КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

© И.М.Мустафаев, 2016

ПЕРВАЯ НАХОДКА УДОДА (*UPUPA EPOPS L.*) ИЗ БИНАГАДИНСКИХ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗЕРБАЙДЖАНА

И.М.Мустафаев

Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А,
Тел.: (99412) 4392770, 5100141 (доп. 111)
Факс: (99412) 4975285
E-mail: gia@azdata.net

С мая 2012 года начался новый третий этап исследований фауны и флоры Бинагадинских плейстоценовых кировых отложений, в котором приняли участие сотрудники Естественно-исторического музея им. Г.Зардаби. В результате раскопок на глубине 1,3-1,5 м были открыты новые костеносные слои, представляющие собой густое скопление растительности, хитиновых покровов насекомых и костей, пропитанных нефтью. При детальном исследовании остеологического материала была обнаружена правая плечевая кость удода (*Upupa epops L.*). Это первая находка плейстоценового удода на территории Азербайджана.

Введение

В настоящее время на Абшеронском полуострове насчитывается 4 асфальтовых местонахождения с фауной и флорой: Бинагады, Гырмаки, Хырдалан и о. Пираллахы. Среди них Бинагадинское кировое местонахождение по обилию и разнообразию фауны и флоры является наиболее богатым.

В открытии этого местонахождения большая заслуга принадлежит А.С.Мастанзаде, который в феврале 1938 г. открыл его при поиске и разведке битумов в селении Бинагады. Систематические раскопки на территории Бинагадинского местонахождения проводились в два этапа (первый этап: 1938-1942 гг., второй этап: 1947-1953 годы). В ходе предпринятых раскопок и изучения этого уникального местонахождения был накоплен огромный ископаемый материал, обобщенный в 12 томах трудов Естественно-исторического музея им. Г.Зардаби и более 100 научных статьях, опубликованных в республиканской и союзной периодической печати, а также в зарубежных изданиях (В.В.Богачёв, Р.Д.Джафаров, П.В.Серебровский, Н.И.Бурчак-Абрамович, В.Г.Гаджиев, Н.К.Верещагин, И.М.Громов, Н.А.Алекперова, Г.В.Гаджиев, Д.В.Гаджиев, А.В.Богачёв, А.И.Аргиропуло, В.А.Петров, Л.И.Хозацкий и др.).

В 2012 году (после кратковременного перерыва) продолжились раскопки на территории Бинагадинского местонахождения. Целью очередной экспедиции стало изучение нового костеносного пласта, а также сбор поверхностного костного материала, обнажившегося после дождей. Среди собранного материала одной из самых интересных находок является правая плечевая кость удода (*Upupa epops L.*), описанию которой посвящена данная статья**.**

Найденные ранее ископаемые останки удода в основном ограничиваются средним и верхним плейстоценом. Известно об обнаружении ископаемого удода из среднего плейстоцена в Испании (Mourer-Chauviré, 1980), Австрии (Mlíkovský, 2009) и Франции (Mourer-Chauviré, 1975, Mourer-Chauviré et al., 2001). Верхнеплейстоценовые удоды найдены в четырех местонахождениях: в Испании: Cova Nova (Florit, Alcover, 1987), Cova Negra de Bellus (Tyrberg, 1998), Gorham's Cave (Cooper, 2005); во Франции в трех местах: Fontbrégoua (Vilette, 1983), Salpêtre (Vilette et al., 1983), Orgnac 3 (Mourer-Chauviré, 1975); в Италии: Grotta delle Mura (Pavia, 2000); в России: Усть-Канская пещера (Martynovich, 2004). В плейстоценовых отложениях Азербайджана ископаемые костные останки удода до сих пор обнаружены не были.

Таким образом, обнаруженная плечевая кость ископаемого удода является первой находкой представителя данного семейства *Upupidae* на территории республики.

Обыкновенный удод – номинативный вид семейства *Upupidae,* относящийся к отряду ракшеобразных.

Современный ареал обыкновенного удода охватывает среднюю и южную часть Евразии. В Азербайджане обитает в низменностях и предгорьях, является гнездящейся и пролетной птицей. Селится на равнинной местности, в пойменных лесах, садах, по обрывам, а также в населенных пунктах. Питается насекомыми и их личинками, принося тем самым большую пользу сельскому хозяйству.

Материал и методика

Материалом для данного исследования послужила правая плечевая кость ископаемого удода, найденная в битумных слоях на глубине 1,35-1,5 м. При определении плечевой кости были использованы современные скелеты, хранящиеся в Естественно-историческом музее им. Г.Зардаби. Помимо визуального изучения формы кости, проводилось измерение основных диагностических параметров поверхностей и точек. Предварительная очистка костного материала от битума производилась хирургическими и стоматологическими инструментами (скальпели, пинцеты, экскаваторы и др.). При измерении плечевых костей была использована методика, предложенная С.Морер-Шевире (Mourer-Chauvire, 1975) и Е.Н.Курочкиным (Курочкин, 1979). При описании локтевой кости применялась терминология, принятая международной комиссией по анатомической номенклатуре по И.Баумелю (Baumel et al., 1993). Все измерения проведены штангенциркулем с точностью до 0,05 мм, цифровые значения в таблице выражены в миллиметрах и их десятых долях.

Результаты и обсуждения

Систематика:
Отряд: *Coraciiformes*
Подотряд: *Upupae*
Семейство: *Upupidae*
Род: *Upupa*
Вид: *Upupa epops L.*

Материал. Правая плечевая кость в хорошей сохранности, № В-110, кв. 20D, гл. 1,3-1,5 м, хранится в коллекции Естественно-исторического музея им. Г. Зардаби НАН Азербайджана.

Сравнение и замечание. Humerus. Описываемый материал представлен правой плечевой костью, которая была обнаружена при раскопках в квадрате 20D в Бинагадинском кировом местонахождении четвертичной фауны и флоры. Костеносный слой, густо пропитанный нефтью, содержит большое скопление костных останков птиц и мелких млекопитающих. Большинство останков птиц имеет хорошую сохранность и представлено целыми костями посткраниального скелета. Однако наиболее интересной является находка правой плечевой кости удода.

Плечевая кость у ископаемого удода цельная, в проксимальной части *crista deltopectoralis* и *crista bicipitalis* отбита (фото 1). Ископаемая плечевая кость морфологически неотличима от современного вида. Морфометрические показатели ископаемой кости в среднем немного больше современных (табл.), но при сопоставлении с размерами плечевой кости современных удодов, приводимыми Олсоном (Olson, 1975), видно, что размеры ископаемой кости близки к их максимальным значениям.



A B

Фото. Правая плечевая кость *Upupa epops L.* (Бинагады). A – каудальная поверхность, B – краниальная поверхность.

Сопоставление морфометрических показателей плечевых костей удода *Upupa epops L.* (Бинагады) и *Upupa epops L.* (Южный Кавказ)

Виды	Промеры плечевой кости (мм)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Upupa epops L. № B-110 (ископаемый)	36	9,4	2,7	3,3	2.75	8.25	3,75	2
Upupa epops L. № 54 (современный)	33,6	8,9	2,5	3.2	2,45	7,8	3,5	2
Upupa epops L. № 162 (современный)	35,4	9,35	2,85	3,5	2,8	8	3,75	2,1
Upupa epops L. № 178 (современный)	35	9	2,7	3,2	2,6	8,2	3,6	2,2

Условные обозначения: 1 – максимальная наибольшая длина кости, 2 – наибольшая ширина проксимального эпифиза, 3 – толщина *caput articulare*, 4 – минимальная ширина диафиза (наименьшая), 5 – толщина диафиза (наименьшая), 6 – ширина дистального эпифиза (наибольшая), 7 – переднезадний диаметр *condylis-epicondylus radialia*, 8 – переднезадний диаметр *condylus ulnaris* наибольший.

ЛИТЕРАТУРА

КУРОЧКИН, Е.Н. 1979. Методы изучения ископаемых птиц. Наука. Москва. 152-163.

BAUMEL, J.J., KING, A.S., BREAZILE, J.E., EVANS, H.E., VANDEN BERGE, J.C. 1993. Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium. *Publications of the Nuttall Ornithological Club*. 23, 779 p.

COOPER, J.H. 2005. Pigeons and pelagics: interpreting the Late Pleistocene avifaunas of the continental 'island' of Gibraltar. Proceedings of The International Symposium "Insular Vertebrate Evolution: The Palaeontological Approach", September 16-19, Mallorca. *Monografies De La Societat D'història Natural De Les Balears.* 12, 101-112 p.

MLÍKOVSKÝ, J. 2009. Middle Pleistocene birds of Hundsheim, Austria. *Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series.* 177 (7), 69-82.

MARTYNOVICH, N. 2004. Late Quaternary birds from caves in south Siberia, Altai-Sayan Mountains. Candidate Dissertation. 394 p.

MOURER-CHAUVIRE, C. 1975. Les oiseaux du Pléistocène moyen et supérieur de France. *Documents du Laboratoire de Géologie de la Faculté de Sciences de Lyon*, 64 (2), 624.

MOURER-CHAUVIRE, C. 1980. Las avesdelsitio de ocupación achelense de Áridos-1 (Arganda, Madrid). In M. Santonja, N. López, A. Pérez (eds.): *Ocupaciones achelenses en el Valle del Jarama*, Publ. Excma. Diput. Prov. Madrid, 145-160.

MOURER-CHAUVIRE, C., LOUCHART, A., PAVIA, M., SEGUI, B. 2001. Les avifaunes du Pléistocène moyen et supériéur des îles méditerranéennes. *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de la Corse.* 696-697, 223-24.

FLORIT, X., ALCOVER, J.A. 1987. Els ocells del Pleistocè superior de la cova Nova (Capdepera, Mallorca). I. El registre. *Bolletí de la Societat d'Història Natural dels Balears.* 31, 7-32.

OLSON, S.L. 1975. Paleornithology of St.Helena Island, south Atlantic Ocean. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*. 49.

TYRBERG, T. 1998. Pleistocene birds of the Palearctic: a catalogue. *Cambridge, Nuttall Ornithological Club*, 27, 720 pp.

PAVIA, M. 2000. *Le avifaune pleistoceniche dell'Italia meridionale*. Thèse Universita di Torino Scienze de la Terra, Torino, 141.

VILETTE, P. 1983. Avifaunes du Pléistocène final et del'Holocène dans le Sud de la France et en Catalogne. *Antacina*. 11, 190 p.

VILETTE, P., MOURER-CHAUVIRE, C., MEIGNEN, L. 1983. Les oiseaux de la grotte du Salpètre de Pompignan (Gard). *Nouveaux Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon.* 21, suppl. 45-48.

Рецензент: к.б.н. Т.М.Эйбатов

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© А.А.Фейзуллаев, А.Н.Бабазаде, 2016

ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОЙ И КРАСНОЦВЕТНОЙ ТОЛЩ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ (НА ПРИМЕРЕ АБШЕРОН-ПРИБАЛХАНСКОЙ ЗОНЫ)

А.А.Фейзуллаев, А.Н.Бабазаде

Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп.Г.Джавида, 119

В статье на примере Абшерон-Прибалханской зоны предпринята попытка палеореконструкции условий формирования пород продуктивной (ПТ) и красноцветной (КТ) толщ, используя комплекс широко известных геохимических критериев: соотношение оксидов и микроэлементов. Выявлены общие и отличительные особенности условий формирования ПТ и КТ, обосновывается диагенетическая природа буро-красной окраски КТ. Полученные на примере Абшерон-Прибалханской зоны результаты хорошо согласуются с существующими представлениями об условиях формирования нижнеплиоценовых отложений Южно-Каспийского бассейна.

Введение

Как известно, седиментогенезом называется процесс переноса и осаждения вещества. Седиментогенез – это сложное явление, включающее механическую, химическую дифференциацию и интеграцию продуктов выветривания в процессе переноса и осаждения, образование и разрушение коллоидных и ионных систем. Процесс преобразования накопившегося осадочного материала, сочетание и содержание которого зависит от условий осадконакопления, параметров и типа обстановки седиментации, называют диагенезом. Диагенез сопровождается уплотнением породы, удалением воды, разложением неустойчивых минералов, синтезированием новых, перераспределением вещества и т.д. (Состав и строение…, 2011).

Стадия преобразования осадков в горные породы называется диагенезом. Диагенез, объединенный с седиментогенезом, составляет понятие *литогенез* (Страхов, 1962).

Для палеореконструкции условий литогенеза в настоящее время широко используются геохимические индикаторы (Геохимические исследования…, 1978; Лукашев, 1980; Скляров, 2001; Лукашев, 1972; Маслов, 2005; Резников, 1961; Юдович, Кетрис, 2000; 2011), некоторые из которых были впервые введены в середине XX в., но системно применены в конце прошлого века.

Под геохимическими индикаторами понимается ряд отношений химических элементов и оксидов, изучение распределения которых дает ключ к пониманию процессов седиментогенеза и влияния на него палеогеографических факторов (Лукашев, 1972; Маслов, 2005; Нестеров и др., 2013 и др.).

В данной статье предпринята попытка палеореконструкции условий литогенеза в нижнеплиоценовое время на северном борту Южно-Каспийской впадины (ЮКВ), используя известные в литературе геохимические критерии.

