

Содержание микроэлементов в буровом шламе, %

№ образца	Sr	Zn	Pb	Se	Cd	As	Hg
1	0.026	0.0072	0.0026	0.000009	0.00006	0.000066	0.000020
2	0.024	0.0120	0.0026	0.000012	0.00009	0.000072	0.000050
3	0.027	0.0125	0.0028	0.000018	0.00005	0.000124	0.000010
4	0.021	0.0096	0.0042	0.000013	0.00004	0.000112	0.000009
5	0.025	0.0084	0.0034	0.000015	0.00005	0.000094	0.000016
6 (Сахалин)	0.124	0.0060	0.0012	0.000058	0.00009	0.00048	0.000042

Таблица 3

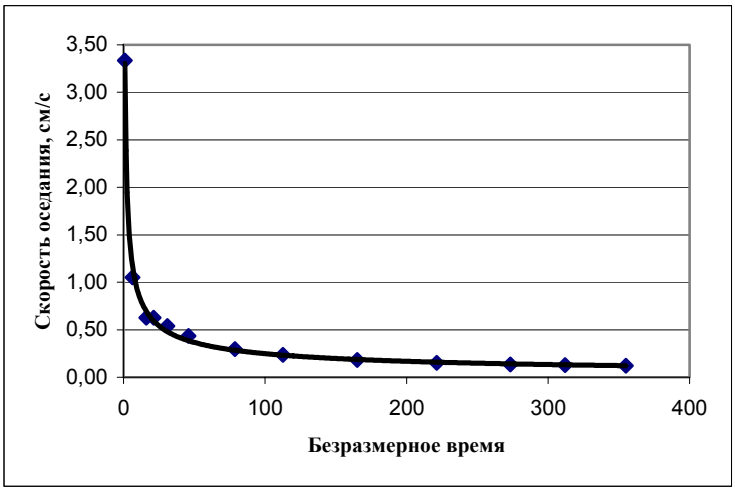
Результаты наблюдений за оседанием частиц шлама, отобранного из месторождения Гюнешли

Размер частиц (мм)	Масса (г)	Процентное содержание (%)	Скорость оседания (см /сек)
<0.01	2	5,2	0,1
0.01-0.5	3,6	9,5	0,16
0.5-2	4,4	11,8	0,17
>2	28	73,5	1

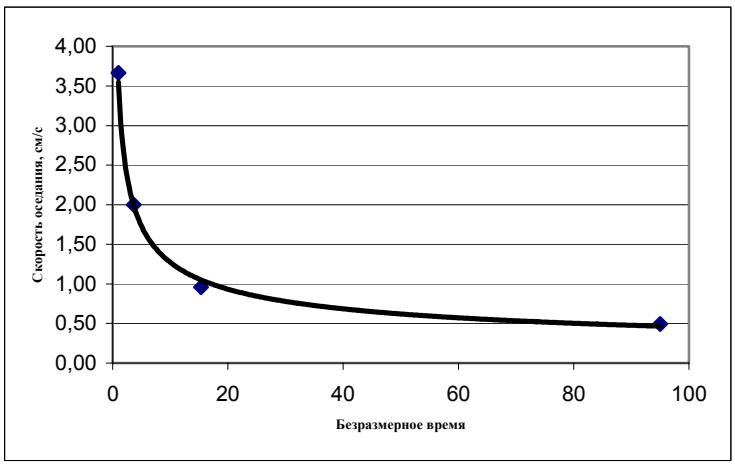
Поэтому при изучении скорости оседания глинистых частиц необходимо учитывать временной фактор, что и было сделано нами. На рисунке 1 в виде графиков показано изменение скорости оседания глинистых частиц в зависимости от времени. Как видно, зависимость эта носит гиперболический характер. В рассматриваемом случае скорость оседания глинистых частиц в водной среде закону Стокса не подчиняется, хотя для двух исследованных случаев наблюдается корреляция между фактической скоростью оседания и скоростью, рассчитанной по формуле Стокса:

$$v = kV_{ст}V(t), \qquad (1)$$

где v – наблюдаемая скорость оседания частиц; $V_{ст}$ – скорость, рассчитанная по формуле Стокса; V(t) – функция скорости во времени; k – эмпирический коэффициент.



а)



б)

Рис. 1. Изменение скорости оседания глинистых частиц в зависимости от времени: (а) − для частиц диаметром до 0,01 мм (б) − для частиц диаметром от 0,01 до 2 мм

В частности, для глинистых частиц размером до 0,01 мм и от 0,01 мм до 2 мм соответственно для скорости оседания получены следующие эмпирические зависимости:

$$V=\frac{1971.56d^2(\rho_1-\rho_2)g}{(\frac{t}{t_1})^{0.56}}, \qquad (2)$$

$$V=\frac{0.054d^2(\rho_1-\rho_2)g}{(\frac{t}{t_1})^{0.45}}. \qquad (3)$$

Для проведения расчетов скоростей оседания различных частиц выполнен анализ распределения их по размерам в отобранных пробах. С этой целью был использован прибор “Master Sizer 2000” фирмы Малверн, принцип действия которого основан на измерении распределения интенсивности рассеянного лазерного луча, пропущенного через отобранные пробы. В результате наблюдений получены распределения частиц, которые показывают концентрацию фракций различных размеров. В рассмотренных случаях, как видно из рисунка 2, когда закон распределения близок к нормальному, что было установлено с помощью статистических оценок, основные размеры фракций охватывают интервал от 2 до 9 мкм, а в некоторых других случаях, когда наблюдаются полимодальные распределения, − 0,5-1 мкм и 7-26 мкм, а также 0,5-1 и 7-14 мкм соответственно.

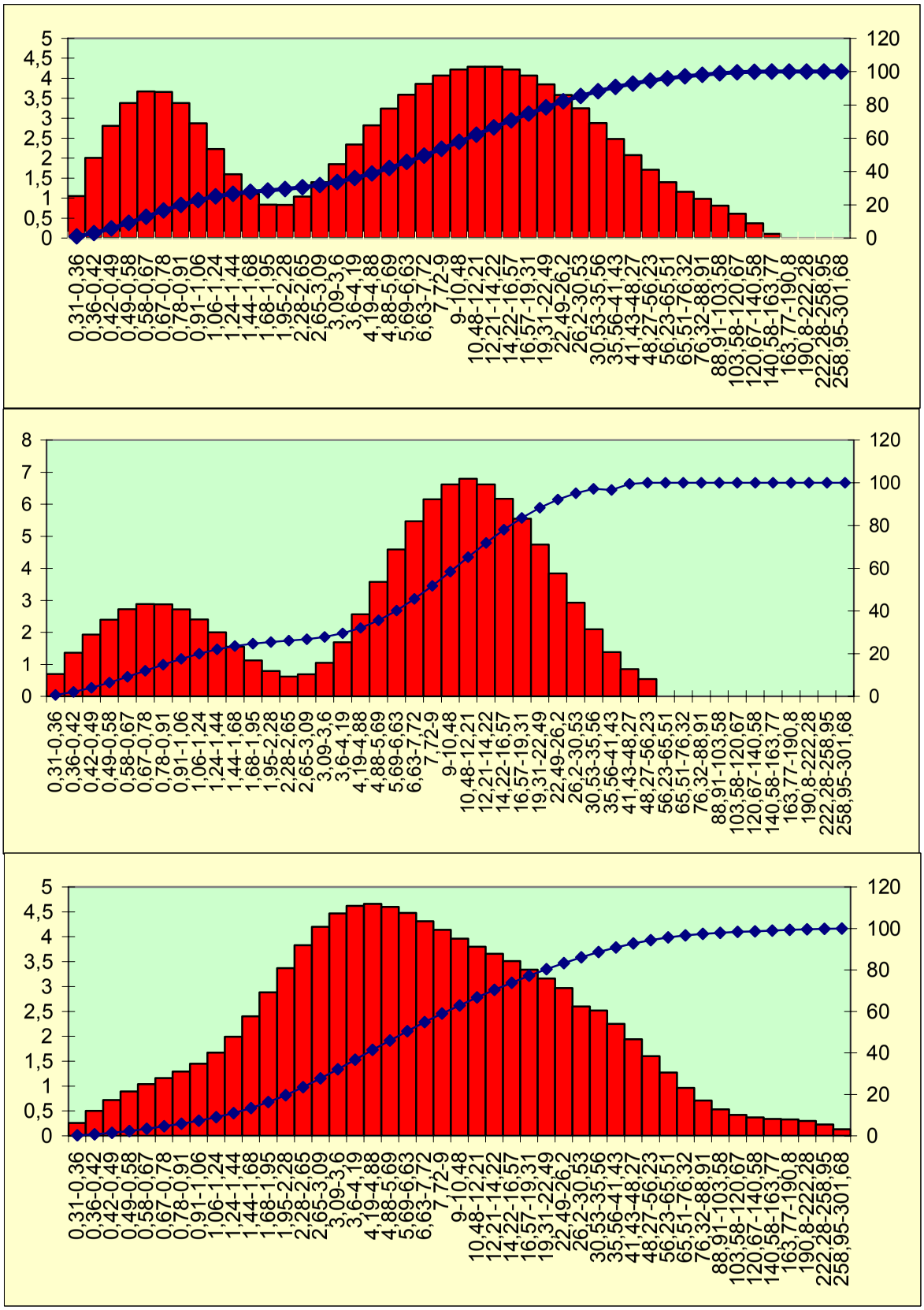


Рис. 2. Распределение частиц в буровом растворе. Проект Сахалин 1. Глубины: а) 6600 м, б) 8100 м, в) 8950 м

Выводы

1. Выполнен анализ исследований химического состава бурового шлама, который позволил установить наличие в нём вредных для окружающей среды элементов и соединений.

2. Исследован процесс седиментации частиц бурового шлама в водной среде, и получены зависимости, показывающие изменение скорости оседания частиц во времени.

3. Выполнен анализ распределения частиц в буровом растворе, который позволил установить, что в рассматриваемом случае, когда закон распределения близок к нормальному, основные размеры фракций охватывают интервал 2-9 мкм, а в некоторых других случаях, когда наблюдаются полимодальные распределения, − 0,5-1 мкм и 7-26 мкм, а также 0,5-1 и 7-14 мкм соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

ВАЙНШТОК, С.М., МОЛЧАНОВ, А.Г., НЕКРАСОВ, В.И., ЧЕРНОБРОВКИН, В.И. 1999. Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб. Издательство Академии горных наук. 224.

Контроль за экологической безопасностью при бурении нефтяных и газовых скважин на суше. 1994. Роснефть. 58.

МАМЕДОВ, Р.М., ХАНЛАРОВ, А.Г. 2006. Эколого-географические аспекты моделирования процесса переноса шлама и бурового раствора при сбросе на поверхность моря. *Известия НАНА, Науки о Земле*, 3, 98-107.

ПАТИН, С.А. 2001. Нефть и экология континентального шельфа. ВНИРО. Москва.

УОЛКЕР, Дж. 1983. Кофе по-турецки. *В мире науки*, 6, 114-118.

© А.С.Стреков, А.А.Гаджиев, 2007

ВЛИЯНИЕ ВИБРОВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ НЕФТЕЙ И ИХ ВЯЗКОУПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК

А.С.Стреков, А.А.Гаджиев

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

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния вибровоздействия в диапазоне низкочастотных колебаний на вязкоупругие характеристики нефтей. Установлено, что вибровоздействие приводит к перестройке надмолекулярной структуры нефтей, которая формируется в соответствии с их углеводородным составом и параметрами вибрации. В результате, у вновь сформированных образцов нефти наблюдается существенное изменение их вязкоупругих характеристик.

Введение

Одним из факторов, определяющих повышение эффективности извлечения нефти из нефтяных коллекторов при применении вибровоздействия, является увеличение её подвижности. Увеличение подвижности нефти при вибровоздействии происходит как за счет его влияния на капиллярно-поверхностные силы, так и на вязкость нефти, насыщающей пласт (Садовский и др., 1986).

Постановка задачи

Изучение влияния вибровоздействия на вязкость жидкостей показало, что она под действием упругих колебаний уменьшается (Гадиев, 1977; Сургучев и др., 1991).

Известно, что наряду с обычными вязкими ньютоновскими жидкостями существуют жидкости, называемые неньютоновскими, для которых характерно проявление как псевдопластических, так и вязкоупругих и неравновесных (релаксационных) свойств. Неньютоновские свойства нефти оказывают существенное влияние на параметры, характеризующие процесс вытеснения нефти из пористых сред (Мирзаджанзаде и др., 1986).

Изучение влияния вибровоздействия на эффективную вязкость неньютоновских жидкостей, проявляющих псевдопластический характер течения, показало, что и для данного класса жидкостей в области частот вибрации 20-100 Гц характерно уменьшение эффективной вязкости (Везиров и др., 1998; Везиров и др., 1999).

В то же время влияние вибровоздействия, особенно в области низких частот, на реологические характеристики вязкоупругих свойств нефтей изучено недостаточно, что может привести к снижению его эффективности при применении на нефтяных пластах, насыщенных такими нефтями. Поэтому представляет интерес исследование влияния вибровоздействия на вязкоупругие характеристики нефтей в области низких частот вибрации.

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Экспериментальные исследования влияния вибровоздействия на вязкоупругие характеристики нефтей выполнены на вибростенде ВЭДС-400А и на специально собранной установке, состоящей из следующих элементов: генератор низкочастотных колебаний, регулятор частот и предметный стол, который механически связан с генератором низкочастотных колебаний. При проведении экспериментов на предметный стол крепилась ёмкость объёмом 150 $см^3$ с объёмом исследуемой нефти 100 $см^3$.

Исследования выполнены на нефтях, физико-химические характеристики которых приведены в таблице 1, при частотах вибрации и амплитудах соответственно 6 Гц и 1,06 мм; 10 Гц и 1,67 мм; 12 Гц. и 1,27 мм; 20 Гц и 1,1 мм. Выбор этих частот вибрации, с одной стороны, был связан с тем, что они находятся в диапазоне доминантных частот 1-300 Гц (Боголюбов и др., 2000; Николаевский, 1996),

а с другой стороны, с тем, что при применении вибровоздействия с земной поверхности оптимальными оказываются низкие частоты 10-20 Гц (Симонов и др., 2000; Николаевский и др., 2006). Для получения стабильных, воспроизводимых результатов образцы нефти подвергались вибрации в течение 180 минут.

Реологические характеристики нефтей до и после вибровоздействия замерялись на Реотесте 2.1 в диапазоне скоростей сдвига 5,4-1312 $с^{-1}$ по стандартной методике.

Полученные экспериментальные данные представлены на рис.1, 2, 3, а проведенные расчеты на их основе сведены в табл.1,2.

На рис.1 приведены кривые течения для исследуемых нефтей, построенные по данным ротационной вискозиметрии, без вибровоздействия (кр.1) и в зависимости от вибровоздействия при частотах вибрации 6 Гц (кр. 2), 10 Гц (кр.3), 12 Гц (кр. 4), 20 Гц (кр. 5). Эти кривые течения были обработаны согласно степенной зависимости Оствальда-Де Вале (Рейнер, 1964):

$$\tau = \kappa \dot{\gamma}^{n}, \qquad (1)$$

где τ – напряжение сдвига, Па; κ – коэффициент консистентности, Па·$с^{n}$; $\dot{\gamma}$ - градиент скорости сдвига, $с^{-1}$; n – показатель течения.

Результаты обработки приведены в табл.1. Как видно из табл.1, все исследуемые нефти как до, так и после вибровоздействия обладают псевдопластическими свойствами (n <1), т.е с увеличением скорости сдвига их эффективная вязкость снижается. Однако необходимо отметить, что при вибровоздействии практически для всех исследуемых нефтей псевдопластичность с увеличением частот их вибрации имеет тенденцию к небольшому уменьшению. Например, для нефти из месторождения Бибиэйбат без вибровоздействия показатель течения – 0,6690, а при частоте вибрации 20 Гц он уже имеет значение 0,7244 (см. табл. 1). С увеличением частот вибрации также наблюдается разжижение всех исследуемых нефтей, о чем можно судить по снижению коэффициента консистентности (см. табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели нефтей и зависимость их реологических констант от частоты и амплитуды вибрации

Тип нефти	Плотность, кг/$м^3$	Содержание, % (масс)			Параметры вибрации		Реологические константы	
		смол	асфальтенов	парафина	Частота, Гц	Амплитуда, мм	κ	n
Пираллахы	926	14	0,8	2	0	0	4,1382	0,8639
					6	1,06	3, 6125	0,8831
					10	1,67	2, 4245	0,8908
					12	1,27	2,3717	0,8770
					20	1,1	2,2564	0,8789
Бибиэйбат	877	6,5	0,12	0,76	0	0	0,3764	0,6690
					6	1,06	0,3333	0,6764
					10	1,67	0,2874	0,6871
					12	1,27	0,2402	0,7078
					20	1,1	0,2102	0,7244

На рис, 2 приведены зависимости эффективной вязкости исследуемых нефтей от скорости сдвига при различных частотах вибрации. Как видно из рисунка, для всех исследуемых нефтей по мере роста частот вибрации наблюдается снижение эффективной вязкости по сравнению с нефтью, не подвергшейся вибровоздействию (ср. кр.1 с кр. 2, 3, 4, 5 на рис. 2 а, б). Причем для нефти с большей эффективной вязкостью эффект снижения эффективной вязкости под действием вибрации оказывается большим, чем для нефти с меньшей эффективной вязкостью. Например, для нефти месторождения Пираллахы эффективная вязкость нефти без вибровоздействия при скорости сдвига 16,2 $с^{-1}$ составляет 289,8 мПа·с, а при вибровоздействии на неё при частоте вибрации 20 Гц эффективная вязкость равна уже 159,4 мПа·с, т.е. эффективная вязкость снижается на 130,4 мПа·с. В то же время для нефти месторождения Бибиэйбат при тех же скоростях сдвига эффективная вязкость снижается с 15,4 мПа·с до 10,5 мПа·с при частоте вибрации 12 Гц, т. е. в этом случае эффективная вязкость снижается лишь на 4,9 мПа·с.

Для оценки вязкоупругих свойств исследуемых нефтей по данным ротационной вискозиметрии воспользуемся методикой, предложенной в работе (Cross, 1968). Согласно этой методике зависимость между касательным напряжением τ_{12} и эффективной вязкостью $\mu_э$ для ротационной вискозиметрии можно представить в следующем виде:

$$\frac{1}{\mu_э^2} = \frac{1}{\mu_t^2} + \frac{\tau_{12}^2}{4G^2\mu_t^2}, \qquad (2)$$

где μ_t - истинная вязкость исследуемой нефти, Па·с; G - модуль упругости, Па.

Если μ_t и G постоянны, то $1/\mu_э^2$ и τ_{12}^2 связаны между собой линейной зависимостью. Причем, если полученная зависимость на графике имеет вид прямой и параллельна оси τ_{12}^2, то она характеризует вязкое течение. Линейность и нелинейность полученной зависимости на графике соответствует проявлению линейных и нелинейных вязкоупругих свойств.

На рис.3 представлены экспериментальные данные, пересчитанные в координатах $1/\mu_э^2 = f(\tau_{12}^2)$. Анализ приведенных на рис. 3 кривых показал, что исследуемые нефти обладают нелинейной вязкоупругостью. Смещение кривых в координатах ($1/\mu_э^2$, τ_{12}^2) вверх свидетельствует о снижении вязкости нефти с увеличением частоты вибрации (ср. кр.1 с кр. 2, 3, 4, 5 на рис. 3 а, б).

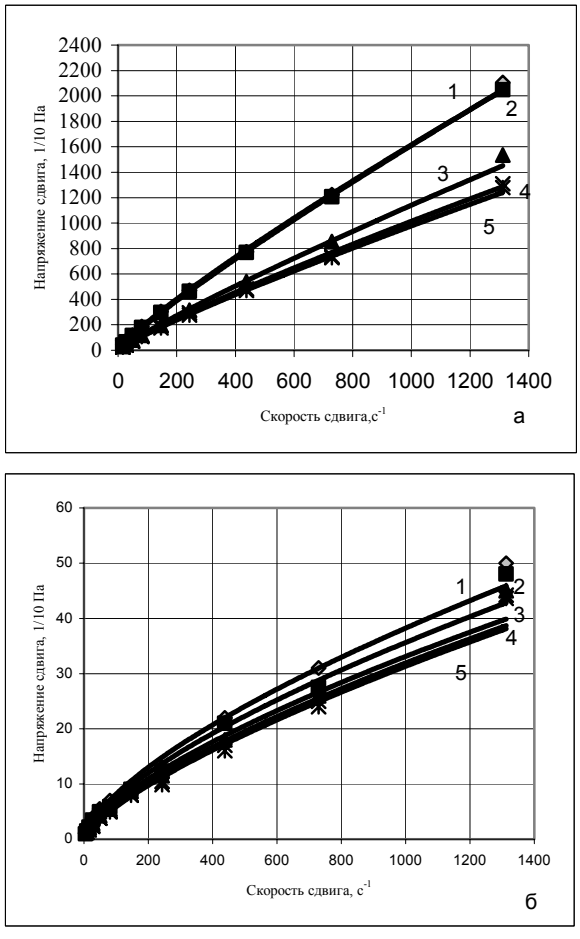


Рис. 1. Кривые течения нефтей м/я Пираллахы (а), Бибиэйбат (б) в зависимости от вибровоздействия при частотах вибрации, Гц: 1- без вибровоздействия; 2 - 6; 3 - 10; 4 - 12; 5 - 20

Как показано в работе (Мирзаджанзаде и др., 1985), полученную в координатах $1/\mu_э^2 = f(\tau_{12}^2)$ кривую можно с достаточной точностью аппроксимировать кусочно-линейной зависимостью, т.е описать ее рядом линейных максвелловских моделей, после чего по пересечению с осью $1/\mu_э^2$ и наклону прямой определить $1/\mu_t^2$ и $\frac{1}{4G^2\mu_t^2}$, а затем истинную вязкость μ_t, модуль упругости G и время релаксации θ_p для каждого прямолинейного участка.

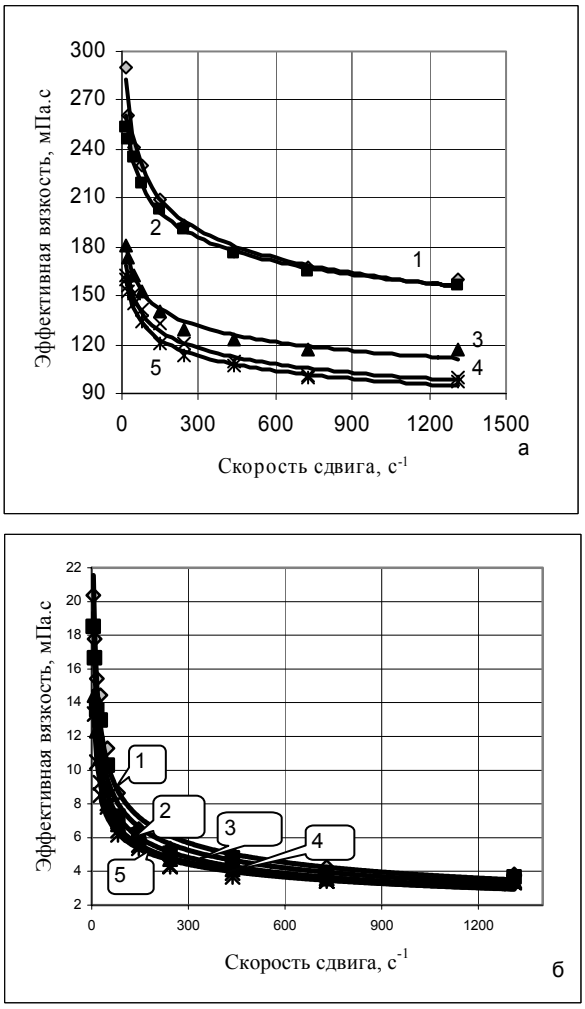


Рис. 2. Зависимость эффективной вязкости нефтей м/я Пираллахы (а), Бибиэйбат (б) от скорости сдвига при различных частотах вибрации, Гц: 1- без вибрации; 2 - 6; 3 -10; 4 -12; 5 – 20

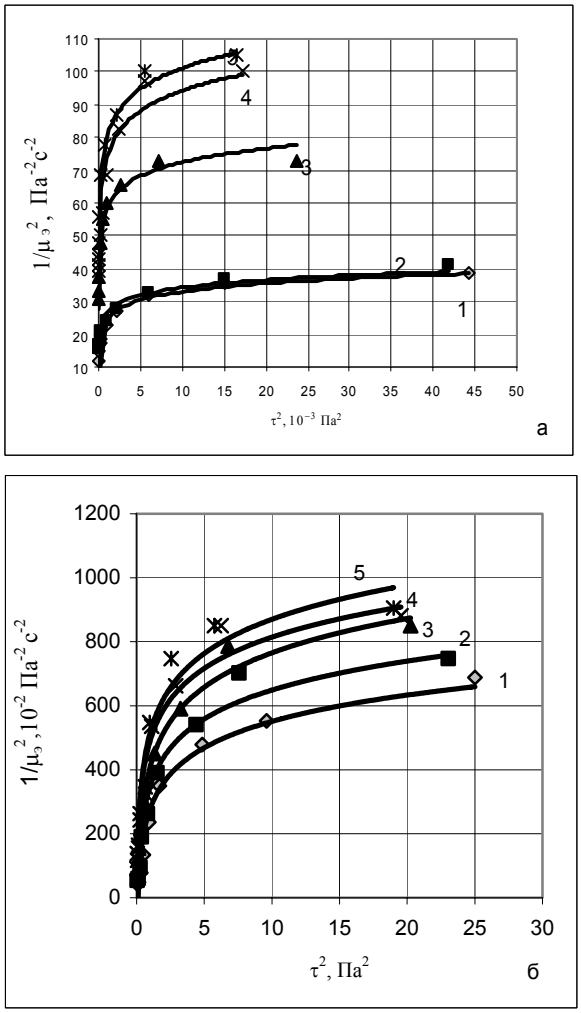


Рис. 3. Зависимость $1/\mu_э^2$ от τ^2 для нефтей м/я Пираллахы (а), Бибиэйбат (б) при частотах вибрации, Гц : 1 - без вибрации; 2 - 6; 3 - 10; 4 - 12; 5- 20

В табл. 2. приведены рассчитанные по вышеприведенной методике вязкоупругие характеристики исследуемых нефтей в зависимости от параметров вибровоздействия. Разбивка кривых на прямолинейные участки в определенных диапазонах изменений зависимости напряжение сдвига – скорость сдвига позволила для каждой частоты вибрации определить спектр времен релаксации и реологические параметры (модуль упругости, истинную вязкость) исследуемых нефтей. Как видно из табл.2, с одной стороны, с ростом диапазона изменения зависимости напряжение сдвига – скорость сдвига для каждой частоты и амплитуды вибрации наблюдается тенденция уменьшения истинной вязкости,

времени релаксации и роста модуля упругости для исследуемых нефтей. С другой стороны, такое же явление наблюдается и с ростом частот и амплитуд вибрации в исследованном диапазоне их изменения. Причем вязкоупругие характеристики определяются также физико-химическими свойствами нефтей (ср. вязкоупругие характеристики для нефти месторождения Пираллахы и Бибиэйбат).

Таблица 2

Зависимость вязкоупругих характеристик нефтей от параметров вибрации

Тип нефти	Параметры вибрации		Интервал изменения		Истинное значение вязкости, Па·с	Модуль упругости, Па	Время релаксации, с
	Частота, Гц	Амплитуда, мм	Напряжение сдвига, 1/10 Па	Скорость сдвига, $с^{-1}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
Пираллахы	0	0	46,9-117,4	16,2-48,6	0,292	0,814	0,358
			117,4-305,2	48,6-145,8	0,248	0,977	0,253
			305,2-773,8	145,8-437,4	0,213	1,337	0,159
			773,8-2105,3	437,4-1312	0,177	1,074	0,164
	6	1,06	41,09-114,4	16,2-48,6	0,254	0,734	0,346
			114,4-296,4	48,6-145,8	0,238	0,864	0,275
			296,4-768,1	145,8-437,4	0,206	1,122	0,183
			768,1-2048,4	437,4-1312	0,176	1,189	0,148
	10	1,67	29,3-79,2	16,2-48,6	0,183	1,157	0,158
			79,2-205,4	48,6-145,8	0,163	1,483	0,074
			205,4-540,5	145,8-437,4	0,136	2,795	0,048
			540,5-1536,3	437,4-1312	0,121	2,785	0,043
	12	1,27	26,4-73,3	16,2-48,6	0,163	2,582	0,063
			73,3-193,7	48,6-145,8	0,152	1,241	0,122
			193,7-481,3	145,8-437,4	0,136	1,688	0,08
			481,3-1308,7	437,4-1312	0,108	1,581	0,068
	20	1,1	25,8-70,4	16,2-48,6	0,16	2,631	0,06
			70,4-176,1	48,6-145,8	0,15	1,675	0,089
			176,1-469,6	145,8-437,4	0,121	1,513	0,079
			469,6-1280,2	437,4-1312	0,106	1,646	0,064
Бибиэйбат	0	0	2,5-5,4	16,2-48,6	0,0185	0,183	0,1
			5,4-9,5	48,6-145,8	0,01	0,4099	0,024
			9,5-20	145,8-437,4	0,0067	0,435	0,015
			20-50	437,4-1312	0,0047	0,529	0,0088
	6	1,06	2,2-5	16,2-48,6	0,0157	0,2121	0,074
			5-9	48,6-145,8	0,0125	0,29	0,0431
			9-21	145,8-437,4	0,0064	0,4743	0,0135
			21-48	437,4-1312	0,0042	0,506	0,0083
	10	1,67	2-4,3	16,2-48,6	0,0142	0,2289	0,062
			4,3-8,7	48,6-145,8	0,009	0,3017	0,0298
			8,7-18	145,8-437,4	0,0064	0,4868	0,0132
			18-45	437,4-1312	0,004	0,555	0,0072
	12	1,27	1,7-3,9	16,2-48,6	0,0112	0,2682	0,0417
			3,9-8,1	48,6-145,8	0,0087	0,3742	0,0232
			8,1-17	145,8-437,4	0,0056	0,5456	0,0104
			17-44,2	437,4-1312	0,0037	0,5292	0,0069
	20	1,1	3,8-8	48,6-145,8	0,0083	0,3917	0,2119
			8-16	145,8-437,4	0,0058	0,5724	0,1022
			16-43,6	437,4-1312	0,0036	0,4635	0,0077

Таким образом, построенные зависимости на рис.3, а затем рассчитанные данные в табл.2 позволяют для каждой частоты и амплитуды вибрации определить значение скоростей сдвига, при которых проявляются те или иные вязкоупругие свойства нефтей. Используя полученные значения скоростей сдвига можно для каждого конкретного случая применения вибровоздействия так подбирать параметры вибрации, чтобы можно было бы обеспечить максимально возможный для данного метода коэффициент извлечения нефти.

Наблюдаемый эффект изменения вязкоупругих характеристик можно объяснить протеканием процесса трансформации надмолекулярной структуры и ослаблением межмолекулярного взаимодействия в результате возбуждения в образце нефти возвратно-поступательного движения микромицелл низкочастотным вибрационным полем.

Заключение

Таким образом, исходя из представлений о коллоидной природе нефти, и на основании проведенного цикла исследований можно сделать вывод о том, что при вибровоздействии происходит трансформация надмолекулярной структуры нефти, которая формируется в соответствии с ее углеводородным составом и параметрами вибрации. В результате перестройки надмолекулярной структуры при вибровоздействии каждый раз в зависимости от параметров вибрации создается как бы новый образец нефти, отличный от образца нефти, не подвергшегося вибровоздействию. У образцов нефти, подвергшихся вибровоздействию, происходит ослабление межмолекулярного взаимодействия, в результате чего наблюдается изменение реологических характеристик, а именно, с ростом частоты вибрации наблюдается снижение эффективной (истинной) вязкости нефтей и изменение их упругих свойств.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что одним из механизмов увеличения нефтеотдачи при применении вибровоздействия является изменение вязкоупругих характеристик нефтей в поле низкочастотных упругих волн. Поэтому, регулируя параметры вибровоздействия на нефтяной коллектор в каждом конкретном случае и тем самым целенаправленно воздействуя на вязкоупругие характеристики нефтей, можно существенно повысить эффективность вибровоздействия, как одного из методов увеличения нефтеотдачи пластов.

ЛИТЕРАТУРА

БОГОЛЮБОВ, Б.Н., ЛОБАНОВ, В.Н., БРИЛЛИАНТ, Л.С., САШНЕВ, И.А., ПОТАПОВ, Г.А. 2000. Интенсификация добычи нефти низкочастотным акустическим воздействием. *Нефтяное хозяйство*, 9, 80-81.

ГАДИЕВ, С.М. 1977. Использование вибрации в добыче нефти. Недра. Москва.159**.**

ВЕЗИРОВ, Д.Ш., СТРЕКОВ, А.С., МУЗАФФАРОВ, Г.Э., ЗАЛОВ, И.Д. 1998. Влияние вибровоздействия на реологические характеристики нефтей. *Известия АН Азербайджана. Науки о Земле,* 2, 86-90.

ВЕЗИРОВ, Д.Ш., МУЗАФФАРОВ, Г.Э., ЗАЛОВ, И.Д. 1999. Влияние вибровоздействия на плотность и вязкость нефтей. В трудах ИПГНГМ: *Вопросы разработки и физикохимии нефтегазоносных пластов*, 137-142.

МИРЗАДЖАНЗАДЕ, А.Х., МАКСУДОВ, Ф.Г., НИГМАТУЛИН, Р.И., ХАСАЕВ, А.М., и др. 1985. Теория и практика применения неравновесных систем в нефтедобыче. Элм. Баку. 220.

МИРЗАДЖАНЗАДЕ, А.Х., АМЕТОВ, И.М., ЕНТОВ, В.М., РЫЖИК, В.М. 1986. Реологические проблемы нефтегазоотдачи. ВНИИОЭНГ. Москва. 52.

НИКОЛАЕВСКИЙ, В.Н. 1996. Геомеханика и флюидодинамика. Недра. Москва. 448.

НИКОЛАЕВСКИЙ, В.Н., СТЕПАНОВА, Г.С., НЕНАРТОВИЧ, Т.Л., ЯГОДОВ, Г.Н. 2006. Ультразвук определяет отбор нефти при вибровоздействии на пласт. *Нефтяное хозяйство,* 1, 48-50.

РЕЙНЕР, М. 1965. Реология. Наука. Москва. 224.

САДОВСКИЙ, М.А., АБАСОВ, М.Т., НИКОЛАЕВ, А.В. 1986. Перспективы вибрационного воздействия на нефтяную залежь с целью повышения нефтеотдачи. *Вестник АН СССР,* 9, 40-43.

СИМОНОВ, Б.Ф., ОПАРИН, В.Н., КАНИСКИН, Н.А., ЧЕРЕДНИКОВ, Е.Н., КАДЫШЕВ, А.И., МАСЛЕННИКОВ, В.В. 2000. Вибросейсмическое воздействие на нефтяные пласты с земной поверхности. *Нефтяное хозяйство,* 5, 41-46.

СУРГУЧЕВ, М.Л., ГОРБУНОВ, А.Т., ЗАБРОДИН, Д.П., ЗИСКИН, Е.А., МАЛЮТИНА, Г.С. 1991. Методы извлечения остаточной нефти. Недра. Москва. 347.

CROSS, M. 1968. Rheology of viscoelastic fluids:Elasticity determination from tangential stress measurement. *Journal of colloid and interface science*, 27,1, 84-90.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Г.Г.Кулиев

© R.Ə.Musayev, F.H.Kərimova, Ş.M.Əliyeva, 2007

MAYENİN İSLATMA VƏ SÜXURUN İSLANMA QABLİYYƏTLƏRİNİN KARBOHİDROGENLİ MAYELƏRİN KAPİLLYAR SIXIŞDIRMA MEXANİZMİNƏ TƏSİRİ

R.Ə.Musayev, F.H.Kərimova, Ş.M.Əliyeva

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

Məqalədə xarici səthləri hidrofil kvars və hidrofob karbonatlı süxurlardan düzəldilmiş modellərdən karbohidrogenli mayelərin müxtəlif islatma qabliyyətinə malik suda həll olan səthi-fəal maddə məhlulları ilə düz və əks-axımlı kapillyar sıxışdırma mexanizmi tədqiq edilmişdir. Bu maddə məhlullarının kerosin və Günəşli neftinin səthi-gərilmə əmsalı qiymətlərinə və süxur səthini islatma qabliyyətlərinə təsiri amilləri də öyrənilmişdir.

Neft sənayesinin inkişafında layların neftveriminin artırılması əsas problemlərdən biridir. Məlumdur ki, məsaməli mühitdə neft və suyun birlikdə hərəkinə kapillyar qüvvələrin böyük təsiri vardır. Süxur tərkibindən asılı olaraq məsaməli mühitin səthi ya hidrofil və yaxud da hidrofob xüsusiyyətli ola bilər (Абасов и др., 2004).

Hidrofil xüsusiyyətli kvars qumunun səthi su ilə, bunun əksinə olaraq, karbonatlı süxur səthi isə neftlə yaxşı islanır (Мусаев и др.,1998).

Layların işlənməsi prosesində məsaməli mühiti təşkil edən qum dənəciklərinin səthi hidrofil olduqda neft və suyun təzyiqlər fərqi kapillyar təzyiqə bərabər olur (Сургучев, 1965). Kapillyar təzyiqin (P_k) su ilə doymadan (S) asılılığı aşağıdaki tənliklə xarakterizə oluna bilər:

$$P_k(S) = P_H - P_{su} = \frac{2\sigma\cos\theta}{k/m} J(S)$$

P_H və P_{su} müvafik olaraq neft və suya olan təzyiq; m və k-məsaməlik və keçiricilik; σ - fazalar arası səthi gərilmə; θ-məsaməli mühitin su ilə islanma bucağı; J(S)-Leveret funksiyası.

Hidrofob xüsusiyyətli sahə səthi neftlə damla və yaxud linzavari örtüklə örtülmüş olur (Мусаев и др., 1999). Təbii lay şəraitində, yəni xaricdən heç bir hidrodinamiki təsir olmadıqda neft və suyun miqrasiyası ancaq kapillyar qüvvələrin təsiri ilə mümkündür.

Neft yataqlarının işlənməsi şəraitində yaranan kapillyar təzyiq neftin, qazın və eləcə də suyun məsaməli mühitdə hərəkət dinamikasına əhəmiyyətli təsir göstərir. Neftin su ilə kapillyar sıxışdırılması bir çox tədqiqatçılar tərəfindən öyrənilmişdir (Абасов и др., 1987; Мусаев и др., 2004). Bu prosesin aktivliyi müntəzəm və dəyişgən olur (Сургучев, 1965). Məsaməli mühitə hopmuş qalıq neft hissəciklərinin kapillyar təzyiqin yaratdığı hərəkətedici qüvvənin təsiri ilə su ilə yuyularaq sərbəst vəziyyətə keçməsi amili (Мусаев и др., 1995) işdə aşkar edilmişdir.