Выполненные в последние годы геохимические исследования пород ПТ и КТ (Productive…, 1998; Гасанов, 2016 и др.) позволяют на примере Абшерон-Прибалханской зоны рассмотреть условия формирования нижнеплиоценовых отложений с использованием широко известных геохимических критериев. Для этого использован ряд соотношений оксидов и малых химических элементов, значение которых приводится ниже.

Отношение Sr/Ba является критерием разделения морских и пресноводных отложений. Как правило, пресноводные отложения имеют значения менее 1, а морские – больше 1 (Геохимические исследования…, 1978; Катченков, 1959; Бекботаева и др., 2013). Генетическая сущность этого критерия заключается в том, что в прибрежно-морских осадках наблюдаются вы-

сокие содержания бария. В отличие от бария стронций химически осаждается в морской воде только при повышенной солености воды. Увеличение значений отношения Sr/Ba указывает на повышение солености водоема.

Отношение Mn/Ni используется как фациальный индикатор прибрежно-морских обстановок осадконакопления. Теоретическая основа применения этого критерия заключается в том, что максимальные концентрации марганца характерны для участков шельфа, удаленных от берега, никель же концентрируется преимущественно в лагунных отложениях при наличии значительного количества органического вещества (Лукашев, 1972).

Отношение Ti/Mn является показателем глубины водного бассейна. Титан обычно накапливается в наиболее мелководных фациях (Исаева, 1971).

Отношение V/Ni отражает геохимическую обстановку среды осадконакопления и называется коэффициентом восстановленности среды. Его величина выше 5 (Green, 1953; 1959) характеризует восстановительную среду осадконакопления. Ванадий больше связан с богатым органикой обломочным материалом (Юдович, Кетрис, 2011).

Значения ***отношения U/Th*** значительно ниже в глубоководных отложениях (около 2), чем в мелководных (около 4) (Bjorlykke et al., 1975).

Отношение Fe_2O_3/FeO широко используется в качестве показателя, характеризующего геохимическую обстановку осадконакопления: значения этого отношения, превышающие 1, указывают на существование окислительных, а меньше 1 – восстановительных условий в среде седиментации (Бекботаева и др., 2013; Габлина, Малиновский, 2008). При наличии в биосфере органических веществ (ОВ) Fe^{3+} восстанавливается до Fe^{2+} и легко мигрирует, а при встрече с кислородом воздуха Fe^{2+} окисляется, образуя скопления красно-бурых гидроксидов трехвалентного железа. Этим определяется окраска многих осадочных горных пород и их наименование "красноцветная формация" (красные и бурые суглинки и глины, желтые пески и т. д.).

Отношение CaO/MgO используется для палеореконструкции минерализации бассейна: она считается низкой при значении этого отношения больше 1 и относительно повышенной – при значениях меньше 1 (Бекботаева и др., 2013).

Отношение Na_2O/K_2O служит показателем химического выветривания пород питающей провинции: оно слабое при значениях больше 1 и интенсивное – при значениях меньше 1 (Бекботаева и др., 2013).

Отношение SiO_2/Al_2O_3 чувствительно к процессам рециклирования и выветривания осадков. Чем дольше терригенный материал подвергается переносу и чем дальше отлагается от источника сноса, тем больше выражена в осадках тенденция к обогащению кварцем по сравнению с полевыми шпатами (Казанский, 1983; Roser, Korsch, 1986).

Отношение TiO_2/Al_2O_3 *(Титановый модуль – ТМ)* выше в гумидных отложениях, чем в аридных (Юдович, Кетрис, 2011).

Отношение ***Fe_2O_3/MnO*** отражает геохимическую обстановку осадконакопления: в восстановительных условиях его значения существенно выше (Юдович, Кетрис, 2011).

Отношение K_2O/Al_2O_3 *(Калиевый модуль – КМ)*. Высокие (5% и больше, до 10-12%) содержания K_2O в осадочных породах обязаны или размыву специфических аридных кор выветривания, или примеси кислой пирокластики (Юдович, Кетрис, 2000).

Результаты исследований

Абшерон-Прибалханская зона (порог) относится к восточному продолжению Большекавказского орогенического пояса. Эта зона протягивается на расстояние примерно 275 км (рис. 1) через северную часть ЮКБ между полуостровами: Абшеронским на западе и Челекенским на востоке.

В западной части этой зоны (азербайджанский сектор) нижнеплиоценовые отложения представлены породами продуктивной толщи, а в восточной (туркменский сектор) – красноцветной толщей. В пределах Абшерон-Прибалханского порога отложения ПТ получили развитие до структуры Кяпяз и представлены в абшеронской литофации, богатой кварцевыми песками с высокими значениями пористости и проницаемости. К Востоку от поднятия Кяпяз развиты отложения КТ (рис. 1). Сама структура Кяпяз находится в транзитной зоне, и поэтому первоначально она была названа Промежуточной.

Продуктивная и красноцветная толщи являются главным нефтегазоносным резервуаром Южно-Каспийского бассейна, в котором сосредоточено до 90% его ресурсов, и поэтому условия его формирования представляют большой научный интерес для геологов.

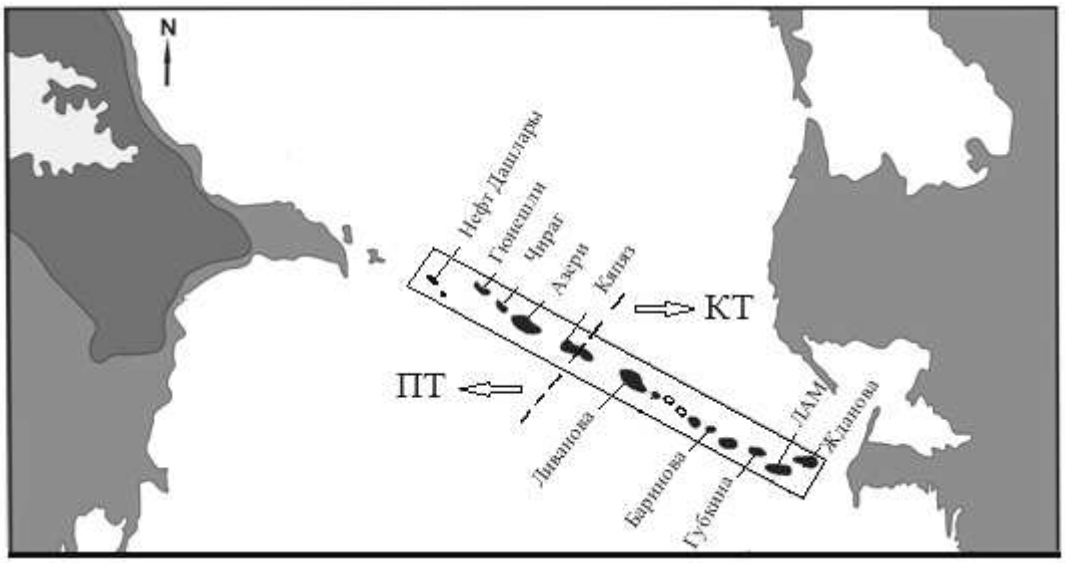


Рис. 1. Схема расположения района исследования, нефтегазоносных структур, границы сочленения отложений ПТ и КТ

Главными источниками формирования вещественного состава ПТ-КТ в пределах Абшеронского архипелага являлись Русская Платформа и Б.Кавказ, в то время как в Прибалханском районе – преимущественно Балханские, а также Копетдагские горноскладчатые массивы.

Поскольку отложения ПТ и КТ образовались в едином бассейне, они считаются аналогами. Вместе с тем формирование их из разных источников дает основание предположить существование некоторых их отличительных особенностей. В связи с этим ниже дается сравнительная характеристика пород ПТ и КТ, основанная на обобщении и анализе выполненного в последние годы большого объема литогеохимических исследований.

Общность условий осадконакопления и последующих диагенетических процессов в ПТ и КТ находит свое подтверждение при сравнении средних значений содержания в породах оксидов (рис.2) и микроэлементов (рис. 3).

Палеореконструкция условий в период литогенеза пород ПТ и КТ, опираясь на комплекс широко используемых геохимических параметров – соотношения оксидов (табл. 1) и микроэлементов (табл. 2), показала нижеследующее.

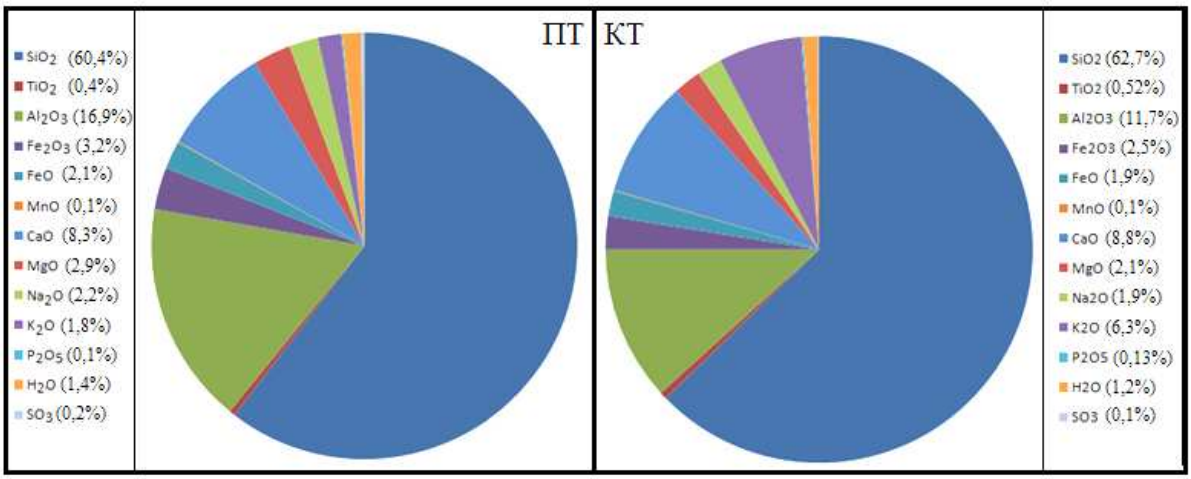


Рис. 2. Круговая диаграмма содержания в породах ПТ и КТ средних значений оксидов в пределах Абшерон-Прибалханского порога

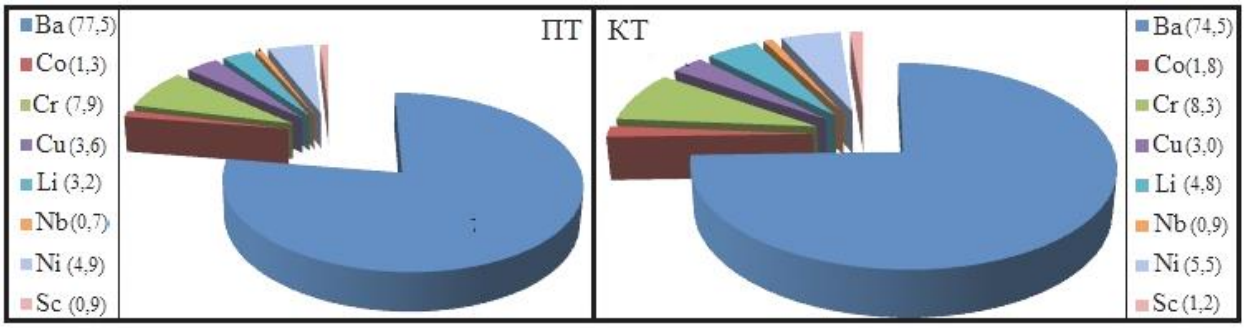


Рис. 3. Круговая диаграмма содержания в породах ПТ и КТ средних значений микроэлементов в пределах Абшерон-Прибалханского порога

Таблица 1

Значения геохимических параметров пород ПТ и КТ, соотношение оксидов

Объект	Кол-во анализов	Геохимические параметры*						
		SiO_2/Al_2O_3	TiO_2/Al_2O_3	Fe_2O_3/MnO	CaO/MgO	K_2O/Al_2O_3	Na_2O/K_2O	Fe_2O_3/FeO
ПТ	101	2,65-34,98	0,039-0,160	13,45-223,67	0,62-75,88	0,130-0,251	0,34-1,21	0,03-6,67
		7,2	**0,055**	**66,6**	**5,25**	**0,187**	**0,73**	**1,41**
КТ	100	2,85-32,02	0,033-0,149	12,889-134,714	1,66-14,02	0,154-0,231	0,39-1,77	0,08-2,69
		5,6	**0,046**	**50,6**	**4,24**	**0,190**	**0,78**	**0,88**

* в числителе – пределы изменения; в знаменателе – **среднее значение**

Таблица 2

Значения геохимических параметров пород ПТ и КТ, соотношение микроэлементов (рассчитаны по данным Ф.Д.Гасанова)

Объект	Геохимические параметры*				
	Sr/Ba	Ti/Mn	Mn/Ni	V/Ti	V/Ni
ПТ	0,05-0,87	2,16-31,42	2,05-28,4	0,004-0,119	1,25-12,92
	0,30 (24)	**10,76** (25)	**14,77** (25)	**0,051** (26)	**4,77** (25)
КТ	0,06-0,78	3,0-8,68	13,2-31,5	0,010-0,045	1,17-5,0
	0,35 (34)	**5,21** (28)	**20,74** (28)	**0,023** (34)	**2,30** (28)

* в числителе – пределы изменения; в знаменателе – **среднее значение** (число анализов)

Одним из очевидных признаков отличия нижнеплиоценовых пород на восточном борту ЮКБ (туркменский сектор) от пород на западном борту бассейна (азербайджанский сектор) является их характерная красно-бурая окраска.