Tahirov N.C. və b. (1968) işində göstərilmişdir ki, məsaməli mühitin istənilən maye ilə doydurulmasından asılı olmayaraq yüksək temperatur şəraitində antipolyar maye ilə kapillyar sıxışdırılması mövcuddur. Karbohidrogenli mayelərin və müxtəlif reagent məhlullarının yüksək temperatur şəraitində məsaməli mühitdən vertikal və horizontal kapillyar sıxışdırılmasına hidrogen göstəricisinin (pH) təsiri də mövcuddur.

Layda baş verən səthi-molekulyar qüvvələrin neftin su ilə kapillyar sıxışdırma mexanizminə təsiri M.T.Abasov və b. (1982) işində tədqiq edilmişdir.

Kapillyar qüvvələr, neft yataqlarının səthi-fəal maddə, qələvi, turşu və başqa kimyəvi reagent məhlulları ilə işlənməsi zamanı özünü daha çox büruzə verir.

Bununla əlaqədar laboratoriya tədqiqatları aparımış və suda həll olan ionlaşmayan hidrofil (Slovasol-A) və hidrofob (Slovasol-B) səthi-fəal maddələrindən istifadə edilmişdir. Bu maddələrin şirin suda məhlulları 0-2% qatılıqlarda hazırlanmışdır. Hazırlanmış məhlulların polyar hissəciklərdən təmizlənmiş kerosin və Günəşli nefti (X horizont) sərhədlərində səthi gərilmə qiymətləri staloqmometrik üsulla təyin edilmişdir (cədvəl).

İstifadə edilmiş neftin adi şəraitdə sıxlığı 860 kq/m^3, özlülüyü 30 mPa·s, şirin su sərhədində səthi gərilmə qiyməti 25 mN/m olaraq, tərki-

bində 0,5% naften turşusu, 8% qatran, 0,08% azotlu birləşmələr və 1,8% parafin vardır.

Cədvəldə verilmiş tədqiqat nəticələrinin təhlili göstərir ki, hidrofil xarakterli Slovasol-A səthi-fəal maddəsinin məhlulları karbohidrogenli mayelər sərhədində səthi-gərilmə qiymətlərini, hidrofob xarakterli Slovasol-B məhlullarına nisbətən daha çox aşağı salır.

Səthi-gərilmə qiymətlərinin intensiv aşağı düşməsi 0,1-0,15%-li məhlul qatılıqlarına kimi davam edir. Guman etmək olar ki, bu qatılıqdan sonra məhlulda olan səthi-fəal maddə molekulları birləşərək miosel vəziyyətinə keçir və səthi gərilmə qiymətinin azalmasına praktiki olaraq heç bir təsir göstərmir (Шинода и др., 1966).

Qeyd etmək lazımdır ki, səthi-fəal maddə məhlulunun ilk fəallığı nə qədər çox olarsa, tədbiqi bir o qədər səmərəli olar. Maddə məhlulunun ilk səthi fəallığı aşağıdaki ifadə ilə təyin edilə bilər:

$$g=\frac{d\sigma}{dc}=\frac{\sigma_{0-}\sigma_c}{c}$$

g-səthi fəallıq, $\frac{mN/m}{mg/l}$;

σ_0 - şirin suyun karbohidrogenli maye sərhədində səthi gərilmə qiyməti, mN/m;

σ_c - kiçik qatılıqlı məhlulun karbohidrogenli maye sərhədində səthi gərilmə qiyməti, mN/m;

c - səthi-fəal maddə məhlulunun qatılığı, mq/l.

Bu yönümdən hidrofilləşdirmə qabliyyətinə malik olan Slovasol-A səthi-fəal maddəsinin kerosin sərhədində ilk 0,0205 fəallığı Slovasol-B maddəsinə (0,0102) nisbətən iki dəfə çoxdur.

Tərkibində təbii fəal komponentlər olan xam neft sərhədində isə bu maddə məhlullarının ilk səthi fəallığı əhəmiyyətli dərəcədə azalır (Slovasol-A-0,0103, Slovasol-B-0,004).

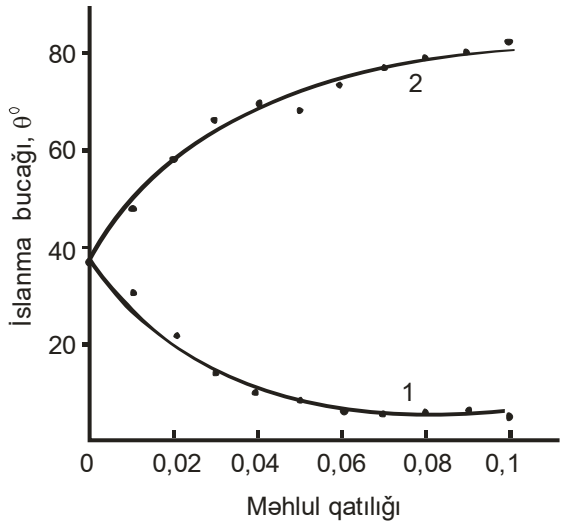
Bu maddə məhlullarının polyar fəal hissəciklərdən təmizlənmiş kerosin daxilindəki kvars lövhəciyinin şirin su və müxtəlif qatılıqlı səthi-fəal maddə məhlulları ilə islanma bucaqları təyin edilmişdir (1-ci şəkil). Belə ki, Slovasol-A səthi-fəal maddə məhlulunun qatılığı şirin suda artdıqca kerosin daxilində qoyulmuş kvars lövhəsi səthinin su ilə islanma qabliyyəti yaxşılaşır (əyri 1). Slovasol-A su məhlulunun 0,08-0,1 qatılığında islanma bucağı qiyməti 36^0-dən 5^0-yə düşür. Bu məhlul qatılığından sonra isə islanma bucağı qiyməti, praktiki olaraq, sabit qalır. Birinci şəkildə göstərilmiş əyri 2-dən aydın olur ki, Slovasol-A maddəsinin əksinə olaraq Slovasol-B maddə məhlulları kvars lövhəsi səthinin su ilə islanmasını pisləşdirir. Məhlulun 0,04-0,08 qatılığında suya görə islanma bucağı 36^0-dən 70-80^0-yə kimi yüksəlir. Praktiki olaraq maksimal hidrofobləşma 0,25%-li məhlul qatılığında baş verir.

Kapillyar sıxışdırma tədqiqatlarını aparmaq üçün düz və əksaxımlı modellərdən istifadə edilmişdir.

Düzaxımlı kapillyar məsaməli mühit modelini düzəltmək üçün uzunluğu 40 sm, diametri 3 sm şüşə lay modelləri kvars qumu və yaxud döyülmüş əhəngdaşı ilə doldurulmuşdur. Modelin hər iki başına xüsusi başlıqlar taxılmışdır.

Səthi-gərilmə qiyməti, mN/m

Məhlulların qatılığı, %	Slovasol A		Slovasol B	
	Kerosin sərhədində	Günəşli nefti sərhədində	Kerosin sərhədində	Günəşli nefti sərhədində
00	47,3	25,0	47,3	25,0
0,01	23,5	12,2	35,0	21,6
0,025	14,7	12,0	32,0	20,0
0,05	10,8	7,8	29,0	19,6
0,1	8,3	6,8	24,5	18,6
0,15	7,8	6,4	21,3	18,4
0,2	7,2	6,1	19,0	18,2
0,25	6,8	5,9	17,1	18,1
0,5	5,4	4,7	9,8	17,1
1,0	4,4	3,9	6,3	15,6
2,0	3,9	2,8	5,2	12,0



1-ci şəkil. İslanma bucağının məhlul qatılığından asılılığı
1 - Slovasol A məhlulları
2 - Slovasol B məhlulları

Qeyd etmək lazımdır ki, karbonatlı neft tutumlu laydakı süxurlar kvars qumuna nisbətən neftlə daha yaxşı islanır. Buna görə neftli lay məsaməli mühitində karbonatlı süxurların miqdarı artdıqca neftin bərk səthlə adqeziya qüvvəsi artır və nəticədə sərbəst neft damlasının hərəkəti pisləşir (Мусаев и др., 1999).

Səthi hidrofob tipli mühitdə neftin daha kiçik diametrli kapillyarlara daxil olması nəticəsində neftə görə faza keçiriciliyi yüksək, suya görə isə kiçik olur (Мусаев и др., 1998) .

Hazırlanmış modellərin orta məsaməliyi 28%, keçiriciliyi isə 2,0 mkm^2 təşkil etmişdir. Modelin məsaməli mühitində olan hava sorucu nasos vasitəsilə azad edilmiş, neftlə doydurulmuş və təcrübələr tam horizontal vəziyyətdə aparılmışdır. Məsaməli mühitdən sıxışdırılan mayeni ölçmək üçün xüsusi ölçülü sifonlu silindirdən istifadə edilmişdir.

Təcrübəyə hazırlanmış modellərdən Günəşli yatağının X horizontunun nefti şirin su, 0,1%-li Slovasol-A və Slovasol-B məhlulları ilə hidrodinamik təzyiqlər fərqi olmadan düz axımla yaranan kapillyar qüvvələrlə sıxışdırılmışdır. Tədqiqat nəticələri əsasında qurulmuş kapillyar neftsıxışdırma əmsalının zamandan asılılıq əyriləri 2-ci və 3-cü şəkillərdə verilmişdir. İkinci şəkildəki əyrilərin təhlili göstərir ki, kvars qumu ilə doldurulmuş modeldən neftin kapillyar sıxışdırma əmsalının 0,3 qiyməti şirin su ilə 250 saatdan sonra alınır. Qeyd edək ki, neftin intensiv kapillyar sıxışdırma dövrü 150 saata kimi davam edir. Bu dövr ərzində neftsıxışdırma əmsalının qiyməti 0,25-ə çatır. Sonrakı 100 saat ərzində isə kapillyar neftsıxışdırma əmsalı yalnız 0,05 miqdarında artır.

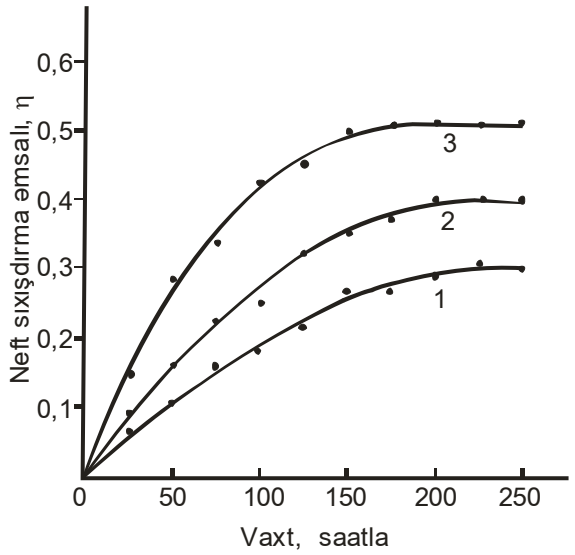
Eyni şəraitdə maksimal kapillyar neftsıxışdırma əmsalı 0,5 (əyri 3) 150 saat müddətində 0,1%-li Slovasol-A məhlulunun tədbiqi ilə alınmışdır.

Slovasol-B səthi-fəal maddəsinin 0,1%-i şirin su məhlulu ilə neftin kapillyar sıxışdırılması prosesi (əyri 2) bərabər artımlı olmaqla 50 saat ləng gedir. Maksimal (0,4) kapillyar neftsıxışdırma əmsalı 200 saat müddətində alınmışdır. Bu qiymət təmiz şirin su ilə sıxışdırma əmsalına nisbətən 10% çoxdur. Slovasol-A səthi-fəal maddə məhlulunun əlavə olaraq 10% artıq neftsıxışdırma qabliyyəti onun modelin neftlə doymuş məsamələrinə kapillyar qüvvələrin təsiri ilə intensiv daxil olması və süxur səthindən neftin yuyulub sərbəst damla halına keçməsi ilə əlaqədardır.

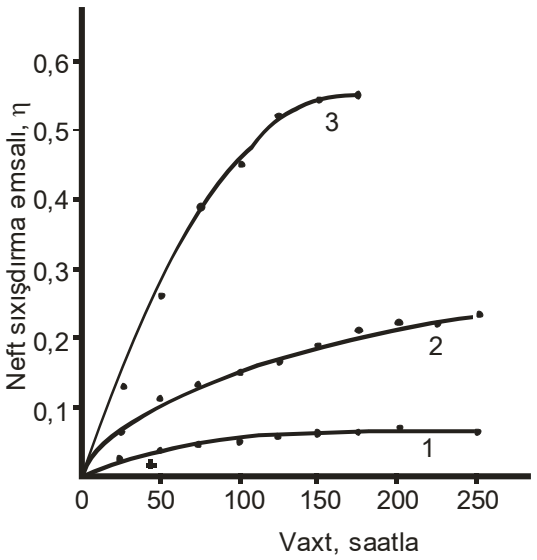
İkinci seriya təcrübələrində karbonatlı süxur nümunələrinə malik olan əhəngdaşının döyülmüş və ələkdən keçirilmiş 0,1mm ölcülü xırda hissəcikləri ilə hazırlanmış təcrübə modelindən istifadə edilmişdir. Təcrübə məlumatları əsasında qurulmuş asılılıq əyriləri 3-cü şəkildə verilmişdir. Şəkildəki əyrilərin müqayisəsi göstərir ki, səthi kvars qumuna nisbətən hidrofob xarakterli olan karbonatlı süxur məsaməli mühitindən Günəşli yatağı neftinin Slovasol-B maddəsinin 0,1%-li məhlulu ilə 130 saat kapillyar sıxışdırmasında daha çox neftverimi (0,55) alınır. Bu əmsal kvars qumundan Slovasol-B maddəsinin 0,1%-li məhlulunun kapillyar sıxışdırma əmsalından 15% çoxdur. İkinci şəkildə (əyri 2) və 3-cü şəkildə (əyri 3) verilmiş əyrilərin müqayisəsi göstərir ki, hidrofoblaşdırma xüsusiyyətinə malik olan məhlul ilə səthi hidrofob yönümlü süxurlardan təşkil olunmuş modeldən neftin kapillyar sıxışdırılması prosesi daha intensiv gedir.

Məlumdur ki, karbonatlı və çatlı layların sulaşdırılmasında əsas faktorlardan biri bloklardan neftin əksaxımlı su ilə kapillyar sıxışdırılmasıdır. Bu şəraiti laboratoriyada tədqiq etmək üçün əhəngdaşından hazırlanmış nümunələrdən istifadə edilmişdir. Neftlə doymuş nümunələr müvafiq olaraq qabaqcadan hazırlanmış 0,1%-li Slovasol-A və Slovasol-B məhlullarına daxil edilməklə əksaxımlı kapillyar sıxışdırma prosesi aparılmışdır. Müqayisə üçün təmiz şirin sudan da istifadə edilmişdir. Əyani şəffaf müşahidə ilə müəyyən olmuşdur ki, əksaxımlı kapillyar sıxışdırılmada məsaməli mühitdən neft damcıları çıxaraq su və yaxud su məhlulları üzərində toplanır. Hər iki saatdan bir toplanan neft miqdarı təyin olunmuşdur. Neftin sıxışdırılması prosesi 6-12 saat davam etmişdir. Bu müddətdən sonra maye səthində neft damlaları müşahidə

edilməmişdir. Alınmış məlumatlar əsasında qurulmuş asılılıq əyriləri 4-cü şəkildə verilmişdir. Əyrilərin təhlili ilə müəyyən edilmişdir ki, şirin suya salınmış nümunədən 16 saat müddətində əksaxımlı kapillyar sıxışdırma ilə məsaməli mühit neftinin 30%-i sıxışdırılıb.

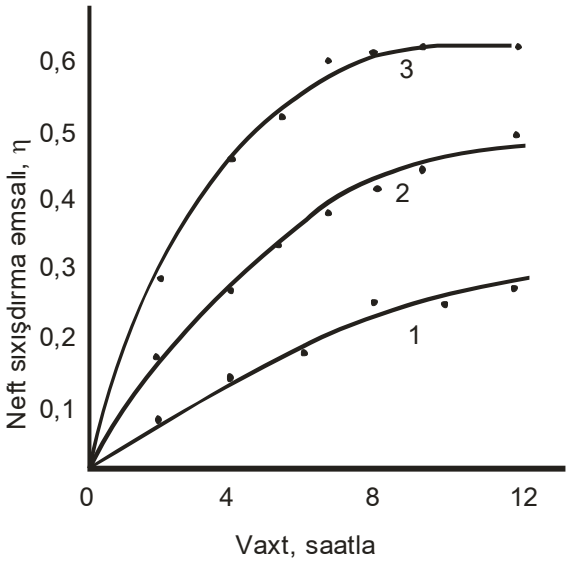


2-ci şəkil. Kvars qumundan hazırlanmış modeldən neftin düzaxımlı kapillyar sıxışdırma əmsalının vaxtdan asılılığı
1 - şirin su
2 - 0,1%-li Slovasol B məhlulu
3 - 0,1% Slovasol A məhlulu



3-cü şəkil. Döyülmüş əhəngdaşından hazırlanmış modeldən neftin düzaxımlı kapillyar sıxışdırma əmsalının vaxtdan asılılığı
1 - şirin su
2 - 0,1% Slovasol A məhlulu
3 - 0,1%-li Slovasol B məhlulu

Slovasol-A məhlulu daxilində 12 saat ərzində əksaxımlı kapillyar sıxışdırma ilə əlavə olaraq 18% neft alınır. Tədqiqat nəticələrinin təhlili göstərmişdir ki, hidrofoblaşdırma xüsusiyyətinə malik olan Slovasol-B məhlulu daxilində əksaxımlı kapillyar sıxışdırma prosesi daha fəal gedir (əyri 3). Belə ki, karbonatlı süxur hissəciklərindən ibarət olan nümunənin məsaməli mühitindən 6 saat müddətində 60% neft xaric olmuşdur. Buna səbəb məsaməli mühit səthinin və sıxışdırıcı məhlulun hidrofob xassəli olmasıdır.



4-cü şəkil. Əhəngdaşından hazırlanmış nümunədən neftin əksaxımlı kapillyar sıxışdırma əmsalının vaxtdan asılılığı
1 - şirin su
2 - 0,1% Slovasol A məhlulu
3 - 0,1%-li Slovasol B məhlulu

Nəticələr

1. Müəyyən edilmişdir ki, səthi hidrofob yönümlü süxurlardan təşkil olunmuş məsaməli mühitdən hidrofoblaşdırma xüsusiyyətinə malik olan məhlul ilə neftin düzaxımlı sıxışdırılması hidrofil xüsusiyyətli səthə nisbətən daha intensiv gedir. Eyni nəticə əksaxımlı kapillyar sıxışdırmada da müşahidə edilir.
2. Hidrofil səthli məsaməli mühitdən neftin eyni xassəli məhlul ilə düzaxımlı kapillyar sıxışdırma prosesi, hidrofob xassəli məhlula nisbətən az vaxt ərzində bitməklə yanaşı, maksimal sıxışdırma əmaslı verir.
3. Tədqiqatlarda istifadə edilmiş hidrofil və

hidrofob xassəli suda həll olan səthi-fəal maddə məhlullarının müxtəlif karbohidrogenli maye sərhədlərindəki səthi-gərilmə əmsalının qiymətləri və onların süxur səthini islatma xüsusiyyətləri təyin edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

АБАСОВ, М.Т., АЛИЯРОВ, Р.Ю. и др. 2004. Смачиваемость пород-коллекторов в процессе разработки залежей. *Нефтяное хозяйство*, 8, 69-71.