Вопрос, когда и как формируется широкий диапазон цветов осадочных пород, длительное время является предметом научных дебатов. Вместе с тем известно, что бурая окраска осадочных пород зависит от характера пигментации окисными и закисными соединениями железа (Габлина, 1990; Бекботаева и др., 2013).

Красная окраска пород КТ может быть обусловлена несколькими причинами:

- результатом размыва пестроокрашенных пород горноскладчатых массивов Западной Туркмении (Большого и Малого Балхана, Западного Копет-Дага);
- преобладанием в КТ окислительной обстановки осадконакопления;
- химическими процессами в диагенезе.

Исходя из рис. 4, где приведен график зависимости между содержанием в породах Fe_2O_3 и FeO, тенденция их изменения в ПТ и КТ хорошо согласуется. Тем не менее, средние значения отношения Fe_2O_3/FeO для ПТ и КТ отличаются (см. табл. 1).

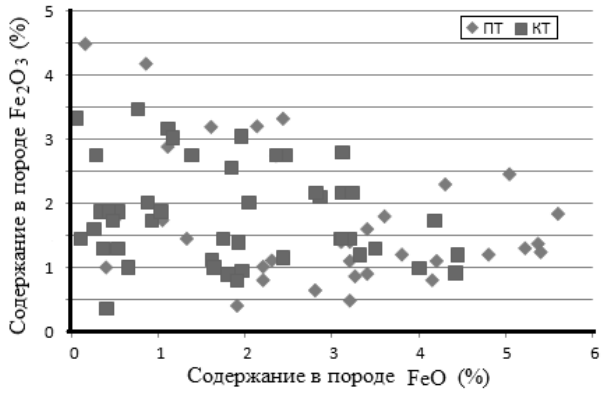


Рис. 4. График зависимости между значениями закиси и окиси железа в породах ПТ и КТ в пределах Абшерон-Прибалханского района

Доминирует мнение, что окраска пород имеет в основном диагенетическое происхождение (McBride, 1974; Fichter et al., 1991; Winkler, 1997).

Предположение о диагенетической природе окраски пород более приемлемо и для КТ, поскольку значения Fe_2O_3/FeO не подтверждают происхождение ее красно-бурой окраски окислительными геохимическими условиями осадконакопления. В породах КТ закисное железо преобладает над окисным, в то время как в породах ПТ, наоборот, окисное железо преобладает над закисным (см. табл. 1). Этот показатель, а также значения отношений Fe_2O_3/MnO, V/Ni указывают на то, что бассейн ПТ характеризовался более окислительными условиями, т.е. господством активного кислорода в атмосфере и гидросфере (Химический состав…, 2014).

Согласно значениям отношения CaO/MgO и Sr/Br (см. табл. 1 и 2), нижнеплиоценовый бассейн характеризовался низкой минерализацией. Это согласуется и с минерализацией воды современного Каспия, которая значительно ниже (12,9 ‰), чем Мирового океана (35 ‰).

Опираясь на значения отношения Na_2O/K_2O (см. табл. 1), можно утверждать, что интенсивность химического выветривания пород источника, питающего бассейн накопления нижнеплиоценовых осадков, была существенной.

Согласно значениям отношений Th/U и V/Ti, нижнеплиоценовые осадки накапливались в мелководных условиях, причем вдали от источника сноса, особенно при накоплении ПТ (по показателям SiO_2/Al_2O_3 и Ti/Mn). Последнее справедливо, поскольку известно, что ПТ, представленная здесь абшеронской фацией, с содержанием до 80-90% кварца, сформировалась за счет поступления осадочного материала с Русской платформы, а транспортным средством являлась палео-Волга.

По показателю Mn/Ni осадки ПТ, в отличие от КТ, накапливались в лагунных условиях при относительно повышенном наличии ОВ. Этот вывод хорошо подтверждается данными пиролиза пород. Сравнение результатов пиролиза пород ПТ и КТ по площадям Абшероно-Прибалханского порога показало, что УВ потенциал пород ПТ (суммарное содержание органического углерода, TOC), выше в сравнении с породами КТ (рис.5). С полученными данными хорошо согласуется заключение М.И.Бурцева (2006), согласно которому красно-пестроцветные породы характеризуются минимальным содержанием $C_{орг.}$

По значениям отношений TiO_2/Al_2O_3 и K_2O/Al_2O_3 можно заключить о размыве и сносе в нижнеплиоценовый бассейн аридных кор выветривания.

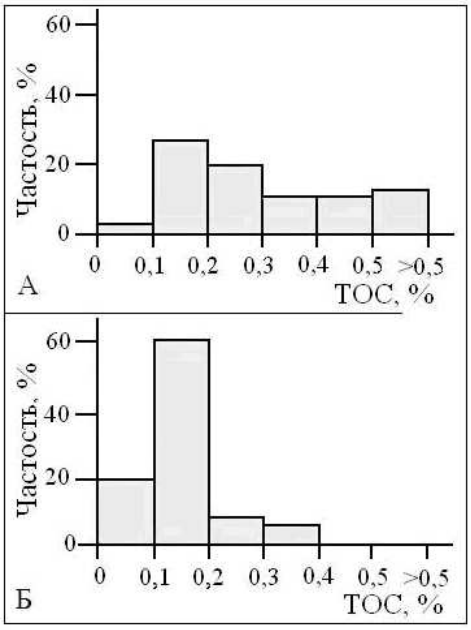


Рис. 5. Гистограммы распределения значений суммарного содержания органического углерода (TOC) в породах ПТ (А) и КТ (Б)

Заключение

На примере Абшерон-Прибалханской зоны осуществлена палеореконструкция условий седиментогенеза-диагенеза нижнеплиоценовых отложений (ПТ-КТ) с использованием широкого комплекса геохимических критериев (отноше-

ний оксидов и микроэлементов), которая позволила выявить общие и отличительные особенности их формирования (окислительно-восстановительные условия, глубоководность бассейна, дальность сноса осадков, палеоклимат в области сноса, соленость бассейна). Полученные результаты хорошо согласуются с существующими представлениями об условиях формирования нижнеплиоценовых отложений в ЮКБ. В частности, подтверждено существование неблагоприятных геохимических условий для формирования высокого углеводородного потенциала пород в нижнеплиоценовом бассейне.

Обосновывается диагенетическая природа буро-красноцветной окраски КТ.

ЛИТЕРАТУРА

БЕКБОТАЕВА, А.А., БЕКБОТАЕВ, А.Т., БАЙБАТША, А.Б. 2013. Литогенетические особенности возникновения окраски песчаников Жезказгана. В трудах международной практической конференции *Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века*, 29-32.

БУРЦЕВ, М.И. 2006. Поиски и разведка месторождений нефти и газа. Учебное пособие. Издательство Российского Университета дружбы народов. Москва. 263с.

ГАБЛИНА, И.Ф., МАЛИНОВСКИЙ, Ю.М. 2008. Периодичность меденакопления в осадочной оболочке Земли. *Литология и полезные ископаемые*, 2, 155-173.

ГАСАНОВ, Ф.Д. 2016. Микроэлементы нижнеплиоценовых отложений Южно-Каспийской впадины. Элм. Баку.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. 1978. *Тр. ВСЕГЕИ.* 295, 133с.

ИСАЕВА, А.Б. 1971. Титан и соотношение его с железом в осадках Индийского океана. *Геохимия,* 3, 310-317.

КАЗАНСКИЙ, Ю.П. 1983. Введение в теорию осадконакопления. Наука. Новосибирск. 223с.

КАТЧЕНКОВ, С.М. 1959. Малые химические элементы в осадочных породах и нефтях. Гостоптехиздат. Ленинград. 271с.

ЛУКАШЕВ, В.К. (под ред.). 1980. Геохимические показатели при изучении геологических процессов и поисках полезных ископаемых. Наука. Минск. 152с.

ЛУКАШЕВ, В.К. 1972. Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. Наука. Минск. 318с.

МАСЛОВ, А.В. 2005. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. УГГУ. Екатеринбург. 289с.

НЕСТЕРОВ, Е.М., МОРОЗОВ, Д.А., ВЕСЕЛОВА, М.А., ХАРИТОНЧУК, А.Ю. 2013. Геохимическая индикация донных отложений в теории и практике палеоэкологических исследований. *Проблемы региональной экологии,* 5, 71-75.

РЕЗНИКОВ, А.Н. 1961. Железо-марганцевый коэффициент как показатель обстановки осадконакопления. *Изв. вузов. Нефть и газ.* 1,19-22.

СКЛЯРОВ, Е.В. (под ред.). 2001. Интерпретация геохимических данных. Интермет Инжиниринг. Москва. 288с.

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД. 2011. Справочник по геологии. *GEOLIB.NET. http://www.geolib.net/lithology/sostav-i-stroenie-osadochnyh-porod.html*

СТРАХОВ, Н.М. 1962. Основы теории литогенеза. Т. 2. Изд. АН СССР. Москва. 267с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД. 2014. Лекциопедия, 3, 13. *http://lektsiopedia.org/lek-13262.html*

ЮДОВИЧ, Я.Э., КЕТРИС, М.П. 2000. Основы литогеохимии. Наука. Санкт-Петербург. 479с.

ЮДОВИЧ, Я.Э., КЕТРИС, М.П. 2011. Геохимические индикаторы литогенеза (Литологическая геохимия). Геопринт. Сыктывкар. 742с.

BJORLYKKE, K., DYPVIK, H., FINSTAD, K.G. 1975. The Kimmeridge Shale, its composition and radioactivity. In: *Jurassic Northern North Sea Symposium.* 12, 20p.

FICHTER, L.S., FARMER, G.T., CLAY, J.S. 1991. Earth materials and earth processes. *Macmillan publishing company. 301.*

GREEN, J. 1953; 1959. Geochemical table of the elements. *Bull. Geol. Soc. of America.* 64(9); 70.

McBRIDE, E.F. 1974. Significance of color in red, green, purple, olive, brown, and gray beds of Difunta group, Northeastern Mexico. *Journal of Sedimentary Research.* 44, 649-654.

PRODUCTIVE AND RED SERIES SEDIMENTARY SEQUENCES of the Caspian Sea offshore Azerbaijan and Turkmenistan with biofacies/chemstrat correlation. *1998. GIA-GeochemGroup Report.* 97/1529/001/003/004/01, 2.

ROSER, B.P., KORSCH, R.J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and K_2O/Na_2O ratio. *J. Geol.* 94, 635-650.

WINKLER, E.M. 1997. Stone in architecture: properties, durability. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. New York.131p.

Рецензент: академик П.З.Мамедов

© А.Ф.Ширинова, М.И.Чирагов, К.Г.Рагимов, Р.Г.Аскеров, 2016

ИЗОМОРФИЗМ В ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИРОКСЕНАХ

А.Ф.Ширинова, М.И.Чирагов, К.Г.Рагимов, Р.Г.Аскеров

Бакинский Государственный Университет
AZ1148, Баку, ул. З.Халилова, 23
afashf@rambler.ru

Исследование структур одних из основных породообразующих минералов – пироксенов и их разновидностей позволило обосновать природу их структурно-типоморфных форм. Уточнена классификация пироксенов по металлическим катионам, расположенным в позиции М2. На основе стабильного химического состава пироксенов и их синтетических аналогов изучено взаимодействие компонентов в двойных и тройных системах и определена природа изо- и гетеровалентных изоморфных замещений. Установлено, что в процессе изоморфных замещений изменение концентрации компонентов направлено на обеспечение электронейтральности структуры. Впервые по химическим составам структурно-типоморфных форм пироксенов обоснованы кристаллохимические особенности смешанных структур.

В последние годы при моделировании процессов минералообразования, прогнозировании и направленном синтезе новых минералов существенное значение имеет изучение структурно-типоморфных форм определенных групп минералов. Впервые структурно-типоморфные формы минералов группы меллилита, кальциевых-редкоземельных силикатов, эпидота, везувиана и турмалина были подробно изучены в работах (Чирагов**,** 2002; Ширинова и др., 2015; Shirinova, Chiragov, 2015).

Подобное комплексное кристаллохимическое исследование структур не проведено для наиболее распространенных породообразующих минералов – пироксенов. Однако в работе (Чухров, 1981) на основе проведенных исследований даются их основные геолого-минералогические характеристики. С усовершенствованием методов рентгеноструктурного анализа появилась возможность более точного определения кристаллических структур пироксенов и их синтетических аналогов. Целью настоящей работы является обобщение результатов собственных и литературных исследований, выяснение природы изоморфной смесимости крупных и мелких металлических катионов в структурах пироксенов. Это необходимо для решения многих вопросов кристаллохимии, минералогии, геохимии, петрологии и химии неорганических систем.