АБАСОВ, М.Т., ТАИРОВ, Н.Д. и др. 1987. Капиллярные явления и нефтеотдача. Элм. Баку. 147.

АБАСОВ, М.Т., ТАИРОВ, Н.Д.и др. 1982. Исследование в области новых методов повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти. *Изв. АН Азер. ССР, серия наук о земле*, 36, 93-102.

МУСАЕВ, Р.А., ГАШИМОВ, А.Ф. 1999. Влияние характеристики смачиваемости пород на остаточную нефтенасыщенность и распределение остаточной нефти. *Тр.ИПГНМ*, Баку, 118-122.

МУСАЕВ, Р.А., ГАШИМОВ, А.Ф., КЕРИМОВА, Ф.Г. 1995. Влияние характеристики смачиваемости пород на распределение остаточной нефти и фазовую проницаемость. В кн.: *Геологические аспекты разработки залежей*. Баку.

МУСАЕВ, Р.А., КЕРИМОВА, Ф.Г. 2004. Влияние смачивающей способности вытесняющей жидкости, температуры и глинистости пористой среды на прямоточное капиллярное вытеснение нефти. *Известия НАНА, науки о Земле*, 2, 94-97.

МУСАЕВ, Р.А., КЕРИМОВА, Ф.Г., ГАШИМОВ, А.Ф. 1998. Влияние смачиваемости породы на фазовую проницаемость. *Известия АН Аз.ССР, науки о Земле*, 2, 64-67.

СУРГУЧЕВ, М.Л. 1965. Импульсное (циклическое) воздействие на пласт, как метод повышения нефтеотдачи. *Нефтяное хозяйство*, 3, 17-21.

ТАИРОВ, Н.Д., ВЕЗИРОВ, Д.Ш. и др. 1968. Влияние температуры на противоточное капиллярное вытеснение углеводородных жидкостей водой. *ДАН Азерб. ССР*, 24, 40-43.

ШИНОДА, К, НАКАГАВА, Т. и др. 1966. Коллоидные поверхностно-активные вещества. Мир. Москва. 203.

Məqaləyə t.e.n. Ə.A.Mösümzadə rəy vermişdir

ГЕОГРАФИЯ

© Jean-François Cretaux, R.M.Mamedov, B.N.Mustafayev, 2007

APPLICATION OF SATELLITE RADAR ALTIMETRY FOR STUDIES OF VARIATIONS OF THE CASPIAN SEA LEVEL

Jean-François Cretaux[1], R.M.Mamedov[2], B.N.Mustafayev[2,3]

1 – *CNES/LEGOS, 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France*
2 – *H.Aliyev Institute of Geography, Azerbaijan National Academy of Sciences, H.Cavid pr. 31, AZ-1143 Baku, Azerbaijan*
3 – *LEGOS 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France*

The Caspian Sea is well covered by TOPEX/Poseidon, Jason-1, GFO and ENVISAT satellite altimeters. Having a prolongation opportunity for the TOPEX/Poseidon data on the Caspian Sea level with data from Jason-1 along the same tracks, we constructed new time series of TOPEX/Poseidon extended by Jason-1. Average bias of common period for each TOPEX/Poseidon track extended by Jason-1 has been calculated. Time series of Jason-1 and ENVISAT have been also constructed and the average bias for their common period has been calculated. The average bias of common period for TOPEX/Poseidon and GFO has been also calculated. The average bias values have been applied to compute the variation of the Caspian Sea level in the multisatellite mode (from 1993 to present). Amplitude of the Caspian Sea level variations calculated along the TOPEX/Poseidon and Jason-1 tracks has been also studied. Maps with the amplitude of annual signal along tracks, and a map with an interpolation of the amplitude all over the Caspian Sea were constructed.

1. Introduction

Satellite radar altimetry is a successful technique for monitoring the variation in elevation of continental surface water, such as inland seas, lakes, rivers, and wetland zones. The surface water level is measured within a terrestrial reference frame with a repeatability varying from 10 to 35 days depending on the orbit cycle of the satellite.

Several satellite altimetry missions have been launched since the early 1990s: ERS-1, TOPEX/Poseidon, ERS-2, Jason-1 and ENVISAT. The TOPEX/Poseidon was launched in 1992 as a follow-up to SEASAT (1978) and GEOSAT (1985). The TOPEX/Poseidon together with ERS-1 (1991), ERS-2 (1995) and GFO (1998) showed the wide range of oceanographic applications that can be obtained from space. Using very powerful radar altimetry technology, this satellite detects the slightest variation in sea level and provides quick, synoptic, global, and regular measurements of ocean surface topography (Chelton *et al.*, 2001). The Jason-1 satellite was launched in 2001. Placed in the same orbit as TOPEX/Poseidon, Jason-1 delivers geophysical data to users within three hours of observation at a level of performance identical to TOPEX/Poseidon. The ENVISAT satellite was launched in 2002. Onboard this multi-mission satellite, a radar altimeter is running to take over the ERS-2 altimetric mission. The orbit repeating at 35 days (instead of 10 days for Jason and TOPEX/Poseidon) is sampling the ocean at a shorter spatial scale, complementing the large scale vision of TOPEX/Poseidon.

Although the primary mission of satellite altimetry was the study of water level of the open ocean, this technique have been successfully applied to monitor water level of inland seas such as the Caspian and Aral seas (Cazenave et al., 1997; Aladin et al., 2005; Cretaux et al., 2005; Lebedev and Kostianoy, 2005), large lakes (Ponchaut and Cazenave, 1998; Mercier et al., 2002), as well as large rivers, wetlands and floodplains

(Birkett, 1998; Maheu et al., 2003, Kouraev et al., 2004, Leon et al., 2006).

2. Satellite Altimetry of the Caspian Sea

Due to its large area (375000 km^2), the Caspian Sea is well covered by all satellite altimeters. Cazenave et al. have shown that satellite altimetry data can be successfully used for the investigation of the Caspian Sea level variability. They have analyzed three and a half years (from January 1993 through August 1996) of altimeter range data from the TOPEX/Poseidon mission over the Caspian Sea to estimate temporal variations in the sea level. They have shown that the Caspian Sea level was rising at a rate of 18.9±0.5 cm/yr between January 1993 and July 1995 and that the northwestern Caspian in the area of the Volga delta was rising faster (by ~3cm/yr) than the middle and south Caspian. However, by mid-1995, the sea level started to drop abruptly. The average sea level decrease recorded from mid-1995 amounts to -24.8±1.4 cm/yr (Cazenave et al., 1997).

Lebedev and Kostianoy have applied the satellite altimetry to monitoring of water level, wind speed and the wave height variations in the Caspian Sea, as well as in the Volga River. Lebedev and Kostianoy have analyzed 13 years of TOPEX/Poseidon and 3.5 years of Jason-1 data since September 1992 till December 2005. According to Lebedev and Kostianoy, between October 1992 and March 1995 the Caspian Sea level was rising at the rate of +20.4 cm/yr. In August 1995 the sea level started to drop abruptly and a negative trend was being observed until winter 2001/2002, when a local minimum (–27.3 m) was achieved. Since November 1995 to September 1996 the rate of the Caspian Sea level drop was 23.1 cm/yr, later it decreased to –5.3 cm/yr in October 1996 – June 1998 and to –9.1 cm/yr in December 1998 – April 2001. Since January 2002 till December 2005 the Caspian Sea level was rising with a mean rate of +7.5 cm/yr (Lebedev and Kostianoy, 2005).

Data gathered by TOPEX/Poseidon represent uninterrupted and most continuous measurements that have a prolongation possibility with data from Jason-1 along the same tracks. Having this possibility, we constructed new time series of TOPEX/Poseidon extended by Jason-1 and calculated the average bias. Time series of Jason-1 and ENVISAT were also constructed and the average bias for their common period was calculated. The average bias of common period for TOPEX/Poseidon and GFO was also calculated. Making estimated the bias between satellites permits us to compute the variation of the Caspian Sea level in the multisatellite mode. We have also studied the amplitude of the Caspian Sea level variations calculated along the TOPEX/Poseidon and Jason-1 tracks. Amplitude of annual signal along tracks, and an interpolation of the amplitude were mapped. Obtained results are given in the present paper.

3. Data processing

In our study, the database created at LEGOS (Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales) was used. After creating necessary files with data, a processing started using CTOH (Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère) software. Several tracks were processed for the following satellites: TOPEX/Poseidon, Jason, GFO and ENVISAT. Due to its large area (375000 km^2), the Caspian Sea is well covered by all satellite altimeters. For mapping each or all tracks, a program was used which also permits us to select necessary traces and dismiss the rest. The procedure started with selecting the exact track from the list and giving the information as satellite's and lake's names. After the calculation process, as a result, we had some data about variation in the proper files. The same procedure was applied to all satellites. The results were used to construct time series.

Data gathered by TOPEX/Poseidon represent uninterrupted and most continuous measurements (from September, 1992 to August, 2002) that have a prolongation opportunity with data from Jason-1 along the same tracks (from January, 2002 up to now). Having this opportunity, new time series of TOPEX/Poseidon extended by Jason-1 were constructed. In Figure 1 we give, as an example, the water level fluctuation for track 92 of TOPEX/Poseidon extended by Jason-1. Average bias of common period for each TOPEX/Poseidon track extended by Jason-1 was also calculated (Table).

The average bias of common period for TOPEX/Poseidon and Jason-1

Track number	TOPEX/Poseidon average bias (m)
16	0,056
31	0,075
57	0,054
92	0,073
133	0,07
168	0,067
209	0,012
244	0,177
All tracks after reconstruction	-0,06

Time series for GFO and ENVISAT tracks were mostly with a lot of errors. On the other hand, the tracks of TOPEX/Poseidon and Jason-1 have a few time series with errors. Analysis shows that the data from TOPEX/Poseidon and Jason-1 are most optimal for satellite monitoring of the Caspian Sea level variation. So, next step was eliminating of the tracks with mistakes and reconstructing the time series only with good tracks numbers. Continuing with TOPEX/Poseidon and Jason-1, reconstructed time series were put together (Figure 2) and the average bias for their common period (i.e. from January, 2002 to August 19, 2002) was calculated (the calculated average bias was -0.06 m). Time series of Jason-1 and ENVISAT were also constructed and the average bias for their common period was calculated (the calculated average bias was -0.35 m). The average bias of common period for TOPEX/Poseidon and GFO was -0.15 m. First of all, it was necessary to estimate bias between each satellite before computing the Caspian Sea level variation in the multisatellite mode. Bias observed on the Caspian Sea was in the range of 10-20 cm.

Next step was to calculate the Caspian Sea level variations in the multisatellite mode. Data processing results are shown in Figure 3. First of all, Figure 3 indicates interannual variations correlated with hydrological conditions of the Caspian Sea basin.

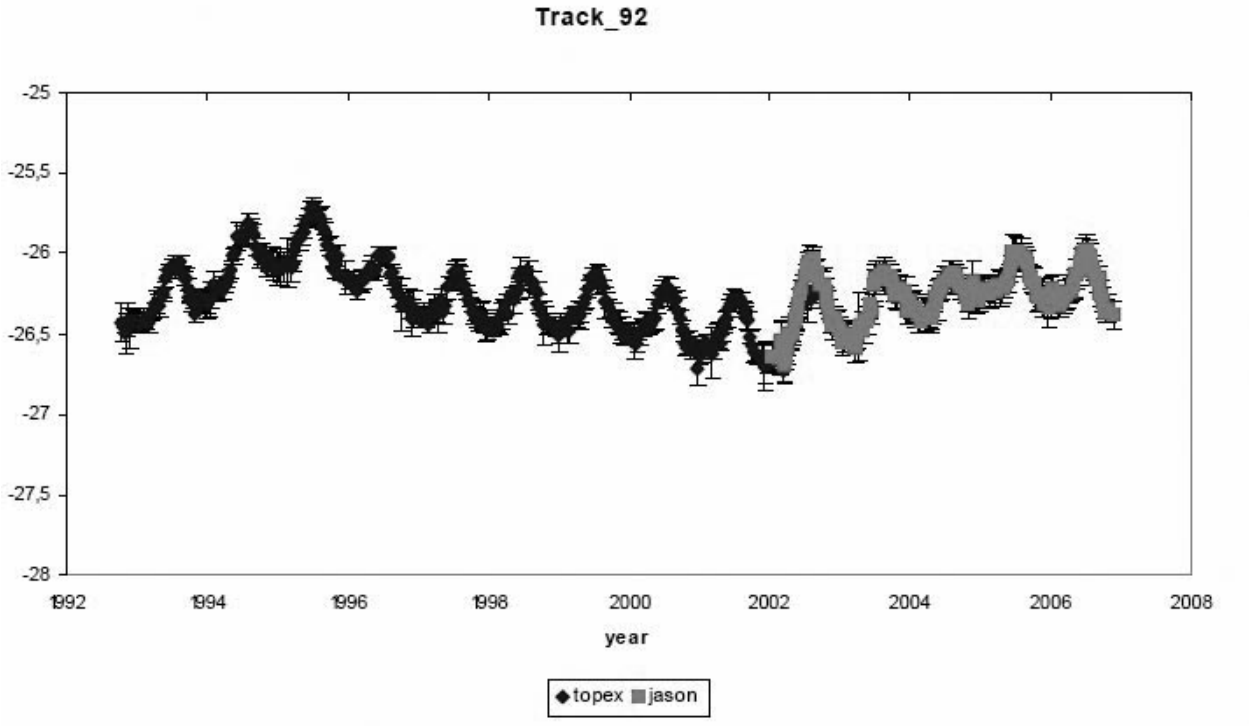


Figure 1. Water level fluctuation, TOPEX/Poseidon extended by Jason-1 track 92

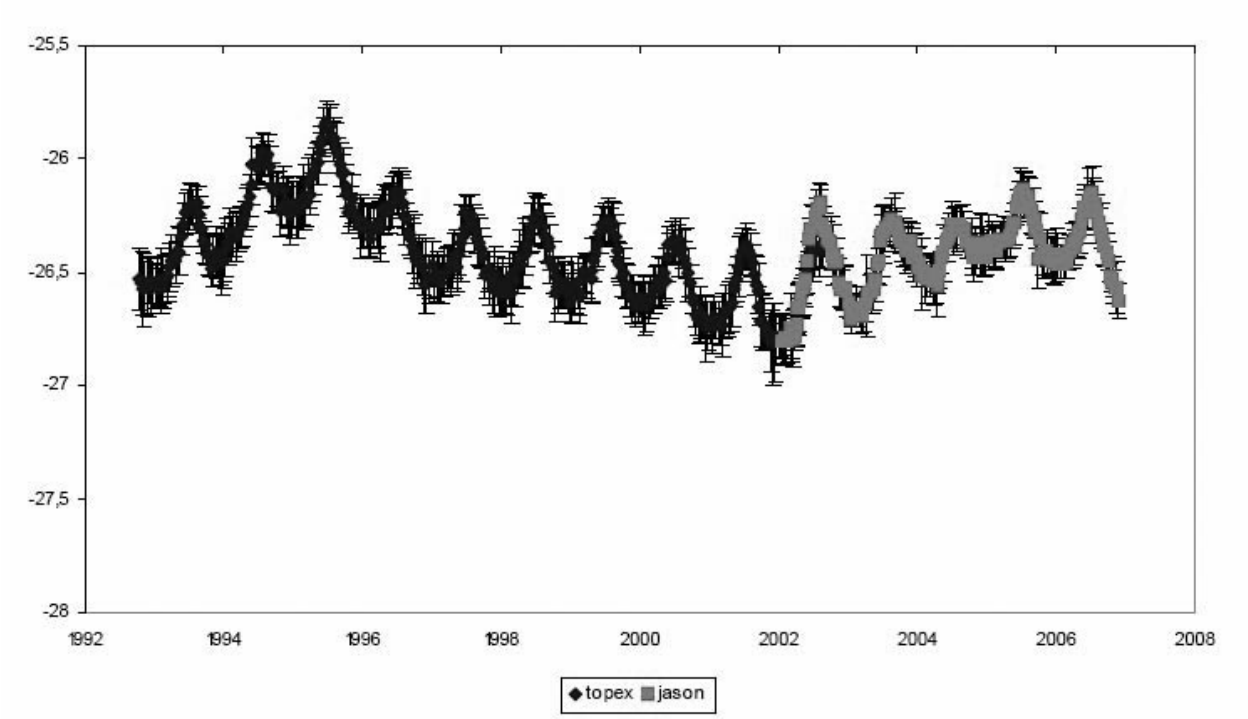


Figure 2. Reconstructed time series of TOPEX/Poseidon extended by Jason-1

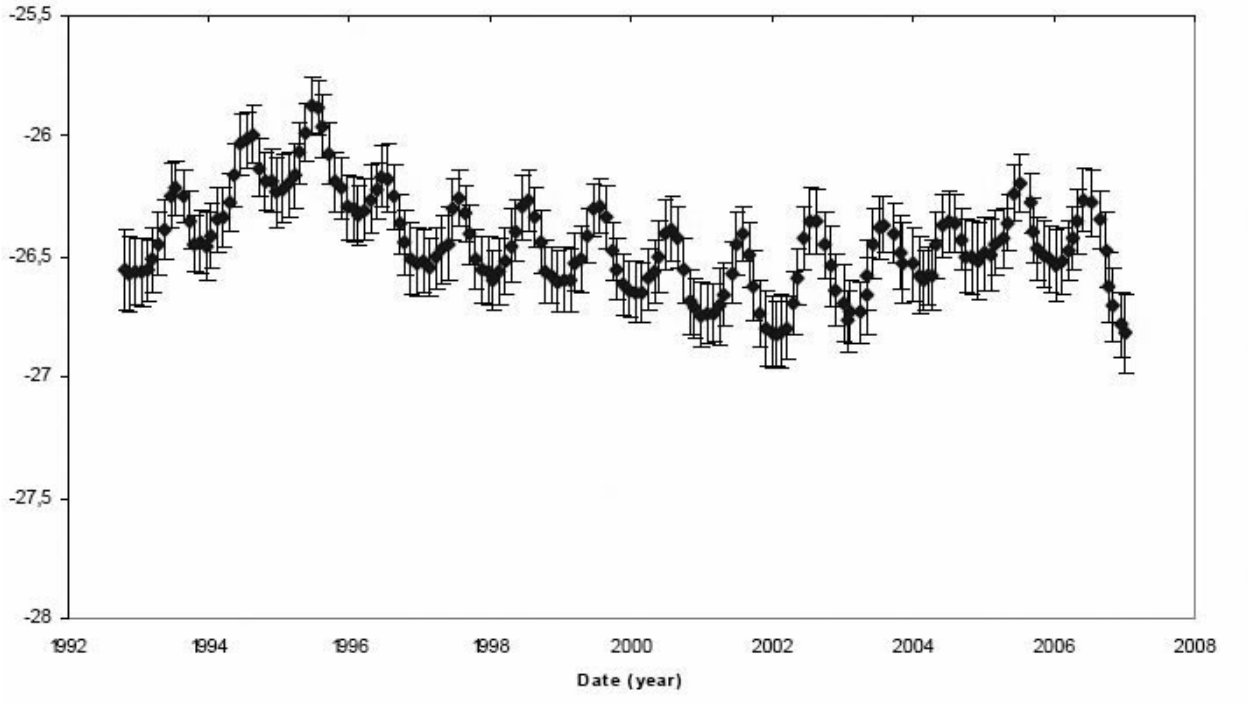


Figure 3. The Caspian Sea level variation in the multisatellite mode

Amplitude of the Caspian Sea level variations calculated along the TOPEX/Poseidon and Jason-1 tracks was also studied. Calculations were made cellularly for selected tracks. Then maps with the amplitude (in cm) of annual signal along tracks, and a map with an interpolation of the amplitude were constructed.

4. Conclusion

Obtained results indicate interannual level variations correlated with hydrological conditions of the Caspian Sea basin. Amplitude of the Caspian Sea level variation is not a constant in terms of spatial distribution. There is a strong geographical pattern with more than 18 cm of annual amplitude in central Caspian Sea. In the north part of the basin, the annual amplitude does not exceed 10 cm. In the south part of the basin, the annual amplitude is approximately 17 cm. Evaporation, precipitation, snowmelt process, and the Volga and Ural rivers discharge could be accepted as a reasonable explanation for the obtained results.

REFERENCES

ALADIN, N., CRETAUX, J-F., PLOTNIKOV, I.S., KOURAEV, A.V., SMUROV, A.O., CAZENAVE, A., EGOROV, A.N., PAPA, F. 2005. Modern hydrobiological state of the Small Aral Sea. *Environmetrics*, **16** (4), 375-392.

BIRKETT, C. 1998. Contribution of the Topex NASA radar altimeter to the global monitoring of large rivers and wetlands. *Water Resources Res.*, **34**, 1223 – 1239.

CAZENAVE, A., BONNEFOND, P., DOMINH, K., SHAEFFER, P. 1997. Caspian sea level from TOPEX/Poseidon altimetry: level now falling. *Geophys. Res. Lett.*, **24** (8), 881-884.

CHELTON, D.B. et al. 2001. Satellite Altimetry. *In: Satellite Altimetry and Earth Sciences. A Handbook of Techniques and Applications.* Eds. L.-L.Fu and A.Cazanave. Academic Press, San Diego, 1-131.

CRETAUX, J-F., KOURAEV, A.V., PAPA, F., BERGE-NGUYEN, M., CAZENAVE, A., ALADIN, N.V., PLOTNIKOV, I.S. 2005. Water balance of the Big Aral Sea from satellite remote sensing and in situ observations. *Journal of Great Lakes Research*, **31**, 520-534.

KOURAEV, A.V., ZAKHAROVA E.A., SAMAIN, O., MOGNARD-CAMPBELL, N., CAZENAVE, A. 2004. Ob' river discharge from TOPEX/Poseidon satellite altimetry data. *Remote Sensing of Environment*, **93**, 238-245.

LEBEDEV, S.A., KOSTIANOY, A.G. 2005. *Satellite Altimetry of the Caspian Sea*. Sea. Moscow. 366 (in Russian).

LEON, J.G., BONNET, M.P., SEYLER F., CALMANT, S., CAUHOPE, M. 2006. Distributed water flow estimates of the Upper Negro River by a Muskingum-Cunge routing model using altimetric spatial data. *Journal of Hydrology*, **328**, 481-496.

MAHEU, C., CAZENAVE A., MECHOSO, R. 2003. Water level fluctuations in the La Plata basin (South America) from TOPEX/Poseidon altimetry. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 3.

MERCIER, F., CAZENAVE, A., MAHEU, C. 2002. Interannual lake level fluctuations in Africa from Topex/Poseidon: connections with ocean-atmosphere interactions over the Indian ocean. *Global and Planet Change*, **32**, 141 – 163.

PONCHAUT, F., CAZENAVE, A. 1998. Continental lake level variations from TOPEX/Poseidon (1993-1996). *Earth and Planetary Sciences*, **326**, 13 – 20.

© М.И.Алиев, Р.Г.Султанов, 2007

ОБ ЭФФЕКТИВНОМ ИЗЛУЧЕНИИ НЕКОТОРЫХ УЧАСТКОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

М.И.Алиев[1], Р.Г.Султанов[2]

1 – Бакинский Департамент Экологии и Природных ресурсов,
AZ1108, Баку, ул. С.Бахлулзаде, 46
2 – Национальное Аэрокосмическое Агентство,
AZ1106, Баку, просп. Азадлыг, 159,
sultanovrovshan@rambler.ru

В статье приведен расчет эффективного излучения некоторых участков Каспийского моря, в который введена дифференциальная поправка, пропорциональная разности температур воды (в слое 0,5 м) и воздуха. По результатам наблюдений на о. Пираллахы можно проследить некоторую тенденцию уменьшения эффективного излучения с увеличением влагосодержания, но не столь интенсивную, как предложено другими авторами.

Вопросы энергетического баланса водной поверхности до настоящего времени остаются слабо изученными, т. к. концентрация поглощающих и рассеивающих веществ (вода, углекислый газ, пыль, озон) весьма изменчива, что ощутимо искажает первоначальный поток солнечной энергии. Также содержание этих компонентов в воздухе и непосредственная регистрация их еще не поддаются достаточно точному измерению. Особенно малочисленны измерения приходных и расходных составляющих баланса тепла над морем (Реййфман, 1996).

Основная сложность в определении теплового излучения поверхности моря состоит в определении температуры излучающего слоя. Работами многих исследователей установлено, что теплосодержание тонкой приповерхностной пленки, толщина которой исчисляется миллиметрами, отличается от температуры подстилающих слоев на 1-3°С, а это вносит существенные изменения в количество уходящей в атмосферу энергии. Именно поэтому тепловое излучение, рассчитанное по общепринятому методу измерения температуры воды на глубине около 0,5 м (Еквиневич и др., 1976), по величине несопоставимо с данными, полученными радиометром, регистрирующим излучение приграничного контактного слоя в системе “вода-атмосфера”. Исходя из изложенного, в формулу расчета эффективного излучения (Будыко, 1956) была введена дифференциальная поправка, пропорциональная разности температур воды (в слое 0,5 м) и воздуха.

Для расчета эффективного излучения водного зеркала была принята следующая формула:

$$E_n = s\sigma T^4\left(A - Be\left(1 - \sum C_i n_i\right) + \frac{4}{qs}\sigma T^3\left(T_a - T\right)\right),$$

где: E_n - эффективное излучение, суммарное за месяц; s - для водной поверхности равно 0,95; σ -постоянная Стефана Больцмана ($8{,}16\cdot10^{-11}$ кал/см^2·мин·град^4); T - абсолютная температура воздуха; e - абсолютная влажность воздуха; C_i - коэффициенты, характеризующие свойства облаков различных ярусов; n_i - доля небесного свода, покрытого облаками отдельных ярусов; T_a - абсолютная температура полуметрового поверхностного слоя воды; A, B, q - постоянные.

По свидетельству целого ряда исследователей, величины A и B могут быть различными. Для их уточнения в условиях исследуемого объекта на материале многолетних (1992-1998 гг.) метеорологических наблюдений на побережье Каспия (Махачкала, о. Пираллахы, г.Актау) определена степень влияния влагосодержания атмосферы на эффективное излучение. В расчет вошли только те значения влажности, в период измерения которых разности между температурами воздуха и подстилающей поверхности находились в интервале ± 2°, и они разбиты на группы: по температуре – через 5°, а по влажности – через 2 мб (табл.).

Таблица

Изменение эффективного излучения при безоблачном небе по градациям абсолютной влажности (кал/см^2 ·мин)

Абсолютная влажность, мб	Пункты			по П. Барашковой, 1961	
	Махачкала	о. Пираллахы	Актау	По *T* почвы	По *T* воздуха
1			0,10		
3	0,09		0,12	0,11	0,14
5	0,07		0,11	0,11	0,14
7	0,08	0,11	0,12	0,11	0,14
9	0,09	0,10	0,12	0,15	0,14
11	0,08	0,11	0,12	0,18	0,14
13	0,08	0,09	0,12	0,17	0,13
15	0,08	0,10	0,13	0,17	0,13
17	0,09	0,10	0,12	0,18	0,13
19	0,09	0,09	0,12	0,17	0,12
21	0,07	0,10	0,12	0,18	
23	0,06	0,10	0,14	0,24	
25	0,08	0,10	0,10		
27	0,11	0,11	0,10		
29		0,10	0,15		

Из таблицы видно, что в районе г.Махачкала зависимость эффективного излучения от абсолютной влажности для отдельных интервалов температуры воздуха хотя и слабо, но прослеживается, а по усредненным данным влажности она колеблется почти в пределах точности расчета среднего значения эффективного излучения, что подтверждается положением экстремумов: и максимум и минимум приходятся на большие значения абсолютной влажности (соответственно 27 и 23 мб) и составляют 0,11 и 0,06 кал/см² мин. при среднем значении 0,08 кал/см^2·мин. Аналогичная картина распределения длинноволнового уходящего потока наблюдается и у восточного побережья Каспия (Актау), где максимум приходится на абсолютную влажность 29 мб (0,15 кал/см^2 ·мин), а минимальные значения потока отмечены как при наибольшей, так и наименьшей абсолютной влажности (27; 25 и 1 мб) и составляют 0,10 кал/см^2·мин. при среднем значении 0,12 кал/см^2·мин. В этих районах (Северный и частично Средний Каспий) суточные изменения эффективного излучения, по нашему мнению, лучше, чем его месячные значения. Только по результатам наблюдений на о. Пираллахы можно проследить некоторую тенденцию уменьшения E_n с увеличением влагосодержания, но не столь интенсивную, как предложено авторами метода (Барашкова, 1961), особенно в интервале малых и средних значений.

Результаты этой выборки по рассматриваемому региону сопоставлены в таблице со средними значениями длинноволновой радиации по наблюдениям в Карадаге также при безоблачном небе, полученными Е.П. Барашковой (Черноморское побережье). Как видим, средние величины E_0, полученные по температуре почвы, не характерны для акватории Каспийского моря как по абсолютным величинам, так и по характеру их изменения. В то же время средние E_n по температуре воздуха дают величины, находящиеся в полном согласии с Каспийскими. Вполне возможно, что расхождения между нашими и Карадагскими значениями обусловлены различиями в прозрачности и мутности атмосферы. Таким образом, при сохранении общей схемы расчета для моря в целом, используя схему районирования Каспия по условиям прихода прямой радиации, на которую оказывают влияние одинаковые компоненты (влажность, мутность атмосферы), авторы пришли к заключению, что если

для глобальных расчетов эффективного излучения при безоблачном небе предполагается использование месячных значений абсолютной влажности воздуха, то на Каспии это целесообразно только для района Дербент-Пехлеви, в остальных же квадратах достаточно введения в эту формулу средней годовой величины влагосодержания атмосферы.

ЛИТЕРАТУРА

БАРАШКОВА, Е.П. и др. 1961. Радиационный режим территории СССР. Гидрометеоиздат.

БУДЫКО, М.К. 1956. Тепловой баланс земной поверхности. Гидрометеоиздат.

ЕКВИНЕВИЧ, Т.В. НИКОЛЬСКАЯ, Н.П. 1976. Методы расчета естественной освещенности земной поверхности. *Метеорология и гидрология, 2.*

РЕЙФМАН, Р.Л. 1996. Радиационный и тепловой баланс Каспийского моря. Элм. Баку. *255.*

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Р.М.Мамедов

© M.A.Abduyev, 2007

ÇAY SULARININ KİMYƏVİ TƏRKİBİNƏ GÖRƏ TƏSNİFATI (AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI DAXİLİNDƏ)

M.A.Abduyev

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

Məqalədə ilk dəfə olaraq Azərbaycanın dağ çaylarının kimyəvi tərkibinin çoxillik orta qiymətlərinə əsasən qrafiki təsvir üsulu işlənilmiş və həll olmuş duzlar müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, çay sularında yeddi duz ($Ca(HCO_3)_2$, $CaSO_4$, $Mg(HCO_3)_2$, $MgSO_4$, $MgCl_2$, Na_2SO_4, NaCl) həll olmuşdur. Alınmış ion üçbucaqları suların sinfini, qrupunu və tipini tez təyin etməyə imkan verir.

Çay sularının səmərəli istifadəsi zamanı onların yalnız kəmiyyət göstəricilərinin deyil, həm də intensiv antropogen təsir şəraitində daha dinamik olan keyfiyyət tərkibinin də nəzərə alınması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ona görə də çay sularının keyfiyyətinin kimyəvi tərkibinə görə qiymətləndirilməsi öz aktuallığını daima tədqiqatçıların diqqət mərkəzində saxlayır.

Çay sularının kimyəvi tərkibi formalaşma şəraitinin müxtəlifliyi ilə əlaqədar bir-birindən kəskin fərqlənir. Bu fiziki-coğrafi vəziyyət, morfometriya, qollarla çaya daxil olan həll olmuş maddələrin tərkibi, ümumi antropogen yüklənmə və s. ilə müəyyən olunur. Belə müxtəliflik çay sularının bu və ya digər qaydada təsnifatlandırılmasını tələb edir. Təsnifatın məqsədi təbii suların kimyəvi tərkibinin formalaşma şəraitini aydınlaşdırmaq, mövcud materialları sistemləşdirərək onların praktiki məqsədlərlə istifadə məsələlərinin həllinin mümkünlüyünü müəyyən etməkdir.

Təsnifatların əksəriyyətində suyun kimyəvi tərkibinin əsas komponentlərindən (əsas ionlardan), mikrokomponentlərdən və qazlardan istifadə olunur. Əsas ionlar (Na+K, Ca, Mg, Cl, SO_4, HCO_3) təbii suların kimyəvi tərkibinin «ion bünövrəsi»ni yaradaraq, müxtəlif konsentrasiya və miqdarda olurlar.

Təbii suların təsnifat sxemləri bir çox müəlliflər tərəfindən aparılmışdır. Bu təsnifatlar ion tərkibi (Щукарев, 1934), minerallaşma dərəcəsi (Алекин, 1953), fərz edilən duzların miqdarı (Левченко, 1953), duz tərkibi (Валяшко, 1954), çirklənmə dərəcəsi (Hacıyev, 1984), kimyəvi tərkib (Николаенко, 1988) və s. kimi müxtəlif əlamətlərə görə aparılmışdır. Bunların içərisində çay sularının kimyəvi tərkibinin öyrənilməsində daha çox tətbiq olunan O.A.Alyokinin təsnifatıdır.

Anion və kationların nisbətinə əsaslanan bu təsnifata əsasən, bütün təbii sular anionların üstünlüyünə görə üç sinfə (hidrokarbonatlı, sulfatlı, xloridli) bölünür. Hər bir sinif kationların üstünlüyünə görə üç qrupa (kalsiumlu, maqneziumlu, natriumlu), hər qrup isə ionların nisbətini mq. ekv-lə təyin edən üç tip sulara bölünür.

Lakin bu tədqiqatda keçmiş SSRİ çaylarının hidrokimyəvi səciyyəsinə bütövlükdə ümumi şəkildə baxıldığından, məsələnin əhatəliliyindən və müşahidə məlumatlarının kifayət qədər olmaması səbəbindən O.A.Alyokin ayrı-ayrı regionlar, o cümlədən Azərbaycan üçün həmin məsələnin təfsilatı ilə verilməsini qarşısına məqsəd qoymamışdır.

O.A.Alyokinin təsnifatından istifadə edilməklə respublika çaylarının minerallaşmasının çoxillik orta kəmiyyətinə, ion tərkibinə və çay sularının codluğuna əsaslanan hidrokimyəvi təsnifatı ilk dəfə 1955-ci ilədək olan məlumatlara əsasən S.H.Rüstəmov (1958) tərəfindən aparılmışdır. Bu təsnifat çay sularının kimyəvi tərkibinin ümumi səciyyəsi barədə təsəvvür yaratsa da, məhdud məlumatlara əsaslandığından, həmçinin anion və kationların nisbəti bəlli olmadığından çay sularının kimyəvi tərkibinin müasir vəziyyətini özündə əks etdirmir.

Əksər düzən rayonlarda buxarlanma qabiliyyətinin yağıntıdan 2 dəfədən çox olması torpaqların şoranlaşmasına səbəb olduğu üçün Azərbaycan şəraitində suyun keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi xüsusilə vacibdir. Odur ki, suyun tərkibinin formalaşma xüsusiyyətlərini və həll olmuş maddələrin bütöv kompleksini özündə birləşdirən kifayət qədər sadə təsnifatlandırmaya ehtiyac duyulur.

Respublika çayları üçün belə bir təsnifatı aparmaq üçün 81 çayın 108 məntəqəsinin 1950-2005-ci illəri əhatə edən kimyəvi axım məlumat-

larına görə əsas ionların və minerallaşmanın çoxillik orta qiymətləri hesablanmışdır. Müxtəlif minerallaşmaya malik olan suların müqayisəsi zamanı ionların nisbətinin faiz ekvivalentlə ifadə olunması lazım gəlir. Odur ki, əsas ionların miqdarı mq/litrlə yanaşı, həm də atom kütləsinin valentliyə nisbəti ilə təyin olunan milliqram ekvivalent (mq.ekv) və faiz ekvivalentlə (% ekv) göstərilmişdir. İonlar qarşılıqlı əlaqədə olduğundan kation və anionların ekvivalent nisbətlərinin cəmi arasında ciddi bərabərlik yaranır. Ədəbiyyatlarda (Luçşeva, 1983; Analizin fiziki-kimyəvi metodları, 1998) göstərilir ki, bu bərabərlik zamanı yaranan xəta 5%-dən böyük olmamalıdır.

Tədqiq olunan çaylarda qeyd edilən xəta 0-4,4% arasında dəyişir. Çayları təsnifatlandırmaq üçün O.A.Alyokinin təklif etdiyi sxemdən istifadə edilmişdir. Bunun üçün çayların kimyəvi tərkibinin qrafiki təsvir üsulu işlənilmiş və həll olmuş duzlar müəyyən edilmişdir. Qrafik çay sularının kimyəvi tərkibinin çoxillik orta qiymətləri əsasında qurulmuşdur. Qrafikin qurulma üsulu hidrokarbonatlı sinfə aid olan Qudyalçayın kimyəvi tərkibinin Qırız məntəqəsindəki çoxillik orta qiymətinin timsalında verilmişdir. Belə ki, şaquli xətdə bir-birinə bərabər olan kation və anionların cəmi mq.ekv-lə şərti qəbul edilmiş miqyasa uyğun olaraq verilir. Tutaq ki, 1 mq.ekv=1 sm. Qırız məntəqəsində kation və anionların miqdarı aşağıdakı kimidir:

kationlar (mq.ekv-lə)
Ca^{2+}-2,43
Mg^{2+} -1,12
$Na^{+}+K^{+}$ - $\frac{0.72}{\Sigma i 4.27}$

anionlar (mq.ekv-lə)
HCO_3^- -2,61
SO_4^{2-} -1,54
Cl^- - $\frac{0.12}{\Sigma i 4.27}$

Onda Qudyalçayın Qırız məntəqəsi üçün qurulmuş qrafikin şaquli xəttinin uzunluğu anion və kationların cəminə uyğun olaraq 4,27x1=4,27 sm olacaq (1-ci şəkil). Qəbul edilmiş miqyasa uyğun olaraq şaquli xəttin solunda kationlar, sağında isə anionlar göstərilir. Qrafikin zirvəsində suyun minerallaşma kəmiyyəti yazılır. Şaquli xəttə perpendikulyar olan yan xətdə isə kation və anionların kəmiyyəti verilir. Həmin xətlərin uclarını zirvələrlə birləşdirdikdə düzbucaqlı ion üçbucaqları alınır (1-ci şəkil).