Известно, что в структурах пироксенов металлические катионы располагаются в двух различных кристаллографических позициях – М1 и М2. В позиции М1 октаэдры металлических катионов образуют колонки, которые, двусторонне связываясь с тетраэдрическими цепочками Si_2O_6, создают структурный блок с составом $|(M1)_2Si_2O_6|^{4-}$ и периодом с ≈ 5,25Å. В результате конденсации двух структурных блоков формируются структуры моноклинных, а четырех – ромбических пироксенов. Образуется смешанный каркас, в пустотах которого атомы, расположенные в позиции М2, координируются от шести до восьми мостиковыми кислородами в моноклинных и шестью кислородами в ромбических пироксенах (Shirinova, Chiragov, 2015; Ширинова, Чирагов, 2011). Пироксены характеризуются общей формулой М2 $M1|T_2O_6|$, где M1=Mg, Fe^{2+}, Al, Fe^{3+}, Mn, Ni, Cr, Ti, Ga, In, Sc, Zn… , M2= Ca, Na, K, Li, Fe^{2+}, Mg, Mn, Ni… , T= Si, Al.

При уточнении классификации пироксенов (Чухров, 1981) были учтены концентрации катионов, расположенных в позиции М2, и выделены разновидности. Для моноклинных пироксенов: щелочноземельные – кальциевые; щелочноземельные – щелочные, т.е. кальций-натриевые; щелочные – натриевые и литиевые; кальций-железистые – магнезиальные. Для ромбических пироксенов характерны только магнежелезистые разновидности.

В лабораторных условиях изучены неорганические системы, где начальными и конечными компонентами являются минералы и их синтетические аналоги со структурными типами пироксенов. Установлено, что металлические катионы, расположенные в позициях М1 и М2, в широком масштабе образуют твердые растворы (Nestola et al., 2008; Tribaudino et al., 2008). Для каждой структурно-типоморфной формы, учитывая позиции катионов, определены составные

части минерального вида (в % соотношениях) и обозначены латинскими буквами.

В щелочноземельных, или кальциевых пироксенах, в позиции M2 располагаются только атомы кальция, а металлические катионы, расположенные в позиции M1, образуют твердые растворы с общей формулой $Ca(M1_nM1_{1-n})Si_2O_6$.

В системе $CaMgSi_2O_6$ (диопсид) – $CaFeSi_2O_6$ (геденбергит) (Zhang et al., 1997) при замещении атомов магния железом образуются твердые растворы с составом $Ca(Mg_nFe_{1-n})Si_2O_6$, область существования фаз: $1 \geq n \geq 0$. С увеличением концентрации железа увеличивается геденбергитовая составляющая (Raudsepp, 1990; Redhammer, 1998).

В системе $CaMgSi_2O_6$ – $CaNiSi_2O_6$, при взаимодействии компонентов магний замещается никелем и образуются три фазы, где n= 0,78; 0,55; 0,26 (Raudsepp et al., 1990). Но состав конечной фазы $CaNiSi_2O_6$ (Nestola et al., 2006; 2005) показывает, что атомы магния и никеля, вероятно, в широком масштабе образуют твердые растворы.

В системе $CaFeSi_2O_6$ (геденбергит) – $CaZnSi_2O_6$ (петедуннит) (Heuer et al., 2005) взаимодействие компонентов при температуре 825-1200°C и 0,5-2,5 ГПа приводит к замещению Fe→Zn и образованию твердого раствора, в котором концентрация кальция составляет 1,02-0,98, и соответственно содержание железа или цинка незначительно уменьшается или увеличивается.

В позиции M1 гетеровалентное замещение Mg^{2+} на Al^{3+} сопровождается замещением $Si^{4+} \rightarrow Al^{3+}$ в тетраэдрической позиции, в результате образуются следующие фазы (Tribaudino, 1996):

$Ca(Mg_{0.7}Al_{0.3})(Si_{0.85}Al_{0.15})_2O_6$ Di70 Es30;

$Ca(Mg_{0.5}Al_{0.5})(Si_{0.75}Al_{0.25})_2O_6$ Di50 Es50.

В M1 и тетраэдрической позициях три компонента в различных концентрациях, взаимозамещаясь (Masato et al., 1997), образуют структуры типа авгита:

$Ca(Mg_{0.55}Fe_{0.34}Al_{0.11})(Si_{0.77}Al_{0.17}Fe_{0.06})_2O_6$ Di55 Hd45.

В структурном типе геденбергита в позиции M1 атомы железа в различных концентрациях замещаются атомами марганца и цинка – $(Fe_{0.68}Mn_{0.32})$; $(Fe_{0.79}Zn_{0.21})$ (Heuer et al., 2005) и $(Fe_{0.67}Fe^{3+}{}_{0.17}Mn_{0.16})$ (Yi et al., 2015). Синтетическая фаза $CaCuGe_2O_6$ (Behruzi, 1986) изоструктурна структуре диопсида, т.е. Mg^{2+} замещается Cu^{2+}.

В структурах типа диопсида в позиции M1 при замещении атомов $Mg^{2+} \rightarrow Fe^{2+}$ образуются твердые растворы. А если в позиции M1 $Mg^{2+} \rightarrow Fe^{3+} \rightarrow Al^{3+}$ гетеровалентно замещаются, тогда в тетраэдрической позиции с замещением атомов $Si^{4+} \rightarrow Fe^{3+} \rightarrow Al^{3+}$ твердые растворы не образуются (Masato et al., 1997).

Таким образом, если в позиции M2 располагается только атом кальция, а в позиции M1 происходит замещение магния железом или никелем, то образуются твердые растворы. В позиции M1 замещение магния алюминием и железа цинком приводит к образованию ограниченных твердых растворов.

В щелочноземельных и щелочных (кальций и натриевых) пироксенах в позиции M2 атом кальция гетеровалентно замещается атомом натрия и четко выделяется изоморфное замещение двух типов. В первом концентрации кальция и натрия равны, а во втором атомы кальция и натрия в широких пределах образуют твердые растворы. В позиции M1 и иногда в тетраэдрической позиции катионы статистически разупорядочены.

В системе $CaZnSi_2O_6$ (петедуннит) (Satto et al., 1997) – $NaScSi_2O_6$ (джервисит) (Hawthorne, Crundy, 1973), в позиции M2 атомы присутствуют в равных концентрациях $(Ca_{0.5}Na_{0.5})$, а в позиции M1 катионы цинка и скандия образуют твердые растворы с общей формулой $(Ca_{0.5}Na_{0.5})(Sc_nZn_{1-n})Si_2O_6$ (Ohashi et al., 1996), область существования фаз – $0,75 \geq n \geq 0,10$. В позиции M2 при концентрации $Ca_{0.5}Na_{0.5}$ металлические катионы гетеровалентно замещаются $(Mg_{0.5}Cr_{0.5})$ (Tribaudino et al., 2005) и $(Fe_{0.5}{}^{2+}Fe_{0.5}{}^{3+})$ (Redhammer et al., 2000) с образованием кристаллических фаз состава:

$(Ca_{0.5}Na_{0.5})(Mg_{0.5}Cr_{0.5})Si_2O_6$ Di50 Ka50;

$(Ca_{0.5}Na_{0.5})$ $(Fe_{0.5}{}^{2+}Fe_{0.5}{}^{3+})$ Si_2O_6 Hd50 Ae50.

Таким образом, при равных концентрациях щелочноземельных и щелочных катионов происходит гетеровалентное изоморфное замещение типа $Na^+Sc^{3+} \rightarrow Ca^{2+}Zn^{2+}$, $Ca^{2+}Fe^{2+} \rightarrow Na^+Fe^{3+}$ и $Mg^{2+}Cr^{3+} \rightarrow Fe^{2+}Fe^{3+}$.

Впервые нами (Ширинова, Чирагов, 2012) в трахиандезито-базальтовой формации Газахского прогиба (Азербайджан) установлено, что в позициях M2 и M1 при замещении в одинаковых концентрациях атомов кальция натрием и магния железом образуется структура типа диопсида с составом

$(Ca_{0.8}Na_{0.2})(Mg_{0.8}Fe_{0.2})Si_2O_6$ Di80 Ae20.

В тетраэдрической ($Si_{0.94}Al_{0.06}$) и M2 позициях ($Ca_{0.94}Na_{0.06}$) замещение катионов в одинаковых концентрациях сопровождается в положении M1 замещением ($Mg_{0.96}Fe_{0.04}$); ($Mg_{0.7}Fe_{0.3}$) и ($Mg_{0.83}Co_{0.17}$).

При повышенных концентрациях атомов кальция и магния в позициях M2 и M1 соответственно в позиции M2 Ca замещается Na, а в позиции M1 Mg^{2+} замещается Ti^{3+}, также в ряде фаз в тетраэдрической позиции замещение $Si^{4+}\rightarrow Ti^{4+}$ (Dowty, Clark, 1973) приводит к образованию структуры типа диопсида (Nazzareni et al., 2004):

$(Ca_{0.87}Na_{0.13})(Mg_{0.9}Ti_{0.1})Si_2O_6$ Di87 Ka13;

$(Ca_{0.87}Na_{0.13})(Mg_{0.89}Ti_{0.11})(Si_{0.96}Ti_{0.04})_2O_6$ Di87 Ka13;

$(Ca_{0.89}Na_{0.11})(Mg_{0.85}Ti_{0.15})(Si_{0.94}Ti_{0.06})_2O_6$ Di85 Ka15.

Нами изучены (Исмаилзаде и др., 2013) структурные разновидности авгита из среднеэоценового щелочно-базальтового комплекса Талыша (Азербайджан). Установлено, что при высоких концентрациях кальция и магния они замещаются натрием и алюминием соответственно. При этом происходит гетеровалентное замещение типа $Si^{4+}\rightarrow Al^{3+}$ и образование структуры типа авгита:

$(Ca_{0.95}Na_{0.05})(Mg_{0.74}Al_{0.26})(Si_{0.77}Al_{0.23})_2O_6$ Di74 Jd26;

$(Ca_{0.76}Na_{0.24})(Mg_{0.71}Fe_{0.34}Al_{0.05})(Si_{0.87}Al_{0.13})_2O_6$ Di71 Ae29;

$(Ca_{0.8}Na_{0.2})(Mg_{0.34}Ti_{0.48}Al_{0.18})(Si_{0.62}Al_{0.31})_2O_6$ Di86 Ka24.

В системе $CaFeSi_2O_6$ (геденбергит) – $NaAlSi_2O_6$ (жадеит) (Nestola et al., 2007) взаимодействие компонентов приводит к гетеровалентному замещению типа $Ca^{2+}Fe^{2+}\rightarrow Na^{+}Al^{3+}$ и формированию смешанных структур с составом:

$(Ca_{0.47}Na_{0.53})(Fe_{0.48}Al_{0.52})Si_2O_6$ Hd47 Jd53.

Смешанные структуры также образуются замещениями $Ca^{2+}\rightarrow Na^{+}$и $Mg^{2+}\rightarrow Fe^{3+}$ и имеют состав:

$(Ca_{0.26}Na_{0.74})(Fe_{0.7}^{3+}Fe_{0.3}^{2+})Si_2O_6$ Hd29 Ae71.

Интересное гетеровалентное изоморфное замещение наблюдается в структурных разновидностях омфацита (Сафонов и др., 2004; Curtis et al., 1975; Matsumoto et al., 1975), где с изменением симметрии (C2/c→P2/n) число эквивалентных позиций катионов увеличивается. При этом в тетраэдрической позиции изоморфное замещение не наблюдается. При высокой температуре и давлении в трехкомпонентной системе $CaMgSi_2O_6$ (диопсид) – $CaFeSi_2O_6$ (геденбергит) – $NaAlSi_2O_6$ (жадеит) при различных концентрациях компонентов образуются структурно-типоморфные формы омфацита двух типов: магнезиально-алюминиевые и железисто-алюминиевые. В первой форме в позиции M1 в незначительном количестве железо изоморфно замещают атомы магния и алюминия, а во второй форме магний отсутствует. Структурно-типоморфные формы имеют следующие химические составы:

Mg-Al форма

$(Ca_{0.72}Na_{0.28})(Ca_{0.31}Na_{0.69})(Mg_{0.81}Fe_{0.19})(Al_{0.87}Fe_{0.13})(Si_2O_6)_2$ Di72 Ae28; Di87 Ae13

Fe-Al форма

$(Ca_{0.7}Na_{0.3})(Ca_{0.28}Na_{0.72})(Fe_{0.78}Al_{0.22})(Fe_{0.17}Al_{0.83})(Si_2O_6)_2$ Hd70 Jd30; Hd28 Gd72.

Таким образом, в системе в зависимости от концентрации компонентов образуются смешанные структуры с диопсид-эгириновой и геденбергит-жадеитовой составляющей.

Следует отметить, что когда в позиции M2 атомы кальция и натрия находятся в одинаковых концентрациях, то Sc^{3+} и Zn^{2+} в позиции M1 образуют твердые растворы. А если атомы натрия и кальция в позиции M2 образуют твердые растворы, тогда в позиции M1 $Mg^{2+}\rightarrow Ti^{3+}\rightarrow Al^{3+}$ ограниченно взаимозамещаются.

В щелочных (натрий-литиевых) пироксенах в позиции M2 располагается только атом натрия. В системе $NaFeSi_2O_6$ (эгирин) – $NaAlSi_2O_6$ (жадеит) (Posner et al., 2014) при замещении $Fe^{3+}\rightarrow Al^{3+}$ при высоких концентрациях атомов железа формируется структурно-типоморфная форма с составом:

$Na(Fe_{0.74}Al_{0.26})Si_2O_6$ Ae74 Jd26.