Alınmış üçbucaqların üfüqi katetlərinin ölçülərindən üstün olan ionlar aydın görünür və onların ekvivalent nisbəti asan təyin olunur. Tərtib olunmuş ion üçbucaqları O.A.Alyokinin təsnifatında suların ayrılmış sinfini, qrupunu və tipini tez təyin etməyə imkan verir. Qrafikin qurulması davam etdirilir. Üçbucağın daxilində miqyasa uyğun olaraq alınmış üfüqi ion katetləri toplanır. Bu zaman alınan bərabərtərəfli üçbucaqlarda fərz edilən duzların tərkibini, miqdarını və suyun sinfini V.M.Levçenkonun (1953) təsnifatına görə təyin etmək olar. Qrafikə görə duzun tərkibi və onun ekvivalent miqdarı tapılır:

$Ca(HCO_3)_2$ – 2,40
$MgSO_4$ – 0,99
$Mg(HCO_3)_2$ – 0,20
Na_2SO_4 – 0,50
NaCl – 0,18
Cəmi – 4,27

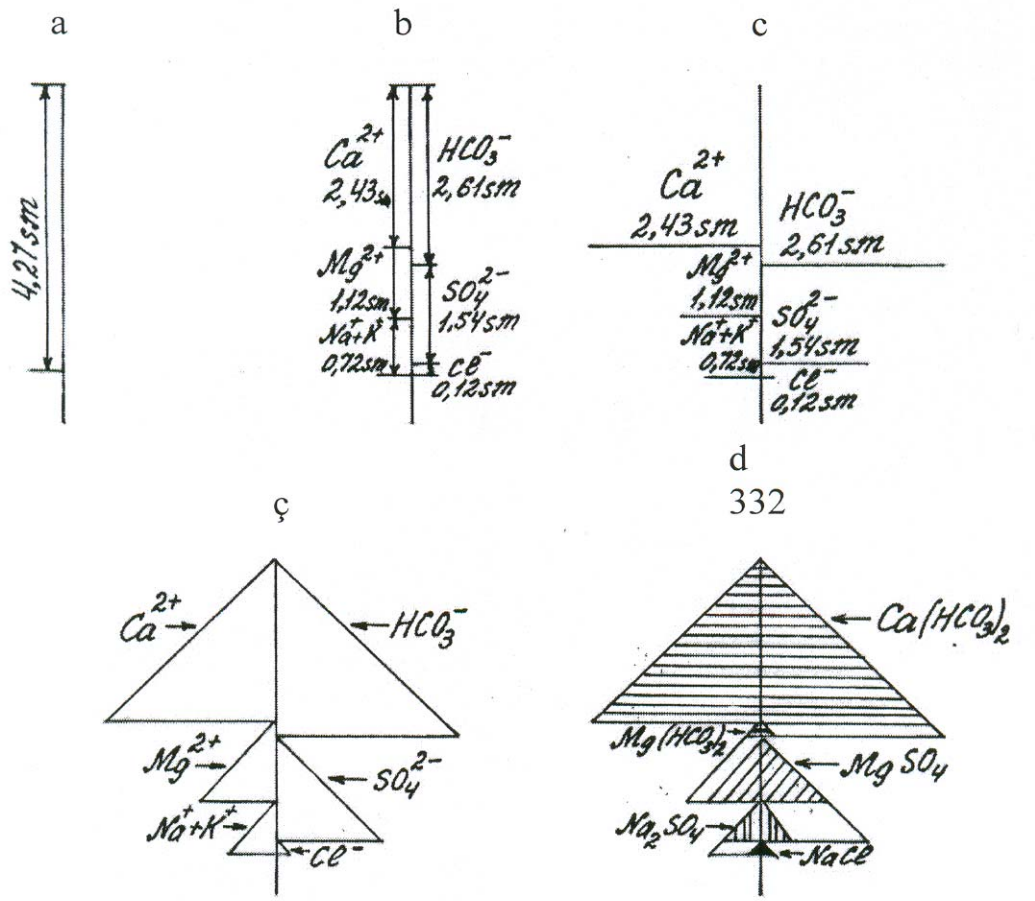
Duzların alınmış ekvivalent tərkibini mütləq kəmiyyətinə keçsək:

$Ca(HCO_3)_2$ -2,40x81=194,4 mq/l
$MgSO_4$ – 0,99x61=60,6 mq/l
Na_2SO_4 -0,50x47=23,5 mq/l
NaCl – 0,18x61=11,0 mq/l
$Mg(HCO_3)_2$ -0,20x113=22,6 mq/l alarıq.

Təqdim olunan qrafikdən göründüyü kimi, Qudyalçayın sularında 5 müxtəlif duz iştirak edir: $Ca(HCO_3)_2$; $MgSO_4$; Na_2SO_4; NaCl; $Mg(HCO_3)_2$. Bu duzların faiz nisbəti aşağıdakı kimidir:

$Ca(HCO_3)_2$ – 62,2%;
$MgSO_4$ – 19,5%;
Na_2SO_4 – 7,5%;
$Mg(HCO_3)_2$ – 7,2%;
NaCl – 3,6%

Alınmış faiz göstəricilərindən görünür ki, Qudyalçay suyunda həll olmuş duzların 62,2%-ni $Ca(HCO_3)_2$ – kalsium hidrokarbonat, 19,5%-ni $MgSO_4$ – maqnezium sulfat, 7,5%-ni Na_2SO_4 – natrium sulfat, 7,2%-ni $Mg(HCO_3)_2$ – maqnezium hidrokarbonat; 3,6%-ni isə NaCl – natrium xlor duzları təşkil edir.



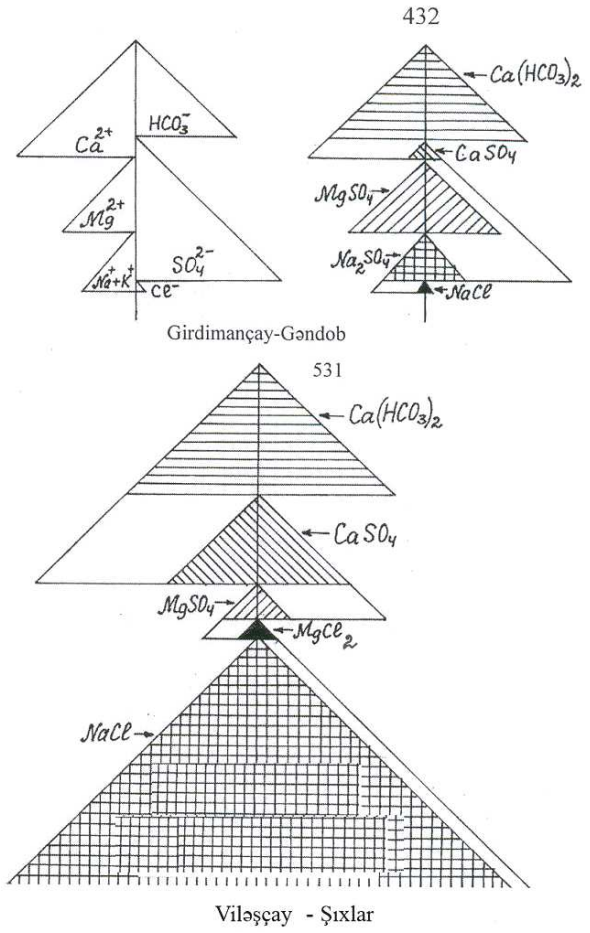
1-ci şəkil. Suyun kimyəvi tərkibi qrafikinin qurulma mərhələləri (Qudyalçayın Qırız məntəqəsi)

M.Meybekin (1979) tədqiqatına görə, dünya çaylarının 99%-nin suları hidrokarbonatlı, 0,9%-i sulfatlı, cüzi bir hissəsi isə (0,1%-i) xloridli sulara aid edilir. S.H.Rüstəmov, R.M.Qaşqay (1989) göstərirlər ki, Azərbaycan ərazisində O.A.Alyokinin qeyd etdiyi hər üç sinif (hidrokarbonatlı, sulfatlı və xloridli) sulara rast gəlinir. Bununla belə, ərazidə hidrokarbonatlı sular üstünlük təşkil edir. Sulfatlı sular yalnız Böyük Qafqazın cənub yamacında (Balakənçay-Katexçayarası) və cənub-şərq qurtaracağında (Girdimançay-Sumqayıtçayarası ərazidə), xloridli sular isə Lənkəran vilayətinin Viləşçay və Astaraçay hövzələrində yayılmışdır. Bunları nəzərə alaraq həm sulfatlı, həm də xloridli sulara aid olan çayların kimyəvi tərkibi üçün də yuxarıda qeyd edilən təsnifat sxeminə əsasən qrafiki təsvir üsulu işlənilmiş və həll olmuş duzlar müəyyən edilmişdir. Sulfatlı sulara malik olan çaylarda həll olmuş duzları müəyyən etmək üçün aparılmış hesablamalar və tərtib edilmiş ion üçbucaqları Girdimançayın timsalında verilmişdir.

$Ca(HCO_3)_2$ -2,57x 81 =208,2 mq/l -48,2%
$CaSO_4$ -0,53x68,3 =36,2 mq/l -8,4%
$MgSO_4$ -1,93x60,2 =116,2 mq/l -26,9%
Na_2SO_4 -1,24x 46,4= 57,5 mq/l -13,3%
NaCl – 0,23x60,4= 13,9mq/l -3,2%

Bu çayların sularında da 5 müxtəlif duz $Ca(HCO_3)_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4, $CaSO_4$ və NaCl həll olmuşdur (2-ci şəkil).

Hidrokarbonatlı sulardan fərqli olaraq, sulfatlı sularda sulfat duzları üstünlük təşkil edir. Əgər hidrokarbonatlı sularda həll olmuş duzların 7,2%-ni Mg $(HCO_3)_2$ təşkil edirsə, sulfatlı sularda bu duz iştirak etmir və onun yerini təxminən həmin miqdarda (8,4%) $CaSO_4$ duzları tutur. Həm hidrokarbonatlı, həm də sulfatlı sularda $Ca(HCO_3)_2$ üstünlük təşkil edərək, həll olmuş duzların 48,2-62,2%-ni təşkil edirlər. Hər iki qrup sularda həll olmuş duzların, müvafiq olaraq, 19,5-26,9%-i $MgSO_4$ duzlarının payına düşür. NaCl həll olmuş duzların 3,2-3,6%-ni təşkil edir.



2-ci şəkil. Suyun kimyəvi tərkibinin qrafiki təsviri

Xloridli sularda həll olmuş duzların mütləq kəmiyyətini müəyyən etmək üçün Viləşçayın kimyəvi axım məlumatlarından istifadə edilmişdir. Hesablamaların nəticələri aşağıda verilmişdir.

$Ca(HCO_3)_2$ -3,36x81=272.2 mq/l -32%
$CaSO_4$ -1,98x68,3 =135,3 mq/l -15,9%
$MgSO_4$ -0,91x60,2 =54,8 mq/l -6,4%
$MgCl_2$ – 0,29x 48=13,9 mq/l – 1,6%
NaCl -6,21x60,4 =375.1 mq/l - 44,1%

İkinci şəkildən göründüyü kimi, bu çaylarda həll olmuş duzların, demək olar ki, yarısını (44,1%-ni) NaCl təşkil edir. Xörək duzunun üstünlüyü suyun keyfiyyətini pisləşdirir. Duzların faiz nisbətində 2-ci yeri $Ca(HCO_3)_2$ duzları tutur (32%). Hidrokarbonatlı və sulfatlı sulardan fərqli olaraq xloridli sularda $MgCl_2$ duzu (1,6%) da iştirak edir.

Qeyd edilən çaylardan başqa, digər çayların tərkibindəki fərz edilən duzları və onların miqdarını müəyyən etmək üçün regionlar üzrə də ion üçbucaqları qurulmuşdur. Nəticədə müəyyən olunmuşdur ki, respublikanın çay sularında aşağıdakı duzlar həll olmuşdur: $Ca(HCO_3)_2$, $CaSO_4$, $Mg(HCO_3)_2$, Na_2SO_4, NaCl. Bununla belə, Böyük Qafqazın cənub yamacı çaylarından başqa, digər regionların çay sularında əsasən beş duz - $Ca(HCO_3)_2$,, $Mg(HCO_3)_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4, NaCl iştirak edir. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı, Kiçik Qafqaz, Naxçıvan və Lənkəran çaylarında həm maqneziumun, həm də natriumun 2 duzu – $Mg(HCO_3)_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4, NaCl iştirak etdiyi halda, Böyük Qafqazın cənub yamacı çaylarında maqnezium duzlarından yalnız biri – $MgSO_4$ iştirak edir. Digər regionların çay sularından fərqli olaraq Böyük Qafqazın cənub yamacı çaylarının sularında $CaSO_4$ duzu da həll olmuşdur. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı, Kiçik Qafqaz, Naxçıvan və Lənkəran çaylarının sularında həmin duzun yerini $Mg(HCO_3)_2$ tutur.

Beləliklə, respublikanın çay sularında yeddi müxtəlif duz $Ca(HCO_3)_2$, $CaSO_4$, $Mg(HCO_3)_2$, $MgSO_4$, $MgCl_2$, Na_2SO_4, NaCl həll olmuşdur (Cədvəl).

Çay sularında həll olmuş duzlar

Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı çayları	Böyük Qafqazın cənub yamacı çayları	Kiçik Qafqaz və Naxçıvan çayları	Lənkəran çayları
$Ca(HCO_3)_2$	$Ca(HCO_3)_2$	$Ca(HCO_3)_2$	$Ca(HCO_3)_2$
$Mg(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$Mg(HCO_3)_2$	$Mg(HCO_3)_2$
$MgSO_4$	$MgSO_4$	$MgSO_4$	$MgSO_4$
Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4
NaCl	NaCl	NaCl	NaCl
			$MgCl_2$

Bunlardan $Ca(HCO_3)_2$, $MgSO_4$ və NaCl duzları bütün çaylarda, $Mg(HCO_3)_2$ duzu Böyük Qafqazın şimal-şərq, Kiçik Qafqaz, Naxçıvan və Lənkəran çaylarında (sulfatlı və xloridli sular istisna olmaqla), Na_2SO_4 duzu xloridli sular istisna olmaqla, bütün çaylarında, $CaSO_4$ duzu sulfatlı sularda və Böyük Qafqazın cənub yamacı çaylarında, $MgCl_2$ – duzu isə yalnız xloridli sulara malik olan Viləşçayın və Astaraçayın sularında həll olmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

АЛЕКИН, О.А. 1953. Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат. Ленинград. 296.

ГАДЖИЕВ, Г.А. 1984. Химический сток и загрязнение рек Большого Кавказа в пределах Азербайджанской ССР. Автореф. канд дисс. Баку. 24.

ЛЕВЧЕНКО, В.М. 1953. О классификации природных вод. *Гидрохим. материалы, 21,* 16-18.

ЛУЧШЕВА, Л.Л. 1983. Практическая гидрометрия. Гидрометеоиздат. Ленинград. 423.

НИКОЛАЕНКО, В.А. 1988. Классификация вод водохранилищ Средней Азии по химическому составу и их оценка для ирригации. *Водные ресурсы, 2,* 115-121.

РУСТАМОВ, С.Г. 1958. Гидрохимический режим рек Азербайджана. *Известия АН Азерб.ССР, серия геолого-географических наук*, *5*, 115-127.

РУСТАМОВ, С.Г., КАШКАЙ, Р.М. 1989. Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Элм. Баку. 180.

Физико-химические методы анализа. 1998. Химия. Ленинград. 376.

ЩУКАРЕВ, С.А. 1934. Современные представления о составе и строении воды. *Известия ГГИ*, 64.

MEUVESK, M. 1979.Concentrantions des aux fluviales en elements majeurs et apports en solution aux oceans. *Rev.Geol.Dynam Geogr. Phys*. 21, 3, 215-246.

Məqaləyə c.e.n. R.M.Qaşqay rəy vermişdir

© С.К.Нагиев, 2007

ФАКТОРЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗ АЗЕРБАЙДЖАНА И ДРУГИХ ЮЖНОКАВКАЗСКИХ СТРАН В РОССИЮ

С.К.Нагиев

Бакинский государственный университет
AZ1145, Баку, ул.З.Халилова, 23

Основной целью миграционной политики является регулирование миграционного потока, удовлетворение экономических и социальных интересов мигрантов, глубокое изучение причин массовой миграции и их оптимальное решение. Массовая миграция из южнокавказских республик имеет как положительные, так и отрицательные черты. Она способствует уменьшению социальной напряженности и обеспечению стабильности и может надолго оказать негативное влияние на демографическую ситуацию и социально-экономические процессы в странах Южного Кавказа.

Миграционные процессы в бывших союзных республиках после развала Советского Союза стали развиваться на качественно новой основе. В новых независимых государствах миграционные процессы обусловливаются очень сложными социально-экономическими и этнополитическими факторами.

Для Азербайджана, имеющего большой потенциал населения среди стран Закавказья и находящегося в сложной военно-политической ситуации, характерно специфическое состояние миграционных процессов. Субъектами внешних миграций в Азербайджане являются различные категории мигрантов, и в соответствии с порядком о миграции населения, установленным международными организациями, к ним относятся: беженцы; мигранты, находящиеся в сходном с беженцами положении; трудовые мигранты; транзитные и другие легальные мигранты.

В 90-е гг. трудовая миграция была одной из развивающихся форм миграции и её развитие после восстановления политической стабильности стало особенно ощутимым. География внешней миграции не была широкой. Среди стран СНГ это были преимущественно РФ и Украина, а среди других соседних стран – Турция и Иран. Эмиграция в Россию составляет основную часть внешней миграции в Азербайджане. По статистическим данным за 1986-1996 гг., по разным причинам республику покинуло 1053,1 тыс. человек. А за период с 1989 по 2004 г. число эмигрантов составило 653240 человек, из которых 79,6% приходилось на долю России.

Этнический состав мигрантов тоже был неоднозначным. По сравнению с предыдущими годами удельный вес русских и других этнических групп уменьшился. В Москве зарегистрировано около 200 тыс. азербайджанцев, в то время как по переписи 1989 г. их было зарегистрировано всего 30 тыс. Общая же численность всех азербайджанцев, проживающих в Москве, оценивается в 500000 человек. Как и в большинстве стран СНГ, миграция рабочей силы из республики преимущественно в РФ связана с привлекательностью этой страны в нынешних условиях. Среди главных социальных причин можно назвать такие, как язык, образование, культурные связи, а также контакты на личном уровне, установившиеся в эти годы между различными людьми.

Несмотря на приостановление военных действий в зоне Гарабагского конфликта, сложная экономическая ситуация, безработица и другие факторы остаются основными причинами эмиграции безработной части населения из Азербайджана в РФ. В структуре мигрантов численно преобладают мужчины молодого возраста.

С точки зрения влияния на экономику страны массовая трудовая миграция азербайджанцев имеет как положительные, так и отрицательные черты. Если трудовая миграция, с одной стороны, способствует уменьшению социальной напряженности и обеспечению стабильности, то с другой – может надолго оказать негативное влияние на демографическую ситуацию и социально-экономические процессы в Азербайджане.