В системе $NaInSi_2O_6$ (Ohashi et al., 1990) – $NaScSi_2O_6$ (джервисит), атомы индия и скандия образуют твердые растворы с общим составом Na $(In_nSc_{1-n})Si_2O_6$, где $1\geq n\geq 0$, со структурным типом жадеита.

В системе $NaGaSi_2O_6$ – $LiGaSi_2O_6$ (Redhammer et al., 2004; 2005; Nestola et al., 2008) образуются фазы, где в позиции M1 располагается только атом галия, а щелочные катионы в широких пределах образуют твердые растворы с составом $(Li_nNa_{1-n})GaSi_2O_6$, область существования фаз – $1\geq n\geq 0$.

В позициях M1 и M2 при замещении в равных концентрациях $Na^{+}\rightarrow In^{3+}$ образуется синтетическая фаза с составом $(Na_{0.5}In_{0.5})(Na_{0.5}In_{0.5})Si_2O_6$ (Hawthorne, Crundy, 1974).

Известны синтетические минералы, которые изоструктурны с эгирином и жадеитом, с составом $NaVSi_2O_6$ (Ohashi et al., 1994), $LiVSi_2O_6$ (Satto et al., 1997). Также существуют фазы, где в позициях M1 и M2 располагается атом натрия, а в тетраэдрической позиции происходит замещение $Si^{4+}\rightarrow V^{5+}$и образуется фаза со структурным типом диопсида с составом $Na_2V_2O_6$ (Merimo et al., 1974).

Согласно вышесказанному, если в позиции M2 располагается только атом натрия, тогда в позиции M1 атомы скандия и индия образуют твердые растворы. А если в позиции M1 располагается только атом галлия, тогда в позиции M2 атомы лития и натрия образуют твердые растворы.

Щелочноземельные, магнезиальные и железистые пироксены. В структурах синтетических геденбергитов в позиции M1 располагается только атом железа, а в позиции M2 при замещении кальция железом образуются ограниченные твердые растворы с общим составом $(Ca_nFe_{1-n})FeSi_2O_6$, где область существования фаз: $0,7 \geq n \geq 0,3$ (Nestola et al., 2007).

В структурно-типоморфных формах пироксенов по концентрациям атомов кальция, расположенным в позиции M2, выделяются три разновидности: с очень низкой концентрацией (0,03-0,04); низкой (0,01-0,18) и высокой (0,74-0,80). В первом случае в позиции M1 атомы магния и железа находятся почти в равных концентрациях, а в позиции M2 содержание железа высокое. Соответственно состав минерала будет:

$(Ca_{0.03}Fe_{0.84}Mg_{0.13})(Mg_{0.52}Fe_{0.48})Si_2O_6$ Fs84 En16.

При низких концентрациях атомов кальция в M2 позиции концентрация атомов магния высокая, а в позиции M1 в концентрации атомов магния и железа наблюдаются отличия, т.е. состав структур следующий:

$(Ca_{0.17}Fe_{0.34}Mg_{0.49})(Mg_{0.89}Fe_{0.11})Si_2O_6$ En49 Pj51;

$(Ca_{0.12}Fe_{0.75}Mg_{0.13})(Mg_{0.75}Fe_{0.25})Si_2O_6$ En75 Pj25.

В позиции M2 высокая концентрация атомов кальция сопровождается повышением концентрации атомов магния в позиции M1. Образуется структура с составом

$(Ca_{0.8}Fe_{0.1}Mg_{0.1})(Mg_{0.78}Fe_{0.22})Si_2O_6$ Di80 Fs20..

Также повышение концентрации атомов кальция в позиции M2 сопровождается повышением концентрации атомов алюминия в позиции M1 и замещением $Si^{4+} \rightarrow Al^{3+}$ в тетраэдрической позиции, то есть состав структуры: $(Ca_{0.74}Fe_{0.26})(Al_{0.89}Fe_{0.08}Mg_{0.03})(Si_{0.75}Al_{0.25})_2O_6$ Es74 Fs26.

В позиции M1 располагается только атом магния, при этом в позиции M2 повышается содержание магния. При таком замещении образуется высокотемпературная фаза (Nestola et al., 2004) с составом $(Ca_{0.15}Mg_{0.85})MgSi_2O_6$ Di15 En85.

В структуре каноита $MnMgSi_2O_6$ (Arlt, Armbruster, 1997), в позиции M2 концентрация атомов марганца, а в позиции M1 атомов магния – высокая. В позиции M2 одинаковые концентрации атомов марганца и магния сопровождаются в позиции M1 увеличением концентрации атомов магния и уменьшением концентрации атомов марганца (Arlt et al., 1998; Gordon et al., 1981), например, наблюдается следующий состав структуры:

$(Ca_{0.2}Mn_{0.8})(Mg_{0.94}Mn_{0.06})Si_2O_6$ Ka80 Di20;

$(Mn_{0.74}Mg_{0.26})(Mg_{0.9}Mn_{0.1})Si_2O_6$ Ka74 En26;

$(Mn_{0.74}Mg_{0.26})(Mg_{0.84}Mn_{0.16})Si_2O_6$ Ka74 En26.

При подобном замещении симметрия структуры изменяется $C2/c \rightarrow P2_1/c$. Как видно из химических составов структурно-типоморфных форм, для атомов марганца более выгодной является позиция M2.

Итак, если в позиции M1 располагается атом железа, то в позиции M2 атомы кальция и железа образуют твердые растворы. Если в позиции M2 происходит замещение Ca → Fe →Mg, то в позиции M1 атомы магния и железа образуют твердые растворы.

В ромбических магнезиально-железистых пироксенах структурно-типоморфные формы характерны для структур типа энстатита (Carlson et al., 1998), где наблюдается изо- и гетеровалентное замещение. Впервые нами (Ширинова, Чирагов, 2011) в гипербазитах офиолитового комплекса Кяльбаджарского района (Азербайджан) установлены новые разновидности энстатита (из коллекции акад. А.Д.Исмаил-заде). В позиции M1 располагается только атом магния, в позиции M2 магний замещается железом: $(Mg_{0.8}Fe_{0.2})MgSi_2O_6$. Подобное замещение наблюдается и в структуре Cu- равновидности энстатита – $(Mg_{0.44}Cu_{0.56})MgSi_2O_6$ (Tachi et al., 1997).

В системе $Mg_2Si_2O_6$ (энстатит) – $Fe_2Si_2O_6$ (ферросилит) формируются фазы, в которых концентрации атомов железа в позиции M2, а атомов магния в позиции M1 высокие (Domeneghetti et al., 1996), т.е. структура имеет вид:

$(Mg_{0.27}Fe_{0.73})(Mg_{0.9}Fe_{0.1})Si_2O_6$ Fs73 En27;

$(Mg_{0.4}Fe_{0.6})(Mg_{0.76}Fe_{0.24})Si_2O_6$ Fs60 En40.

По концентрациям магния и железа можно предположить, что в указанной системе образуются твердые растворы.

В системе $Mg_2Si_2O_6$– $LiScSi_2O_6$ установлено, что в катионной позиции наблюдается гетеровалентное изоморфное замещение типа $2Mg^{2+} \rightarrow Li^+Sc^{3+}$ (Yang et al., 2004). В позиции M2 магний замещается литием, а в позиции M1 магний в той же концентрации замещается скандием и образуются частичные твердые растворы:

$(Mg_{0.68}Li_{0.20}Co_{0.12})(Mg_{0.72}Sc_{0.2}Co_{0.08})Si_2O_6$ En80 LiSc20;
$(Mg_{0.77}Li_{0.23})(Mg_{0.77}Sc_{0.23})Si_2O_6$ En 77 LiSc23;
$(Mg_{0.48}Li_{0.52})(Mg_{0.48}Sc_{0.52})Si_2O_6$ En48 LiSc52.

Если в системе присутствует алюминий, то в зависимости от концентрации он распределяется в M1 и тетраэдрической позициях, т.е. образуется структура с составом:

$(Mg_{0.69}Fe_{0.31})(Mg_{0.7}Al_{0.21}Fe_{0.09})Si_2O_6$ En70 FeAl30;
$(Mg_{0.63}Fe_{0.37})(Mg_{0.76}Al_{0.20}Fe_{0.04})(Si_{0.88}Al_{0.12})_2O_6$
En63 FeMg37.

Кристаллохимические особенности смешанных структур хорошо демонстрируются в структурах синтетических минералов (Tsukimura et al., 1990), где в позициях M1 и M2 атомы (Ni, Co и Zn) распределяются в разных концентрациях, т.е. в виде: $(Co_{0.39}Ni_{0.14}Zn_{0.47})(Co_{0.27}Ni_{0.53}Zn_{0.2})Si_2O_6$; состав смешанных структур – $(Co_{0.39}Ni_{0.14})Ni_{53}SiO_3$ и $Zn_{0.47}(Co_{0.27}Zn_{0.2})$ SiO_3. Следует отметить, что при этом для всех типов изоморфного замещения металлических катионов соблюдается электронейтральность структуры.

Выявлено, что в структурах ромбических пироксенов изоморфное замещение наиболее распространено в структуре энстатита, где в позициях M1 и M2 атомы магния и железа образуют твердые растворы. Также в структурах пироксенов атомы магния и железа изоморфно замещаются в широких пределах атомами переходных элементов. Впервые в структурно-типоморфных формах пироксенов в зависимости от концентрации компонентов установлены смешанные структуры, и для них определены процентные количества минеральных составляющих.

Если сопоставить структурно-типоморфные формы моноклинных и ромбических пироксенов, можно установить, что в природе и в лабораторных условиях в моноклинных пироксенах в случае наличия металлических катионов в больших пределах происходит изо- и гетеровалентное изоморфное замещение. Вероятно, это связано с кристаллохимическим (структурным) и термодинамическим (T, P, концентрация) факторами. В структурах моноклинных пироксенов катионы, расположенные в позиции M2, координируются разными количествами мостиковых кислородов, у которых в тетраэдрической цепочке угол Si–O–Si' = 136,63°,т.е. радикал Si-O – более прямолинейный. Это показывает, что пироксен высокотемпературный и является продуктом начальной кристаллизации магмы (Ширинова, Чирагов**,** 2012). В структуре ромбических пироксенов цепочки Si_2O_6 расположены в двух различных эквивалентных позициях, где угол $Si_1–O_6–Si_1'$=127,49°; $Si_2–O_5–Si_2'$ =133° (Ширинова, Чирагов, 2011), т.е. радикал Si-O деформированный и пироксен относительно низкотемпературный.

Таким образом, выявленные кристаллохимические особенности структурно-типоморфных форм пироксенов могут быть использованы при диагностике разновидностей пироксенов, определении примесей, уточнении условий образования минералов, направленном синтезе веществ с заданными свойствами и в качестве геодинамических (палеотектонических) индикаторов.

ЛИТЕРАТУРА

ИСМАИЛЗАДЕ, А.Д., ШИРИНОВА, А.Ф., ЧИРАГОВ, М.И. и др. 2013. Кристаллическая структура разновидности авгита из среднеэоценового щелочно-базальтоидного комплекса Талыша (Азербайджан). *Доклады НАНА*. 1, 57-64.

САФОНОВ, О.Г., ЛИТВИН, Ю.А., ПЕРЧУК, Л.Л. 2004. Синтез омфацитов и особенности изоморфизма в клинопироксенах системы $CaMgSi_2O_6$ – NaAlSi2O6 – $KAlSi_2O_6$. *Петрология.* Т.12, 1, 84-97.

ЧИРАГОВ, М.И. 2002. Сравнительная кристаллохимия кальциевых и редкоземельных силикатов. Чашыоглы. Баку. 360с.

ЧУХРОВ, Ф.В. (под ред.).1981. Минералы (справочник). Т. III, вып.2. Недра. Москва. 614с.

ШИРИНОВА, А.Ф., ЧИРАГОВ, М.И. и др. 2011. Кристаллическая структура новой разновидности ортопироксена из гипербазитов офиолитового пояса Малого Кавказа (Азербайджан). *Изв. НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 2, 13-18.

ШИРИНОВА, А.Ф., ЧИРАГОВ, М.И. и др. 2012. Уточнение кристаллической структуры диопсида из Газахского прогиба (Азербайджан). *Кристаллография,* 57, 4, 599-602.

ŞİRİNOVA, A.F., ÇIRAQOV, M.İ. 2015. Turmalin tip quruluşlarda izomorfizm. *BDU Xəbərləri*. 2, 103-107.

ARLT, T., ANGEL, R.J., MILETICH, R., ARMBRUSTER, T., PETERS, T. 1998. High-pressure $P2_1/c$-C2/c phase transitions in clinopyroxenes: Influence of cation size and electronic structure. *American Mineralogist*. 83, 1176-1181.

ARLT, T., ARMBRUSTER, T. 1997. The temperature-dependent $P2_1/c$-C2/c phase transition in the clinopyroxene kanoite $MnMg[Si_2O_6]$; a single-crystal X-ray and optical study. *Eur. J. Mineral.* 9, 953-964 .

BEHRUZI, M., BREUER, K.-H., EYSEL, W. 1986. Copper (II) silicates and germanates with chain structures $CaCuGe_2O_6$, a strongly deformed pyroxene. *Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials*, 176, 3-4, 205-217.