Основной целью миграционной политики должно быть регулирование миграционного потока, удовлетворение экономических и социальных интересов мигрантов, глубокое изучение причин массовой миграции и их оптимальное устранение. Развитие трудовой миграции в качестве формы внешнеэкономического сотрудничества и её особое место среди других приоритетных направлений в отношениях с Россией требует усиления двусторонней инициативы в деле взаимного регулирования миграционных процессов.

Приступая к рассмотрению миграции кавказцев из южнокавказских государств в Россию, взглянем прежде всего, как эти миграционные потоки отражаются в российской государственной статистике.

Из данных официального статистического учёта можно видеть, что прибывает в Россию из Азербайджана, Армении и Грузии гораздо больше мигрантов, чем выбывает из неё в эти страны. В целом по всем трём государствам в 2004 году эта разница составила 8 раз, в том числе по Азербайджану – около 5 раз, по Армении – почти 11 раз, по Грузии – более 11 раз (таблица 1).

В этническом составе механического прироста населения России в 2004 году за счёт миграционного обмена с государствами Южного Кавказа доля кавказцев достигла 75%, в том числе армян – более 37%, азербайджанцев – 18%, осетин – более 9%, грузин – 8% и народов Дагестана – более 1% (таблица 2). Русские составили в этом приросте третью по численности группу – 12%.

Масштабы миграционного обмена РФ со странами Южного Кавказа, согласно официальной государственной статистике, довольно небольшие. Общий годовой приток из этих стран в Россию достигал в 2004 г. 57,4 тыс. человек, в том числе кавказцев 37,8 тыс., что составляет соответственно 16% и 11% от общего притока мигрантов из бывших союзных республик. Миграционный прирост населения России за счёт этого притока составил в 2004 г. – 44,6 тысяч, в том числе за счёт кавказцев – 33,0 тысяч, или соответственно 17% и 11% от общего прироста российского населения в миграционном обмене со странами СНГ и Балтии. Но это только за 1 год.

Таблица 1

Миграции между Россией и Южным Кавказом по странам и этническим группам в 2004 году (человек)[1]

Этнические группы	Прибыло в РФ и выбыло из РФ в 2004 году							
	Всего из/в страны Южного Кавказа		в том числе:					
			Азербайджан		Армения		Грузия	
	прибыло	выбыло	прибыло	выбыло	прибыло	выбыло	прибыло	выбыло
Всего	57497	7060	17054	3605	15960	1522	24483	1933
В том числе:								
азербайджанцы	10037	1971	8957	1900	147	19	933	52
армяне	18146	1560	1171	127	13049	1186	3926	247
грузины	4236	647	30	6	30	1	4176	640
Народы Дагестана	1051	429	1034	417	2	1	15	11
осетины	4281	113	20	-	6	2	4255	111
чеченцы	21	10	20	1	1	-	-	9

[1] Данные таблицы составлены автором на основании статистических данных (Статкомитет СНГ, 2006; Статистический ежегодник …,2005)

Таблица 2

Прирост населения России в 2004 году за счёт миграционного обмена с южнокавказскими странами и его этнический состав

Этнические группы	Миграционный прирост в РФ в 2004 году							
	Всего за счёт стран Южного Кавказа		В том числе за счёт:					
			Азербайджана		Армении		Грузии	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
всего	44562	100	11719	100	14432	100	18411	100
В том числе:								
Представители народов Кавказа, из них:	33042	74,1	8781	74,9	12026	83,3	12235	66,5
Азербайджанцы	8066	18,1	7057	60,2	128	0,9	881	4.8
Армяне	16586	37,2	1044	8,9	11863	82,2	3679	20
Грузины	3589	8,1	24	0,2	29	0,2	3536	19,2
Народы Дагестана	622	1,3	617	5,3	1	0	4	0
Осетины	4168	9,4	20	0,2	4	0	4144	22,5
Чеченцы	11	0	19	0,2	1	0	-9	0
Русские	5374	12,1	1814	15,5	620	4,3	2940	16
Другие	6146	13,8	1124	9,5	1786	12,4	3236	17,5

Масштабы предыдущих миграций в Россию из Азербайджана, Армении и Грузии были значительно больше, однако с середины 90-х гг. прирост российского населения за счёт этих миграций начал заметно уменьшаться и составил в 2004 году всего 16,2 тысячи человек, что в 9,3 раза меньше, чем в 1994 г. (таблица 3). Суммарный прирост населения России за счёт миграционного обмена с этими странами после распада СССР (в 1992-2004 годы) составил более 820 тысяч человек. В последние годы (1999-2004) среди трёх южнокавказских государств первое место в качестве миграционного донора для России занимала Грузия.

Общий прирост населения России за счёт притока азербайджанцев, армян и грузин из всех бывших союзных республик в 1992-2004 гг. составил чуть более 435 тысяч человек (таблица 4) или в среднем более 10% всего миграционного прироста российского населения в обмене с новыми независимыми государствами после распада СССР (таблица 5), что составляет примерно 0,3% населения России. Наибольший вклад в этот прирост внесли армяне – более 291 тысяч, на втором месте азербайджанцы – более 90 тысяч, и на третьем – грузины – более 53 тысячи человек. Миграционный прирост населения России за счёт притока из всех бывших союзных республик армян, грузин достиг максимума в 1994 году, азербайджанцев – в 1996 г., после чего этот прирост постоянно сокращался и достиг в 2004 году очень небольших значений, а для армян – минимума с момента распада СССР (таблица 4). Заметно уменьшилась и доля этих этнических групп в приросте населения России за счёт миграционного обмена с новыми независимыми государствами – до 7,2%, достигнув минимума в 1993 году, т.е. за период после распада СССР (таблица 5).

Таблица 3

Динамика прироста населения России после распада СССР за счёт миграционного обмена со странами Южного Кавказа (тысяч человек)

Страны	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2004	Всего
Азербайджан	50,7	43,1	43,4	37,8	35,4	25,6	18,3	12,1	11,7	3,4	281,5
Армения	12,0	27,9	44,6	31,3	22,4	16,5	14,4	12,4	14,4	4.5	200.4
Грузия	46,2	65	62,2	47,3	34,5	21,2	18,1	17	18,4	8,3	338,2
Всего	108,9	136	150.2	116,4	92,3	63,3	50.8	41,5	44,6	16,2	820,1

Таблица 4

Динамика прироста населения России за счёт миграционного притока представителей титульных народов стран Южного Кавказа (тысяч человек)

Этнические группы	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2004	Всего
Азербайджанцы	-2,9	4,7	13,1	15	17,1	14,3	10,8	8,2	8,7	1,7	90,7
Армяне	23,6	42,7	60,7	45,9	34,4	23,7	19,8	16,6	18	5,7	291,1
Грузины	0,4	6,1	12,5	9,9	7,1	5,3	3,6	3,1	3,8	1,5	53,3
Всего	21,1	53,5	86,3	70,8	58,6	43,3	34,2	27,9	30,5	8,9	435,1

Таблица 5

Доля представителей титульных народов стран Южного Кавказа в миграционном приросте населения России за счёт миграций из бывших союзных республик (в %)

Этнические группы	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2004
Азербайджанцы	0,8	0,8	1,4	2,5	3,9	3,2	3,	3,5	3,3	1,4
Армяне	6,6	7,7	6,6	7,5	7,8	5,3	5,5	7	6,7	4,6
Грузины	0,1	1,1	1,4	1,6	1,6	1,2	1	1,3	1,4	1,2
Всего	5,9	9,6	9,4	11,6	13,3	9,7	9,5	11,8	11,4	7,2

Наибольшим приростом населения за счёт представителей кавказских народов отличаются регионы российского Предкавказья, но особенно – Московский регион. Прежде всего размеры реального присутствия представителей народов Южного Кавказа в России значительно больше, чем статистически зафиксированные. Приведённая выше российская государственная статистика охватывает только тех мигрантов, которые имеют регистрацию по месту жительства (в терминах нового законодательства – разрешение на временное проживание, либо вид на жительство) сроком не менее 6 месяцев. Однако получение такой регистрации для мигрантов – дело не простое, особенно в крупных городах, наибо-

лее для них привлекательных, в первую очередь – в Москве. Поэтому многие мигранты проживают без регистрации. Однако трудно оценить – сколько именно. Большое число мигрантов имеет временную регистрацию по месту пребывания на срок меньше 6 месяцев (в терминах нового законодательства – временное пребывание). Эти мигранты вообще не попадают в государственную миграционную статистику, хотя временное пребывание может вполне легально продлиться.

Согласно данным Федеральной пограничной службы РФ, в которых отражены все перемещения через российскую границу – служебные, туристические, частные, транзитные и т.д., в 1999-2004 гг. из южнокавказских стран приезжали в Россию с различными целями и выезжали из неё ежегодно в среднем более 2 млн. граждан этих государств (таблица 6). На самом деле, это – не число людей, а число поездок. Многие люди могли приезжать в Россию по нескольку раз. Тем не менее, эти данные, если и не позволяют точно оценить, то всё же, дополняя данные статистического учёта, характеризуют масштабы присутствия мигрантов-кавказцев в России, на улицах её населённых пунктов, независимо от целей и сроков этого присутствия.

Было бы очень хорошо, если бы всё было так просто. К сожалению, это не так. В частности, такая логика оценок предполагает, что прибывают и выбывают в течение года одни и те же люди. На самом деле, мигранты приезжают с разными целями на разные сроки, и в течение года могут уезжать приехавшие в предыдущие годы, а те, кто приехал в этом году, могут покинуть страну в последующие годы. Причём мигранты, вполне легально остающиеся в стране даже 6 и более месяцев, далеко не всегда попадают в официальную статистику из-за имеющихся недостатков учёта временного пребывания. Возможна и незапланированная транзитная миграция, когда люди приезжают в Россию, например, с частными или служебными целями, а из России едут не домой, а в другие страны, причём совершенно необязательно нелегально. Да и незаконные мигранты, выпадая из этой логики, вполне могут «обернуться» туда и обратно в течение одного года, так как многие из них приезжают на сезонные и временные работы.

Применительно к странам Южного Кавказа изложенная логика оценки незаконной миграции приводит к довольно странным результатам, и даже – в частности, применительно к Грузии в 2004 г. – к абсурдным. В 1999 году из граждан трёх южнокавказских государств, приехавших в Россию, «остались в ней нелегально» 348 тысяч человек, в 2000 году – почему-то всего 15 тысяч, а в 2004 году – снова более 300 тысяч (таблица 6). Из Грузии же в 2004 году прибыло её граждан в Россию на 43 тысячи меньше, чем выбыло.

Таблица 6

Поездки граждан государств Южного Кавказа в/из России

Страны	Прибыло			Выбыло		
	1999	2000	2004	1999	2000	2004
Азербайджан	954,1	1076,8	842,8	761,6	1042	703,7
Армения	194,7	236,1	316,5	171,1	213,2	264,5
Грузия	1058,7	948,9	974,6	926,7	991,7	850,5
Всего	2207,5	2261,8	2133,9	1859,4	2246,8	1818,6

В качестве информации о нелегальной миграции данные Федеральной пограничной службы РФ о распределении мигрантов – иностранных граждан по целям поездок могут лишь косвенно указывать на основные каналы такой миграции. Подавляющее большинство всех видов поездок граждан южнокавказских государств в Россию – поездки с частными целями (таблица 7). Причём доля таких поездок в течение 1999-2004 гг. постоянно повышалась и составила в указанные годы 73%, 77% и 86% соответственно. Эти поездки – наиболее удобный канал для поисков временной работы или попыток обустройства в России, особенно для представителей народов Южного Кавказа, диаспоры которых в России весьма многочисленны. Более реалистические оценки незаконной миграции основываются обычно на данных МВД РФ об административных наказаниях за нарушение правил пребывания в стране, особенно по результатам специальных рейдов, которые локальны и нерегулярны, а также на данных социологических обследований, которых проводится, к сожалению, явно недостаточно.

Таким образом, дать точные численные характеристики масштабов реального присутствия кавказцев в России чрезвычайно сложно. Тем не менее, всё же какие-то оценки имеются. Например, газета «Аргументы и факты» (АиФ) писала в 1998 г., что по данным МВД России сегодня в Москве пребывает как прописанных, так и без прописки около 500 тысяч азербайджанцев, а по данным посольства Азербайджана – около 1 миллиона человек. Азербайджанские эксперты полагают, что только за 1991-1997 гг. из Азербайджана в Россию выехало более 1,5 миллиона человек. Большинство экспертов в России и странах Южного Кавказа сходятся в том, что в настоящее время примерно каждая третья семья в Армении и Азербайджане имеет своего «представителя» ─ работника в России.

Трудно определить степень достоверности этих оценок. Как правило, методология их получения неизвестна. Однако как приведённые здесь, так и все другие существующие оценки значительно выше данных официального статистического учёта. Это может означать только одно – большинство представителей автохтонных этносов стран Южного Кавказа пребывает в России в качестве незаконных мигрантов.

К незаконным мигрантам в России относятся лица, въехавшие на её территорию из других стран и при этом нарушившие правила въезда (незаконный/нелегальный въезд) либо правила пребывания (незаконное/нелегальное пребывание) в стране.

Таблица 7

Распределение граждан южнокавказских государств, прибывших в Россию, по целям поездок (тысяч человек)

Цели поездок	Азербайджан			Армения			Грузия			Всего		
	1999	2000	2004	1999	2000	2004	1999	2000	2004	1999	2000	2004
Служебная	288	193,6	55,4	11,9	14,2	48,3	62,9	35	29,1	362,8	242,8	132,9
Туризм	20,5	90,4	5,1	1,4	6,3	2,5	6,7	33,3	18,9	28,6	130	26,6
Частная	572,9	719,1	715,4	146,4	186,5	236,8	897	843,4	878,1	1616,4	1749	1830,3
ПМЖ	0,05	2,8	1,6	0.1	1,1	0,8	0	0,9	3,2	0,06	4,8	5,6
Транзит	23,5	32	27,9	8,9	5,3	4,3	14,2	9,9	10,6	46.6	47,1	42,8
Обслуживающий персонал	49	39	37,3	26,1	22,7	23,8	77,9	26,4	34,6	153	88,1	95,8
Всего	954,1	1076,8	842,8	194,7	236,1	316,5	1058,7	948,9	974,6	2207,5	2267,8	2133,9

Под незаконным/нелегальным въездом в РФ понимается проникновение на её территорию иностранных граждан, минуя пункты пропуска на границах, т.е. через так называемый «зелёный кордон», либо с поддельными и неисправными документами.

Таким образом, трудовые мигранты, востребованные экономикой России, объективно являются для неё благом. Однако, будучи незаконными мигрантами, они представляют для неё несомненную угрозу. В таком своём качестве они заметно стимулируют внутрироссийскую преступность – рэкет, коррупцию, являясь для неё заманчивым объектом. Они способствуют поддержанию и развитию теневых, неконтролируемых государством секторов занятости. Они в силу «искусственной» дешевизны их рабочей силы могут влиять в сторону понижения на средний уровень оплаты труда и способствовать тем самым росту недовольства местного населения и социальной напряжённости. Они могут представлять угрозу как для собственного здоровья, так и для здоровья принимающего населения, поскольку не проходят осмотров и обследований, их доступ к медицинским услугам минимален.

Таким образом, в лице незаконных трудовых мигрантов мы имеем дело с неким двуликим Янусом, который одновременно и благо, и угроза для России. Как трудовые, они – благо, как незаконные, они – угроза.

ЛИТЕРАТУРА

ЗАЙОНЧКОВСКАЯ, Ж. 2002. Трудовая иммиграция из стран СНГ в Россию.

ИОНЦЕВ, В. А., МАГОМЕДОВА, А. Г. 1999. Внешняя миграция между Россией и странами Ближнего Зарубежья.

КАМЕНСКИЙ, А. Н. 1999. Проблемы международного трудового обмена и Россия.

Статистический ежегодник Южнокавказских стран. 2005. Москва.

Статкомитет СНГ. 2006. Москва.

ЭФЕНДИЕВ, В.А., НАГИЕВ, С.К. 2005. География населения.

Рецензент: к.г.н. Н.Г.Эюбов

© Ad.A.Əliyev, R.R.Rəhmanov, 2007

AZƏRBAYCANIN PALÇIQ VULKANLARININ TOPONİMLƏRİ

Ad.A.Əliyev[1], R.R.Rəhmanov[2]

1 – *Azərbaycan MEA Geologiya İnstitutu*
AZ1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 29 A
2 – *ARDNŞ-in "Elmi-Tədqiqatlar" İnstitutu*
AZ1012, Bakı, H.Zərdabi prospekti, 88

Məqalədə ilk dəfə Azərbaycanın bütün palçıq vulkanları ilə bilavasitə əlaqədar olan adlarla (axtarma, pilpilə) yanaşı, xaricı görünüş, brekçiyanın rəngi, bitki örtüyünün seyrəkliyi, çoxlu miqdarda neftin, qazın və yararsız suyun çıxması, yaxınlıqda yerləşən kənd, qışlaq, ərazi adlarına və s. xüsusiyyətlərə görə onlara verilən toponimlərin mənşəyi izah edilir.

Azərbaycanın şərq hissəsində və ona bitişik Xəzər dənizi akvatoriyasında 340-dan çox palçıq vulkanı və təzahürləri yerləşir. Onlara verilən adlar çox böyük maraq doğurur. Nəşr və dərc olunmuş kitab və məqalələrdə (Azərb. toponimləri, 1999; Bəndəliyev, 1991; Budaqov, Mikayılov, 1973; Əhmədov, 1984; Jilo, Kosarev, 1964; Qeybullayev, 1986; Mehrəliyev, 1987; Məmmədov, 1999; Nuriyev, Abbasova, 1986; Səlimov-Şağani, 1993; Yüzbaşov, 1966) bu adların bir hisəsinin mənşəyi aydınlaşdırılsa da, tam halda indiyə qədər açıqlanmamışdır. Bu oronimlər (relyef quruluşu formalarının adları) vulkanların morfoloji, püskürmə, fəaliyyət və başqa xüsusiyyətlərinə görə meydana gəlmişdir. Vulkanlar bir çox hallarda eyni ad daşıyır, əksərinə isə müxtəlif adlar verilmişdir. Sırf palçıq vulkanları ilə əlaqədar yaranmış adlar xalq coğrafi terminlərinə çevrilmişdir. Belə adlar sırasına "Axtarma" və "Pilpilə" daxildir.

Müxtəlif hündürlükdə yüksəkliklər əmələ gətirən palçıq vulkanlarının adları, adətən, "axtarma" sözü əsasında yaranmışdır. Bu söz Bakı dialektində palçıq vulkanı, palçıqlı təpə deməkdir. Vulkan zirvəsinin tirmə kimi ağımtıl-boz palçıqla örtüldüyünü nəzərə alaraq, bu sözü "ağ tirmə" sözünün dəyişdirilmiş forması kimi izah edirlər. Belə ki, Ələt tirəsində bu əlamətə görə adlanan "Ağtirmə" vulkanı məlumdur. Lakin onu "axdırma" sözünə uyğun gəlməsi daha məntiqi görünür. Çünki vulkan boğazından püskürmə və eləcə də sakit fəaliyyəti vaxtı çıxan palçıq axaraq ətrafa yayılır.