CARLSON, W.D., SWINNEA, J.S., MISER, D.E. 1998. Stabilizy of orthoenstatite at high temperature and low pressure. *Amer. Mineral.* 73, 1255-1263.

CURTIS, L., GITTINS, J., KOCMAN, V., RUCKLIDGE, J.C., HAWTHORNE, F.C., FERGUSON, R.B. 1975. Two crystal structure refinements of a P2/n titanian ferro-omphacite. *The Canadian Mineralogist*. 13, 62-67.

DOMENEGHETTI, M.C., TAZZOLI, I.V., TIZIANA, B.B., MOLIN, G.M. 1996. Orthopyroxene from the Serra de Mage meteorite: A structure-refinement procedure for a Pbca phase coexisting with a C2/c exsolved phase. *American Mineralogist*. 81, 842-846.

DOWTY, E., CLARK, J.R. 1973. Crystal structure refinement and optical properties of a Ti^{3+} fassaite from the Allende meteorite. *American Mineralogist*. 58, 230-242.

GORDON, W.A., DONALD, R., PEACOR, P.E., BROWN, E.J. et al. 1981. Exsolution relationships in a clinopyroxene of average composition $Ca_{0,43}Mn_{0,69}$ $Mg_{0,82}Si_2O_6$: X-ray diffraction and analytical electron microscopy. *American Mineralogist*. 66, 127-141.

HAWTHORNE, F.C., CRUNDY, H.D. 1973. Refinement of the Crystal structure of $NaScSi_2O_6$. *Acta Cryst.* 29, 2615-2616.

HAWTHORNE, F.C., CRUNDY, H.D. 1974. Refinement of the Crystal structure of $NaZnSi_2O_6$. *Acta Cryst*. 30, 1882-1884.

HEUER, M., HUBER, A.L., BROMILEY, G.D. et al. 2005. Characterization of synthetic hedenbergite ($CaFeSi_2O_6$) – petedunnite ($CaZnSi_2O_6$) solid solution series by X-ray single crystal diffraction. *Phys Chem Minerals*. 32, 552-563.

MASATO, O., FUMIYUKI, M., HARUO, S., MASATOSHI, U., NOBUO, I. 1997. Site confirmation of Fe^{3+} in a synthetic ferrian aluminian diopside with an application of X-ray anomalous dispersion. *Mineralogical Journal.* 19, 4, 165-172.

MATSUMOTO, T., TOKONAMI, M., MORIMOTO, N. 1975. The crystal structure of omphacite. *American Mineralogist*. 60, 634-641.

MERIMO, F., ISOTE, M. et al. 1974. A-form of sodium Metavanadate. *Acta Cryst*. 30, 1628-1630.

NAZZARENI, S., MOLIN, G., SKOGBY, H., NEGRO, A. 2004. Crystal chemistry of Ti^{3+}-Ti^{4+}-bearing synthetic diopsides. *Eur J. Mineral*. 16, 443-449.

NESTOLA, F, TRIBAUDINO, M., BALLARAN, T.B. 2004. High pressure behavior, transformation and crystal structure of synthetic iron-free pigeonite. *American Mineralogist*. 89, 189-196.

NESTOLA, F. et al. 2008. The high-pressure $C_{2/c}$ – $P_{21/c}$ phase transition along the $LiAlSi_2O_6$ – $LiGaSi_2O_6$ solid solution. *Physics and Chemistry of Minerals*. 35, 477-484.

NESTOLA, F., TRIBAUDINO, M., BALLARAN, T.B., LIEBSKE, C., BRUNO, M. 2007. The crystal structure of pyroxenes along the jadeite-hedenbergite and jadeite-aegirine joins. *American Mineralogist*. 92, 1492-1501.

NESTOLA, F., BALLAREN, T.B. et al. 2006. High pressure behavior along the jadeite $NaAlSi_2O_6$ – aegirine $NaFeSi_2O_6$ solid solution up to 10 GPa. *Phys. Chemistr. of Miner*. 33(6), 417-425.

NESTOLA, F., BALLAREN, T.B., TRIBAUDINO, M., OHASHI, H. 2005. Compressional behavior of $CaNiSi_2O_6$ clinopyroxene: bulk modulus systematic and cation type in clinopyroxenes. *Phys. Chemistr. of Miner*. 32 (3), 222-227.

OHASHI, H., OSAWA, T., SATO, A. 1990. Structures of $Na(In,Sc)Si_2O_6$ clinopyroxenes formed at 6 GPa pressure. *Acta Cryst.* 46, 742-747.

OHASHI, H., OSAWA, T., SATO, A. 1994. $NaVSi_2O_6$. *Acta Crystallography*. C-50, 1652-1655

OHASHI, H., OSAWA, T., SATO, A., TSIKIMURA, K. 1996. Crystal structures of $(Na,Ca)(Sc,Zn)Si_2O_6$ clinopyroxenes formed at 6GPa pressure. J.*Min.Petr.Econ.Geol*. 91, 21-27.

POSNER, E.S., DERA, P., DOWNS, R.T., LAZARZ, J.D., IRMEN, P. 2014. High-pressure single-crystal x-ray diffraction study of jadeite and kosmochlor. *Physics Chem. Miner*. 41, 695-707.

RAUDSEPP, M., HAWTHORNE, F.G., TURNOCK, A.C. 1990. Evolution of the Rietveld method for the characterization of fine-grained products of mineral synthesis the diopside-hedenbergite. *Jour. Canad. Mineral*. 28, 93-109.

RAUDSEPP, M., HAWTHORNE, F.G., TURNOCK, A.C. 1990. Crystal chemistry of synthetic pyroxenes on the join $CaNiSi_2O_6$ -$CaMgSi_2O_6$ (diopside); a Rietveld structure refinement study. *American Mineralogist.* 75, 1274-1281.

REDHAMMER, G.J. 1998. Moessbauer spectroscopy and Rietveld refinement on synthetic ferri-Tschermak's molecule CaFe (super 3(Fe (super 3+) Si)O $_6$ substituted diopside. *Eur. J. Mineral*. 10, 439-452.

REDHAMMER, G.J., AMTHAUER, G., LOTTERMOSER, W., TREUTMANN, W. 2000 Synthesis and structural properties of clinopyroxenes of the hedenbergite $CaFe^2+Si_2O_6$ – aegirine $NaFe^3+Si_2O_6$ solid-solution series. *Eur. J. Mineral*. 12, 105-120.

REDHAMMER, G.J., ROTH, G. 2004. Structural variation and crystal chemistry of $LiMe^{3+}$ clinopyroxenes, M^{3+}=Al, Ga, Cr, V, Sc and In. *Z.Kristal*. 219, 278-294.

REDHAMMER, G.J., ROTH, G. 2005. A comparison of the clinopyroxene compounds $CaZnSi_2O_6$ and $CaZnGe_2O_6$. *Acta Cryst.* C-61, 20-22.

SATTO, S., MILLET, P., GALY, J. 1997 Litium Vanadium Metasilicate, $LiVSi_2O_6$. *Acta Crystallography*. C-53, 1727-1728.

SHIRINOVA, A.F., CHIRAGOV, M.I. 2015. Izomorphizm in the structures of vesuvianite and minerals epidote group. Materials of the X International research and practice conference. Munich. Germany. 1, 257-260.

TACHI, T., HORIUCHI, H., NAGASAWA, H. 1997. Structure of Cu-bearing orthopyroxene, $Mg(Cu_{0,56}Mg_{0,44})Si_2O_6$ and behavior of Cu^{2+} in the orthopyroxene structure. *Phys. Chem. Minerals.* 24, 463-476.

TRIBAUDINO, M. 1996. High-temperature crystal chemistry of C2/c clinopyroxenes along the join $CaMgSi_2O_6$ - $CaAl_2SiO_6$. *Euro. J. Mineral.* 8, 273-279.

TRIBAUDINO, M. et al. 2008. Thermal expansion along the $NaAlSi_2O_6$ – $CaFe_2+Si_2O_6$ solid solutions. *Physics and Chemistry of Minerals*. 35, 241-248.

TRIBAUDINO, M., NESTOLA, F., OHASHI, H. 2005. High temperature single crystal investigation in a clinopyroxene of composition $(Na_{0.5}Ca_{0.5})(Cr_{0.5}Mg_{0.5})Si_2O_6$. *European Journal of Mineralogy.* 17, 2, 297-304.

TSUKIMURA, K., SASAKI, S., OHASHI, H. 1990. Determination of ternary-system cation distribution in $(Co,Ni,Zn)SiO_3$ pyroxene employing two-wavelength anomalous dispersion with synchrotron radiation. *Acta Crystallography*. B-46, 493-497.

YI, H., DERA, P., ZHURAVLEV, K. 2015. Single-crystal diffraction and Raman spectroscopy of hedenbergite up to 33 GPa. *Physics and Chemistry of Minerals*. 42, 7, 595-608.

ZHANG, L., AHSBAHS, H., HAFNER, S.S., KUTOGLU, A. 1997. Single-crystal compression and crystal structure of clinopyroxene up to 10GPa. *American Mineralogist.* 82, 245-258.

Рецензент: к.х.н. А.М.Агаев

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© Q.İ.Calalov, B.X.Feyzullayev, 2016

QAZ-KONDENSAT QARIŞIĞININ LAYDA SÜZÜLMƏSİ ZAMANI YARANAN TERMODİNAMİK EFFEKTLƏRİN TEMPERATUR SAHƏSİNƏ TƏSİRİ HAQQINDA

Q.İ.Calalov, B.X.Feyzullayev

Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu
Az1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 119

Məqalədə keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircinsliliyi ilə səciyyələnən layda qaz-kondensat qarışığının quyuya qərarlaşmamış fəza süzülməsi şəraitində yaranan termodinamiki effektlərin termohidrodinamik sahələrin paylanmasına təsiri məsələsi həll edilmişdir. Uyğun alqoritm və ədədi həll üsulu təklif edilmiş və proqram paketi yaradılaraq çoxsaylı riyazi eksperimentlər aparılmışdır. Flüidin süzülməsi zamanı yaranan termodinamik effektin prosesə təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr quyu məlumatlarının etibarlılığının və dəqiqliyinin artırılması üçün istifadə oluna bilər.

Neft və qaz yataqlarının işlənilməsi zamanı flüidlərin süzülməsi prosesi termodinamiki effektlərin yaranması səbəbindən qeyri-izotermik xarakter daşıyır. Bu nöqteyi-nəzərdən lay temperaturunun dəyişməsinin öyrənilməsinə maraq, hər şeydən əvvəl, quyu termometriyası ilə əlaqədardır.

Termodinamik effektlər hesabına flüidlərin temperaturunun cüzi dəyişməsinin müasir quyu termometrləri ilə qeydə alınması quyu və lay sistemi ilə əlaqədar olan bir sıra diaqnostik-praktiki məsələlərin həllinə imkan yaradır.

Çətin çıxarıla bilən ehtiyata malik yataqların işlənilməsinə nəzarət üçün bu məsələlərin tədqiqi daha aktualdır. Hazırda quyularda aparılan temperatur ölçmələri əsasında məhsuldar layları aşkarlamaq, qaz-neft kontaktının yerini, qazılan quyularda məhlulun udulma yerini, hidroyarılma zonasını və s. təyin etmək mümkündür.

Məsaməli mühitdə flüidlərin süzülməsi şəraitində termodinamik effektləri nəzərə almaqla temperatur sahəsinin təyininə və bunun əsasında layların istismar xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinə çoxlu sayda tədqiqat işləri həsr edilmişdir (Чекалюк, 1965; Развитие…, 1969; Карачинский, 1975; Вахитов и др., 1984; Алишаев и др., 1985; Абасов и др.,1993; Рамазанов, 2004; Рамазанов и Паршин, 2006; Филиппов, 2006; Филиппов и Ахметова, 2006;). Qeyd edilənlərə əsasən, demək olar ki, çoxfazalı flüidin qərarlaşmamış süzülməsi şəraitində yataqların işlənilməsi zamanı istilik-kütlə köçürülmə prosesləri ilə müşahidə edilən termodinamik effektlərin araşdırılması bir sıra praktiki məsələlərin həllində mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Məqalədə lay təzyiqi kondensatladoyma təzyiqindən aşağı olan keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins qaz-kondensat yataqlarının işlənilməsi prosesində yaranan termodinamik effektlərin lay temperaturunun dəyişməsinə təsiri məsələsi araşdırılmışdır.

Məsələnin qoyuluşu

Fərz edək ki, keçiriciliyə görə qeyri-bircins R_k radiuslu silindrikformalı kürəvi qaz-kondensat layı R_q radiuslu mərkəzi quyu $Q_q(t)$ debiti ilə istismar olunur. Layın işlənilmədən əvvəl başlanğıc təzyiqi və temperaturu uyğun olaraq p_0, T_0, kondensatla doyumu isə S_0 -dır.

Qəbul olunur ki:

- quyu açılma dərəcəsinə, xarakterinə nəzərən tamdır və kifayət qədər böyük uzunluğa malik horizontal layın tam qalınlığını əhatə edir;
- layın sərhədi, tavanı və dabanı keçirilməzdir;
- qaz və maye kondensatın süzülməsi Darsi qanununa tabedir;
- flüidin və məsaməli mühitin temperaturu layın istənilən nöqtəsində eynidir;

- layda temperatur dəyişməsinin lay və mayeni səciyyələndirən parametrlərə təsiri nəzərə alınmır;

- kondensat və qaz fazalarının özlülüyü və sıxlığı yalnız təzyiqdən asılıdır;

- layın tavan və dabanından istilik ötürülməsinin lay temperaturunun dəyişməsinə təsiri nəzərə alınmır;

- layın temperatur sahəsinə mühitin istilikkeçirmə xüsusiyyətlərinin və barotermik effektin təsiri nəzərə alınır.

Qəbul edilmiş fərziyyələr daxilində qoyulmuş məsələnin həlli aşağıdakı qeyri-xətti xüsusi törəməli diferensial tənliklər sisteminin verilmiş şərtlər daxilində həllinə gətirilir (Чекалюк, 1965; Развитие…, 1969; Карачинский, 1975; Азиз и Сеттари, 1982; Вахитов и др., 1984; Алишаев и др., 1985; Филиппов, 2006; Филиппов и Ахметова, 2006; Фейзуллаев, 2011):

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[k(r,z)\psi(p,s)r\frac{\partial p}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[k(r,z)\psi(p,s)\frac{\partial p}{\partial z}\right]=\frac{\partial\Phi(p,s)}{\partial t}\quad,\quad(1)$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[k(r,z)\varphi(p,s)r\frac{\partial p}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[k(r,z)\varphi(p,s)\frac{\partial p}{\partial z}\right]=\frac{\partial\delta(p,s)}{\partial t},\quad(2)$$

$$C^*\frac{\partial T}{\partial t}+\sum_{i=1}^{2}c_i\rho_i\vartheta_i\frac{\partial T}{\partial r}+\sum_{i=1}^{2}c_i\rho_i\vartheta_i\varepsilon_i\frac{\partial p}{\partial r}-m\sum_{i=1}^{2}s_ic_i\rho_i\eta_i\frac{\partial p}{\partial t}=$$
$$=\lambda^*\left[\frac{1}{r}(\frac{\partial}{\partial r}(r\frac{\partial T}{\partial r}))+\frac{\partial^2T}{\partial z^2}\right],\quad i=1,2\ ,\qquad(3)$$

$$p(r,z,t)\big|_{t=0}=p_0,\quad s(r,z,t)\big|_{t=0}=s_0\ ,\qquad(4)$$

$$2\pi k(r,z)\psi(p,s)r\frac{\partial p}{\partial r}\bigg|_{r=R_q}=-Q_q(t),\qquad(5)$$

$$\frac{\partial p(r,z,t)}{\partial r}\bigg|_{r=R_k}=0,\quad\frac{\partial s(r,z,t)}{\partial r}\bigg|_{r=R_k}=0\,,\qquad(6)$$

$$\frac{\partial p(r,z,t)}{\partial z}\bigg|_{z=0}=0,\qquad\frac{\partial p(r,z,t)}{\partial z}\bigg|_{z=H}=0,\qquad(7)$$

$$T(r,z,t)\big|_{t=0}=T_0,\qquad(8)$$

$$-\lambda^*\frac{\partial T}{\partial r}\bigg|_{r=R_q}=\alpha(T-T_q)\,,\quad T(r,z,t)\big|_{r=R_k}=T_0,\quad(9)$$

$$\frac{\partial T(r,z,t)}{\partial z}\bigg|_{z=0}=0,\quad\frac{\partial T(r,z,t)}{\partial z}\bigg|_{z=H}=0,\qquad(10)$$

burada (1),(2) qaz-kondensat qarışığının süzülməsinin binar modeli çərçivəsində hərəkət tənlikləri; (3) – fazalara nəzərən enerji tənlikləri;

$$\psi(p,s)=\left[\frac{F_q(s)p\beta\left[1-c(p)\bar{\gamma}(p)\right]}{\mu_q(p)z(p)p_{at}}+\frac{F_k(s)S_k(p)}{\mu_k(p)a_k(p)}\right];$$

$$\varphi(p,s)=\left[\frac{F_q(s)pc(p)\beta}{\mu_q(p)z(p)p_{at}}+\frac{F_k(s)}{\mu_k(p)a_k(p)}\right];$$

$$\Phi(p,s)=Q(p)+sN(p)\,;$$

$$N(p)=m\left[\frac{S_k(p)}{a_k(p)}-\frac{p\beta\left[1-c(p)\bar{\gamma}(p)\right]}{z(p)p_{at}}\right];$$

$$Q(p)=m\frac{p\beta\left[1-c(p)\bar{\gamma}(p)\right]}{z(p)p_{at}};$$

$$\delta(p,s)=M(p)+sB(p)\,;$$

$$B(p)=m\left[\frac{1}{a_k(p)}-\frac{p\beta c(p)}{z(p)p_{at}}\right];$$

$$M(p)=m\frac{p\beta c(p)}{z(p)p_{at}};$$

$$C^*=m\sum_{i=1}^{2}s_ic_i\rho_i+(1-m)c_l\rho_l\,;$$

$$\lambda^*=m\sum_{i=1}^{2}s_i\lambda_i+(1-m)\lambda_l\,;\quad\sum_{i=1}^{2}s_i=1;$$

$p(r,z,t)$ - təzyiq; $s(r,z,t)$ - kondensatladoyma; $T(r,z,t)$ - temperatur; $F_q(s)$ и $F_k(s)$ -uyğun olaraq qaz və maye fazanın nəzəri faza keçiriciliklər; $c(p)$ - qaz fazasında kondensatın miqdarı; $\bar{\gamma}(p)$ - normal şəraitdə kondensatın maye və qaz fazalarındakı həcmi çəkilərinin nisbəti; $S_k(p)$ - qazın mayedə həllolma miqdarı; $a_k(p)$ - maye fazanın həcmi əmsalı; m - süxurun məsaməlik əmsalı; k - süxurun mütləq keçiricilik əmsalı; t - zaman; p_{at} - atmosfer təzyiqi; β və $z(p)$ - uyğun olaraq temperatur düzəlişi və qaz fazasının sıxılma əmsalları; $\mu_q(p)$ və $\mu_k(p)$ - uyğun olaraq qaz və maye fazalarının özlülükləri; r,z - fəza koordinatları; $i=1$ - kondensata aid olunan indeks; $i=2$ - qaza aid olunan indeks; c_i - fazalara nəzərən xüsusi istilik tutumu; ε_i - Coul-

Tomson əmsalı; ϑ_i - i-ci fazanın süzülmə sürəti; ρ_i - fazaların sıxlığı; α -lay ilə quyu divarı arasında istilikötürmə intensivliyini xarakterizə edən əmsal; λ_i - i-ci fazanın istilikkeçirməsi; C^* - ümumi istilik tutumu; λ^* - ümumi istilikkeçirmə əmsalı; η_i - i-ci fazanın adiabatiklik əmsalı; ρ_l -lay süxurunun sıxlığı; t - zaman.

Məsələnin gedişatı üçün ədədi həll üsulundan istifadə etmək məqsədilə (1)-(3) tənliklər sistemini sadə çevirmələrdən sonra aşağıdakı kimi yazaq:

$$(Q'(p)+sN'(p))\frac{\partial p}{\partial t}+N(p)\frac{\partial s}{\partial t}=$$
$$=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[k(r,z)\psi(p,s)r\frac{\partial p}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[k(r,z)\psi(p,s)\frac{\partial p}{\partial z}\right], \quad (11)$$

$$\frac{N(p)}{B(p)}\cdot\left\{\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[k(r,z)\varphi(p,s)r\frac{\partial p}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[k(r,z)\varphi(p,s)\frac{\partial p}{\partial z}\right]\right\}-$$
$$-\left\{\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[k(r,z)\psi(p,s)r\frac{\partial p}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[k(r,z)\psi(p,s)\frac{\partial p}{\partial z}\right]\right\}=$$
$$=\left[\frac{N(p)}{B(p)}(M'(p)+sB'(p))-(Q'(p)+sN'(p)\right]\frac{\partial p}{\partial t}, \quad (12)$$

$$C^*\frac{\partial T}{\partial t}+\gamma(p)\frac{\partial p}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r}+\chi(p)(\frac{\partial p}{\partial r})^2-\omega(p)\frac{\partial p}{\partial t}=$$
$$=\lambda^*\left[\frac{1}{r}(\frac{\partial}{\partial r}(r\frac{\partial T}{\partial r}))+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right], \quad i=1,2, \quad (13)$$

burada

$$\gamma(p)=\sum_{i=1}^{2}c_i\rho_i\frac{kf_i}{\mu_i},$$

$$\chi(p)=\sum_{i=1}^{2}c_i\rho_i\varepsilon_i\frac{kf_i}{\mu_i}, \quad \omega(p)=m\sum_{i=1}^{2}s_ic_i\rho_i\eta_i .$$

(11) və (12) tənliklərinə qeyri-aşkar, (13) tənliyinə isə aşkar həll sxemi tətbiq etsək, aşağıdakıları alarıq (Азиз и Сеттари, 1982; Фейзуллаев, 2011):

$$\frac{N^n_{e,j}}{B^n_{e,j}}\left\{\frac{1}{r_e}\frac{1}{\Delta r_e}\left[r_{e+1}k^n_{e+1/2,j}\varphi'^{n+1}_{e+1/2,j}\frac{p^{n+1}_{e+1,j}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_{e+1/2}}-\right.\right.$$
$$-r_ek^n_{e-1/2,j}\varphi^{n+1}_{e-1/2,j}\cdot\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^{n+1}_{e-1,j}}{\Delta r_{i-1/2}}\left.\right]+\frac{1}{\Delta z_j}\left[k^n_{e,j+1/2}\varphi^{n+1}_{e,j+1/2}\frac{p^{n+1}_{e,j+1}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta z_{j+1/2}}-\right.$$
$$\left.\left.-k^n_{e,j-1/2}\varphi^{n+1}_{e,j-1/2}\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^{n+1}_{e,j-1}}{\Delta z_{j-1/2}}\right]\right\}-\left\{\frac{1}{r_e}\frac{1}{\Delta r_e}\left[r_{e+1}k^n_{e+1/2,j}\psi^{n+1}_{e+1/2,j}\frac{p^{n+1}_{e+1,j}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_{e+1/2}}-\right.\right.$$
$$-r_ek^n_{e-1/2,j}\psi^{n+1}_{e-1/2,j}\cdot\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^{n+1}_{e-1,j}}{\Delta r_{e-1/2}}\left.\right]+\frac{1}{\Delta z_j}\left[k^n_{e,j+1/2}\psi^{n+1}_{e,j+1/2}\frac{p^{n+1}_{e,j+1}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta z_{j+1/2}}-\right.$$
$$\left.\left.-k^n_{e,j-1/2}\psi^{n+1}_{e,j-1/2}\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^{n+1}_{e,j-1}}{\Delta z_{j-1/2}}\right]\right\}=$$
$$=\left[\frac{N^n_{e,j}}{B^n_{e,j}}\cdot(s^n_{e,j}\cdot B'^n_{e,j}+M^n_{e,j})-(Q'^n_{e,j}+s^n_{e,j}N'^n_{e,j})\right]\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^n_{e,j}}{\tau}, \quad (14)$$

$$\frac{s^{n+1}_{e,j}-s^n_{e,j}}{\tau}=\frac{1}{B^n_{e,j}}\left\{\frac{1}{r_e}\frac{1}{\Delta r_e}\left[r_{e+1}k^n_{e+1/2,j}\varphi'^{n+1}_{e+1/2,j}\frac{p^{n+1}_{e+1,j}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_{e+1/2}}-\right.\right.$$
$$-r_ek^n_{e-1/2,j}\varphi^{n+1}_{e-1/2,j}\cdot\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^{n+1}_{e-1,j}}{\Delta r_{e-1/2}}\left.\right]+\frac{1}{\Delta z_j}\left[k^n_{e,j+1/2}\varphi^{n+1}_{e,j+1/2}\frac{p^{n+1}_{e,j+1}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta z_{j+1/2}}-\right.$$
$$\left.\left.-k^n_{e,j-1/2}\varphi^{n+1}_{e,j-1/2}\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^{n+1}_{e,j-1}}{\Delta z_{j-1/2}}\right]-(M'^n_{e,j}+s^n_{e,j}B'^n_{e,j})\frac{p^{n+1}_{e,j}-p^n_{e,j}}{\tau}\right\}, \quad (15)$$

$$C^{*n}_{e,j}\frac{T^{n+1}_{e,j}-T^n_{e,j}}{\tau}+\gamma^n_{e,j}\frac{p^{n+1}_{e+1,j}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_e}\cdot\frac{T^{n+1}_{e+1,j}-T^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_e}+$$
$$+\chi^n_{e,j}(\frac{p^{n+1}_{e+1,j}-p^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_e})^2-\omega^n_{e,j}(\frac{p^{n+1}_{e+1,j}-p^{n+1}_{e,j}}{\tau})=$$
$$=\lambda^{*n}_{e,j}\left\{\frac{1}{r_e}\left[r_{e+1}\frac{T^{n+1}_{e+1,j}-T^{n+1}_{e,j}}{\Delta r_{e+1/2}}-r_{e-1}\frac{T^{n+1}_{e,j}-T^{n+1}_{e-1,j}}{\Delta r_{e-1/2}}\right]-\frac{T^{n+1}_{e,j+1}-2T^{n+1}_{e,j}+T^{n+1}_{e,j-1}}{\Delta z_j^2}\right\}. \quad (16)$$