"Axtarma" adlı vulkanları bir-birindən ayırmaq üçün onların adları yaxınlıqdakı yaşayış məntəqəsinin, qışlağın və ya yerin adı ilə birgə çəkilir (məsələn, Puta axtarması, Qaradağ axtarması, Paşalıaxtarma (başqa adı Qırlı arxac), Nardaranaxtarma, Süleymanaxtarma, Ütəlgi-axtarma, Ərəbaxtarma, Tataraxtarma, Alataxta axtarması). "Ayazaxtarma" vulkan adında isə "ayaz" sözü bitki örtüyünün kasadlığını bildirir. Zirvəsində çoxlu sayda lilli palçıqla dolmuş gölməçələr olan vulkan Çeyilaxtarma (çeyil –lilli, palçıqlı, səthi nahamar deməkdir) adlanır. Bəzən şəxs adları ilə birgə çəkilir (Qələndəraxtarma). Bu tip adlara sülb püskürmə məhsullarının tərkibilə seçilən Torpaqlıaxtarma da daxildir. Axtarmaardı vulkan adı onun Paşalıaxtarmasının arxa tərəfində yerləşməsini göstərir. Daşmərdan vulkanının başqa adı da Axtarmadır.

Kökündə "çeyil" sözü olan Çeyildağ vulkanı da məlumdur.

Adətən, palçıq vulkanı təzahürlərinə pilpilə (fars dilində qazın qabarcıq şəklində çıxan bataqlıq yeri bildirir) deyilir (Pilpilə dərəsi, Palçıq pilpiləsi, Zığ pilpiləsi, Qırmaki pilpiləsi, Buzovna pilpiləsi, Qaradağ pilpiləsi, Neftli pilpilə, Ələt pilpiləsi, Ütəlgi pilpiləsi, Neftçala pilpilələri). "Pilpilə" sözü onun təqlidi ilə əlaqədardır.

Vulkan brekçiyasının rənginin dəyişməsi nəticəsində boz rəngə çaldığına görə bir çox vulkanlar "Bozdağ" adlandırılır. Axtarmalarda olduğu kimi, eyni adlı vulkanları ayırmaq üçün yaxınlıqda yerləşən yaşayış yerinin adından istifadə olunur (Qobu Bozdağı, Güzdək Bozdağı, Hökmalı Bozdağı). Qobu Bozdağında 1902-ci ildə baş vermiş püskürmə zamanı 6 çoban və 2000-dən çox qoyun məhv olduğuna görə əhali onu "Qanlı təpə" də adlandırmışdır.

Ağımtıl rəngə çalan sülb püskürmə məhsullarına görə vulkanlara Ağdağ, Ağtəpə adları

da verilmişdir.

"Keyrəki"/"Körəki" vulkan adı yer təkindən qaldırılan və brekçiyanın əsas kütləsini əmələ gətirən gil süxurlarının yaşıl, göy rənglərini və dağı bildirən tat dilində "koorəku", "koor" və "ku" sözlərindən yaranmışdır. "Göytəpə" vulkan adı da eyni mənşəlidir.

Keyrəkinin başqa adı – Yanardağdır. Bu da püskürmə zamanı çıxan qazın alışmasına işarədir.

"Sarınça"/"Sarıca", "Qızıltəpə" vulkan adları yerləşdiyi dağın köklü süxurlarının rənginə görə verilmişdir.

Müsbət relyef formasını bildirmək üçün xalq arasında istifadə olunan bozı/bozu/boza/bazı sözü (düzən sahədə su qalxmayan hündür yer) bir sıra palçıq vulkan adlarını əmələ gətirir (Otmanbozıdağ – Otmanbozdağ, Çuxuroqlıbozı, Bozaaxtarma). Qeyd etmək lazımdır ki, Otmanbozdağ od püskürən boz dağ kimi izah olunmuşdur. "Otman" xalq coğrafi terminin "otlu", "otarılan yer" bildirdiyini nəzərə alsaq, onda bu adın mənasını "otlu, otarılan boz dağ" kimi də izah etmək olar.

Qarakürə (başqa adı Qaraçıraq), Çapılmış adları vulkan yüksəkliyinin xarıcı görünüşünə görə verilmişdir.

Ağzıbir vulkan adı (onun başqa adı Bozdağdır) tək bir boğazın olmasına işarədir.

Oroqrafik xüsusiyyətlərinə görə vulkanlara Üçtəpə adı da verilmişdir.

Bir-birinə yaxın məsafədə yerləşən, ölçülərinə görə fərqlənən eyni adlı vilkanları ayırmaq üçün "böyük" və ya "kiçik" sözlərindən istifadə olunur (Böyük və Kiçik Kənizədağ, Böyük və Kiçik Mişovdağ). Böyük və Kiçik Hərami vulkanları isə yerləşdiyi dağın adlarını daşıyır. Bəzən ölçüsü böyük olmayan vulkanın adının əvvəlinə "kiçik" sözü əlavə olunur (Kiçik Mərəzə, Kiçik pilpilə).

Üzərində seyrək bitki örtüyünü nəzərə alaraq vulkanlara Keçəldağ, Diləngəz, Qotur, Qoturdağ, Qoturluq adları verilmişdir. "Qotur" sözü, ola bilsin ki, vulkan üzərindəki gölməçələri dolduran lilli su və palçığın dəri xəstəliklərinin sağalmasına kömək etdiyinə görə işlədilmişdir.

Sarıboğa, Boğboğa/Buğbuğa, adları vulkanın çıxardığı səsin təqlidinə görə meydana gəlmişdir. Xərəzirə adı da belə yaranmışdır ("xərə" xorultu kimi tərcümə olunan fars sözü "xorə"nin dəyişdirilmiş şəkli, zirə isə ərəb sözü "cəzirə"nin qısaldılmış şəklidir - ada deməkdir).

Hamamdağ və Hamamdərə (Dağkolanı vulkanının başqa adı) adları yüksək temperatura işarədir.

Vulkan üzərində yerləşən mikroformaların xarıçı görünüşünə görə əmcək-əmcək, gil kütləsinə və onun tərkibində süxur qırıntıları çoxluq təşkil etdiyinə görə Küllüktəpə, Daşgil, Gil adası /Gilzirə adları yaranmışdır.

Vaxtilə Kürün yaxınlığında yerləşən yüksəklik Kürsəngi (farsca səng – daş, qaya deməkdir) adlandırılmışdır.

Kənizədağ zirvəsində atəşpərəstlərin məbədi – kilsəsi (ərəbcə kənisə) yerləşən (onun xarabalıqları indi də izlənilir) dağ mənasını verir.

Pirəkəşkül – keçmişdə vulkan yüksəkliyində olan pir və dərvişlərin gəzdirdikləri hind qozundan hazırlanan nəzir qabı – kəşkül sözlərini özündə əks etdirir.

Günəşin istiliyinin təsirilə brekçiyanın tərkibindən ayrılan duzlar vulkan səthində duzu andıran ağımtıl nazik təbəqə əmələ gətirdiyinə görə vulkan Duzdağ adlandırılmışdır.

Vulkan boğazından çıxan palçığın məcazi mənada ayrana bənzədilməsi Ayrantökən adının yaranmasına səbəb olmuşdur.

Zahiri görünüşü ikihürgüclü dəvəyə və ya yüksəklik aşırımı dəvəboynuna oxşadığına görə vulkanlar Dəvəlidağ, Dəvəboynu adlandırılmışdır.

Komuratan - hündürdə yerləşən (komur), dar yarğanlı, uçurumlu yerdən vulkan fəaliyyətinin aktivləşməsi zamanı palçığın yuxarıya atılmasına işarədir.

Çoxlu miqdarda neftin çıxmasını və ya ətrafı qatılaşmış neftlə (qırla) örtülməsini bildirən adlara Ağzıqır, Qıraltı, Qırdaq, Qırlıq, Qırlıq gölü, Qırmaku, Neftik, Qırqışlaq, Neftli qobu (qobu - çökəklik, su axan dərə, çuxur yeri bildirir), Nöyüt təpəsi, Neft Daşları daxildir.

Yararsız suyun çıxmasını bildirən palçıq vulkanı adlarına Qarasu adası, Sədan (tat dilində siya-qara, dan-su sözündən əmələ gəlmişdir) aiddir.

Şorsulu, Şoran (Basqal vulkanının başqa adı) - vulkan üzərindəki gölməçələrin şor su ilə dolmasına, Zığ vulkan adı isə lil, lehmə, palçığın olmasına işarədir.

Göl, su toplanan, bataqlıq yeri bildirən nohur sözü ilə yaranan vulkan adları bunlardır: Ağnohur, Nohur, Qaranohur.

Üzərində və ya yaxınlıqdakı gölməçələrdə çoxlu sayda yuvalar salan quşlara, çöl

heyvanlarının çoxluğuna görə Mişovdağ ("mışovul" sözündən), Quşxana, Göyərçin, Torağay, Bayquşlu, Şonqar (şahin mənasında), Süngür (quş adı sunqurun təhrif olunmuş şəkli), Dovşandağ, İlanlı (Şıxzərli vulkanının başqa adı), Donuzluq zootoponimləri meydana gəlmişdir.

Vulkan adlarında palçığın əmələ gətirdiyi bataqlıqda heyvanların batmasına da işarə edilir - Atbatan, Lökbatan (lök – birhürgüclü erkək dəvə).

Oyuq adı üzərində kiçik kraterlərin əmələ gətirdiyi "dərmə-deşiklərin" yerləşməsinə görə yaranmışdır.

Fəaliyyətdən düşmüş, ağzi (gözü) tutulmuş vulkan Korgöz adlandırılmışdır.

Kürovdağ Kür ovalığında (ov/ova sözündən) eyni adlı dağda (ona Qırovdağ, yəni "qırovlu dağ" da deyilir) yerləşdiyini göstərir.

Vulkanların yerləşdiyi sahədə movqelərini nəzərə çatdırdıqda Ağzıxəzri, Qılınc (dağ tirəsi), Aralıq, Solaxay (gözdən uzaq yer), Axar-baxar (su axarı və çayabaxar tərəf), Yandərə adlarından istifadə edilmişdir.

Qaynarca adı zirvəsində yerləşən çoxlu sayda kiçik təpəcik və gölməçələrdən müxtəlif intensivlikdə qaynar qazanı xatırladan qazın çıxması ilə əlaqədardır.

Çalov adı vulkanın çalov şəklində çuxurluqda yerləşməsini göstərir.

Səngər adı vulkanın relyefinə (səngər - qədim türk dilində "qayalı çıxıntı" deməkdir), Durandağ, Durovdağ isə ətəklərinin dikliyinə görə verilmişdir.

Qrifon və salzlardan çıxan hidrogen-sulfidli suyun özünəməxsus iyinə görə vulkan təzahürü İyimiş adlandırılmışdır.

Yerləşdiyi kənd, ərazi, mədən, pir və qışlaq yerlərinin adlarından yaranan oykonimlərin (oykonim – yaşayış yerlərinin adları) sırasına Ağdərə, Köhnəgədi, Nüydü (tat dilində nyüyeni, di – kənd), Çarxan (çahar, çar – dörd, xan – karvansaray), Arbat (araba, rabbat – dayanacaq və ya "qaraçı" mənasında ərəb sözündən), Qasımkənd, Quşçu, Çayqurbançı, Qurbançı, Məxləcik, Yeldərəsi, Çarani, Bizlan, Kürdəmiç, Birgüt, Qaradüzlü, Donuzluq, Şımşadı, Qarıca/Karca, Umbakı, Qədridərə, Damlamaca, Ceyranuçan, Dəmirçi, Ərəbqədim, Xilmilli (Xilə - İraqın Xilə mahalı və milli – Mil düzü, yəni Mildə yaşayan xiləlilər) Kələxana ("kelə" ərəbcə məbəd, sərdabə), Sündü (sinədi sözünün təhrif olunmuş şəkli, sinə - yamac, di – tatca kənd, yəni yamacda kənd), Şaxqaya, Sarabil, Siyəki, Şixandağ, Şurabad, Cəyiril, Qızmeydan,, Daşmərdan (daş mədəninin təhrif olunmuş şəkli, vulkan yaxınlığında daş karxanasının – mədənin olmasını göstərir), Mədrəsə (dini məktəbin adından), Boransız cılğa (çılğa – quru, dayaz dərə), Şorbulaq, Kürkəçidağ (tat dilində kürkəcə, kürk – canavar, cə - yer, yəni canavar yaşayan yer), Cəngi (vuruş, döyüş), İncəbel, Sərsurə (tat dilində sər - baş, üst, surə - bulaq, mənbə, yəni bulaq üstü, bulaq başı), Tatarməhlə, Yeniqışlaq, Yaylaq-Tudar, Tudar (tat dilində tu/du – iki, dar, dahar – qaya, yəni iki qaya), Zəhərdağ (bitən otların zəhərli olduğunu bildirir), Zarat (ərəb dilində ziraət - əkin yeri və ya tayfa adı), Yaşma (mənası - qumsallıqda çeşmə olan "eşmə" sözünün təhrif olunmuş şəkli), Kəmçə (tat dilində qəmşə - düzən sahədə çay yatağı), Çilov adası, Pirallahı (Allahın piri) adası, Qayıblar, Pirqarı, Bibiheybət, Sarıdaş-Boyanata, Boyanata (orada müqəddəs Boyan Ata pirinin adı ilə), Xıdırzində ("Diri Xıdır" deməkdir), Mərəzə (orada yerləşən Pirmərəzə pirin adı), Ziyilpiri-Zigilpiri, Babazənan (əsl adı Baba Sənan, yüksəklikdə yerləşən pirin adı), Ağdam, Şəkixan (bu rayonların qışlaq yerləri), Kəmaləddin (bu şəxsə mənsub olan qışlaq) daxildir.

Etnonim (tayfa, elat, tirə, etnik qrup adları) və antroponimlər (şəxs adları) də vulkan toponimlərinin yaranmasında istifadə olunmuşdur. Məsələn, Dağkolanı, Ərzəni, Xıdırlı, Tuva, Cuan, Çıraqlı, Zarat, Çigil adası (tayfa adları), İlxıçı (atçılıqla məşğul olan şahsevənlərin tirəsi), Nabur (Zulqədar tayfasının eyni adlı tirəsi), Cəyirli (kəngərlilərin tirəsi), Məlikçobanı (eyni adlı elata mənsub), Osmanbəyli, Veys, Hacıvəliyeri, Şıxzərli/Şıxzayırlı/Şıxzahirli (Şeyx Zahir – şəxs adı), Gülbəxt, Qaraibad (şəxs adları).

Şeytanud – şəri təmsil edən şeytan və od (yerli dialektin təsirilə ud kimi tələffüz olunur) sözlərinin birləşməsindən yaranmışdır.

Püskürməsi Novruz gününün başlanması ilə (1967-ci il martın 20-si) üst-üstə düşdüyünə görə rəmzi olaraq vulkan Bahar adlandırılmışdır.

Bəndovan / Bəndəvan adı - bəndi ovan, dələn, deşən kimi yozulur. Vaxtilə vulkanın yerləşdiyi burundan dənizə doğru uzanan dil dalğalarla yuyularaq bir neçə adacıq və bankə əmələ gətirmişdi.

Palçıq vulkanlarının tədqiqində və onların yerləşdiyi sahələrin geologiyasının öyrənilməsində böyük xidmətinə görə vulkanlar Abix, Arxangelski,

Şatski, Darvin bankəsi, Ə.Yaqubov, Ə.Əlizadə, Ş.Mehdiyev, A.Putkaradze, M.Zeynalov və başqa tədqiqatçıların şərəfinə adlandırılmışdır.

Abşeron və Bakı arxipelaqlarında palçıq vulkanı fəaliyyəti ilə yaranan dayaz yerlər bankə (bank – holland sözü olub, sualtı dayaz yer deməkdir) / say (Abşeron, Aran-dəniz, Atəşgah, Balıqlı, Çigil-dəniz, İnam, Kür, Muğan-dəniz, Şirvan-dəniz, Səbayıl, Ülfət), su səthində görünən yastı sal daş - tava adlanır. Yanan Tava - sal, yastı daşın - tavanın yerləşdiyi və alov görünən yeri bildirir.

Bəzi bankələrin adları püskürmə illərindən yaramnışdır ("1906" b., "1908" b., "1933" b., "1960" b.).

Muğan düzü və Kür çayı mənsəbinin tuşunda yerləşən vulkan mənşəli adalar müvafiq olaraq Səngi Muğan (səng – daş deməkdir) və Kür daşı adlanır.

Daşlı ada adı – adanın relyefi ilə əlaqədardır.

Kraterində qazhidrat (xarıcı görünüşü buza oxşar qaz və suyun bərk molekulyar məhlul birləşməsi) aşkar olunduğuna görə Xəzərin dərin hisəsində yerləşən vulkana Buzdağ adı verilmişdir.

Xəzərdə çoxlu sayda sualtı palçıq vulkanları yerləşdiyi qalxımların adlarını daşıyır (məsələn, Günəşli, Kəpəz, Naxçıvan, Babək, Şahdağ, Zəfər və s.).

Qalmas və Qızdağ adlarının mənaları bilinsə də, onların izahı hələ də çətinlik törədir.

Göründüyü kimi, Azərbaycanın palçıq vulkanlarının adları əksər hallarda onların səciyyəvi xüsusiyyətlərini əks etdirən xalq çoğrafi terminlərinə, əmələ gətirdikləri yüksəkliklərin relyefinə, bitki örtüyünün seyrəkliyinə, təşkil edən süxurların rənginə, üzərində rast gəlinən təpəciklərin xarici görünüşünə, quş yuvalarının və çöl heyvanlarının çoxluğuna, neft çıxışlarının olmasına əsasən yaranmışdır. Eyni adlı vulkanları birbirindən ayırmaq üçün toponimə yaxınlıqda yerləşən yaşayış və ya yer adları əlavə edilmiş, çox vaxt isə sadələşdirilərək elə o yerlərin oykonim, oronim, antroponim və etnonimlərindən istifadə edilmişdur.

ƏDƏBİYYAT

Azərbaycan toponimləri. Ensiklopedik lüğət. 1999. Azərb. Nəşr.-Poliqr. Birliyi. Bakı.584.

BƏNDƏLIYEV, N.S. 1991. Dağlıq Şirvanda landşaftların toponimik üsulla öyrənilməsi. Namiz. dis. Avtoreferatı. Bakı. 19.

ƏHMƏDOV, T. 1984. El-obamızın adları. Gənclik. Bakı.126.

ГЕЙБУЛЛАЕВ, Г.А. 1986. Топонимия Азербайджана. Элм. Баку. 191.

MEHRƏLIYEV, E.Q. 1987. Xalq coğrafi terminlərinin izahlı lüğəti. Maarif. Bakı. 80 .

MƏMMƏDOV, N. 1999. Azərbaycan Respublikasının oronimləri. BDU nəşr. Bakı. 297.

NURIYEV, E.B., ABBASOVA, M.Ə. 1986. Xəzər dənizinin Azərbaycan akvatoriyasının toponimlərinə dair. *Azərb. EA xəbərləri, Yer elm. ser*., 6, 48-54.

SƏLIMOV-ŞAĞANI, T.Q. 1993. Abşeronun yer adları. Elm. Bakı. 74.

YÜZBAŞOV, R. 1966. Azərbaycan coğrafiya terminləri (tədqiqlər). Azərb. EA nəşr. Bakı.158 .

БУДАГОВ, Б.А., МИКАИЛОВ, А.А. 1973. О некоторых географических названиях грязевых вулканов Азербайджана. *Изв. АН Азерб,, сер. наук о Земле, 3,* 70-75.

ЖИЛО, П.В., КОСАРЕВ, А.Н. 1964. Топонимика некоторых географических названий побережья Каспийского моря. *Вестник Моск. гос. ун-та, сер. географ.,* 4, 119-123.

Məqaləyə c.e.n. İ.Mərdanov və b.e.i. M.Abbasova rəy vermişdir