(4)-(10) sərhəd və başlanğıc şərtləri isə aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$p^0_{e,j}=p_0, \quad s^0_{e,j}=s_0, \quad (17)$$

$$2\pi k^n_{e,j}\psi^n_{e,j}(p^n_{1,j}-p^n_{0,j})=-Q_q(n\tau), \quad (18)$$

$$p^n_{N_r,j}=p^n_{N_r-1,j}, \; s^n_{N_r,j}=s^n_{N_r-1,j}, \quad (19)$$

$$p^n_{e,0}=p^n_{e,1}, \; p^n_{e,N_z}=p^n_{e,N_z-1}, \quad (20)$$

$$T^0_{e,j}=T_0, \quad (21)$$

$$\lambda^{*n}_{0,j}(T^n_{1,j}-T^n_{0,j})=R_q\alpha(T^n_{e,j}-T^n_q), \quad T^n_{e,N_r}=T_0, \quad (22)$$

$$T^n_{e,0}=T^n_{e,1}, \; T^n_{e,N_z}=T^n_{e,N_z-1}, \quad (23)$$

$$\tau=\frac{t_n}{n}, \; n=1,2,3,\ldots..,N_\tau, \; r_{e+1/2}=r_e+\frac{1}{2}\Delta r_{e+1/2},$$
$$\Delta r_{e+1/2}=r_{e+1}-r_e,$$
$$\Delta r_e=\frac{1}{2}\left(\Delta r_{e+1/2}+\Delta r_{e-1/2}\right), \quad e=\overline{1,N_r};$$
$$z_{j+1/2}=z_j+\frac{1}{2}\Delta z_{j+1/2},$$
$$\Delta z_{j+1/2}=z_{j+1}-z_j,$$
$$\Delta z_j=\frac{1}{2}\left(\Delta z_{j+1/2}+\Delta z_{j-1/2}\right), \quad j=\overline{1,N_z},$$

Göstərilən alqoritm əsasında layın mütləq keçiriciliyinin $k(r,z)=k_0e^{z/H}$ qanununa tabe olduğunu qəbul edərək, aşağıda verilən ilkin məlumatlar əsasında (cədvəl) proqram tərtib edilmiş və riyazi eksperimentlər aparılmışdır.

Hesablama nəticələrinin analizi

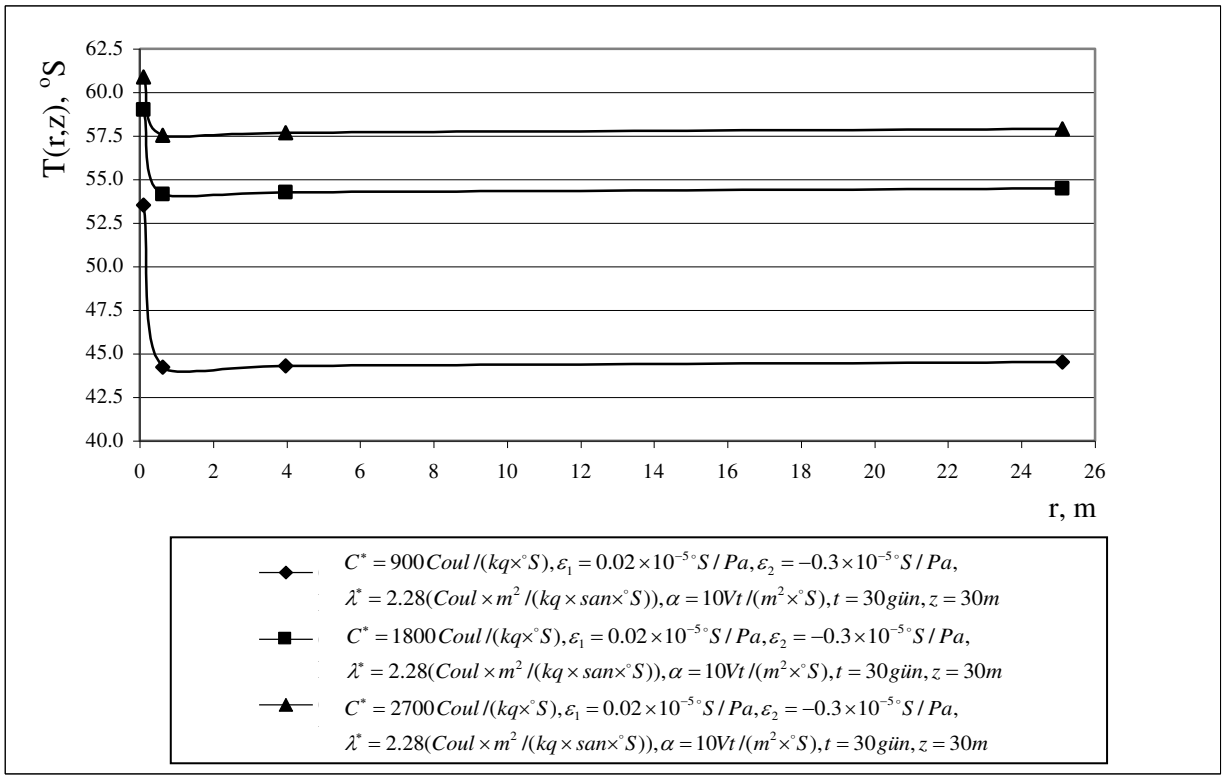
Ədədi eksperimentlərin bəzi nəticələrinin qrafiki təsviri 1-6-cı şəkillərdə vetirilmişdir. 1-ci şəkildə temperaturun məsafədən asılı olaraq dəyişməsinin ümumi istilik tutumunun müxtəlif qiymətlərində asılılıq qrafikləri əks edtirilmişdir. Qrafiklərdən göründüyü kimi, bütün variantlarda quyuətrafı zonada temperaturun kəskin azalması müşahidə edilir. Ümumi istilik tutumunun kiçik qiymətlərində isə temperatur anomaliyası daha qabarıq şəkildə müşahidə edilir ki, bu da quyuətrafı zonada kondensatladoymanın kəskin şəkildə azalması ilə əlaqədardır (2-ci şəkil). Coul-Tomson effektinin qiymətinin dəyişməsi ilə müşahidə edilən temperatur anomaliyası özünü daha çox quyuətrafı zonada biruzə verir və ε_i $(i=1,2)$ parametrlərinin qiymətləri artdıqca, temperaturlar arasındakı fərq $\varepsilon_i=0$ variantı ilə müqayisədə təqribən 1,4-2,4% təşkil edir (3-cü şəkil). İstismar prosesində temperaturun bir qiymətinə kondensatladoymanın ikili qiyməti uyğun gəlir (4-cü şəkil) və bu anomaliya Coul-Tomson effektinin müxtəlif qiymətlərində özünü müəyyən fərqlə göstərir.

Fiziki kəmiyyətlər	Ölçü vahidləri	Ədədi qiymətləri və ifadələri
1	2	3
T_0	°S	65
p_0	MPa	40
s_0		0
Q_q	m^3/gün	$1\cdot10^6$
m_0		0.2
R_k	m	1000
H	m	60
R_q	m	0.1
λ^*	Coul·m^2/(kq·san·°S)	2.28
C^*	Coul /(kq·°S)	1800
c_1	Coul /(kq·°S)	1880
c_2	Coul /(kq·°S)	3200
ε_1	°S/Pa	$0{,}02\cdot10^{-5}$
ε_2	°S/Pa	$-0{,}3\cdot10^{-5}$
η_1	°S/Pa	$0{,}03\cdot10^{-5}$
η_2	°S/Pa	$-0{,}2\cdot10^{-5}$
α	Vt/(m^2·°S)	10
k_0	m^2	$0{,}05\cdot10^{-12}$
ρ_1	kq/m^3	691.997
ρ_2	kq/m^3	230,66
ρ_l	kq/m^3	2200
$\mu_q(p)$	mPa·s	$0.0126+0.257\cdot10^{-4}p+0.1633\cdot10^{-7}p^2$
$\mu_k(p)$	mPa·s	$0.6-0.3295\cdot10^{-2}p+0.1044\cdot10^{-4}p^2-$ $-0.1558\cdot10^{-7}p^3+0.85\cdot10^{-11}p^4$

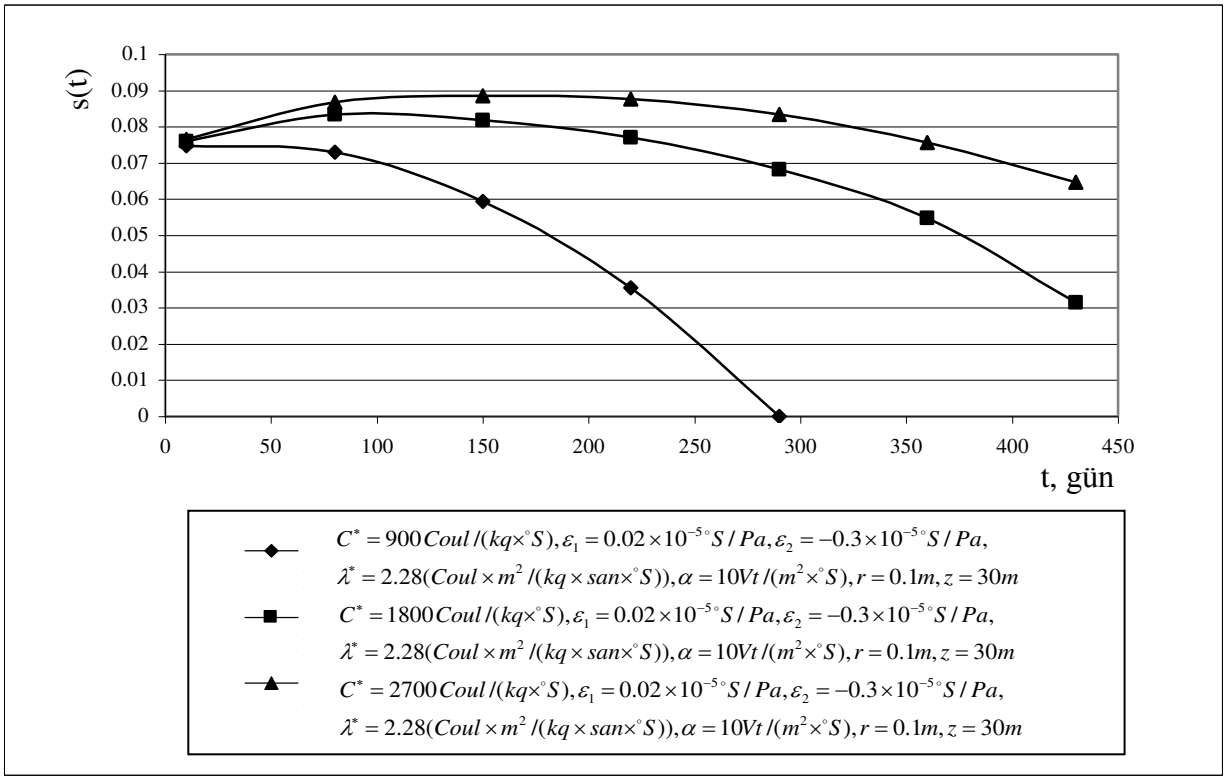
1	2	3
$z(p)$		$1.0-0.1162\cdot10^{-2}p+0.3744\cdot10^{-5}p^2-$ $-0.2965\cdot10^{-9}p^3-0.1975\cdot10^{-11}p^4$
$c(p)$	m^3/m^3	$0.637\cdot10^{-4}-0.5057\cdot10^{-6}p+0.6265\cdot10^{-8}p^2-$ $-0.1595\cdot10^{-10}p^3+0.13\cdot10^{-13}p^4$
$a_k(p)$		$1.116+0.1157\cdot10^{-2}p+0.23674\cdot10^{-6}p^2$
$S_k(p)$	m^3/m^3	$0.814286p$
$\bar{\gamma}(p)$		$194.899-0.42974\cdot10^{-1}p+0.1335\cdot10^{-4}p^2-$ $-0.6053\cdot10^{-6}p^3+0.622\cdot10^{-9}p^4$
$F_q(s)$		$-0.0396s^3+0.8978s^2-1.7303s+0.867$
$F_k(s)$		$0.8712s^2-0.0326s+0.0045$

5-ci şəkildə ümumi istilikkeçirmə əmsalının qiymətindən asılı olaraq layın çıxışında temperaturun zamandan asılılıq qrafikləri verilmişdir. İstilikkeçirmə parametrinin qiymətinin artması zamanın böyük qiymətlərində temperaturun azalmasına gətirib çıxarır. Bütün baxılan hallarda kondensatın debiti temperaturun azalması ilə azalır və layın çıxışında bu azalma istismarın $t=450$ günündə ilkin qiyməti ilə müqayisədə 20-25% təşkil edir ki, bu da quyuətrafı zonada retroqrad kondensatın çökməsi, maye sütununun yaranması və süzülməyə qarşı müqavimətin artması ilə səciyyələnir.

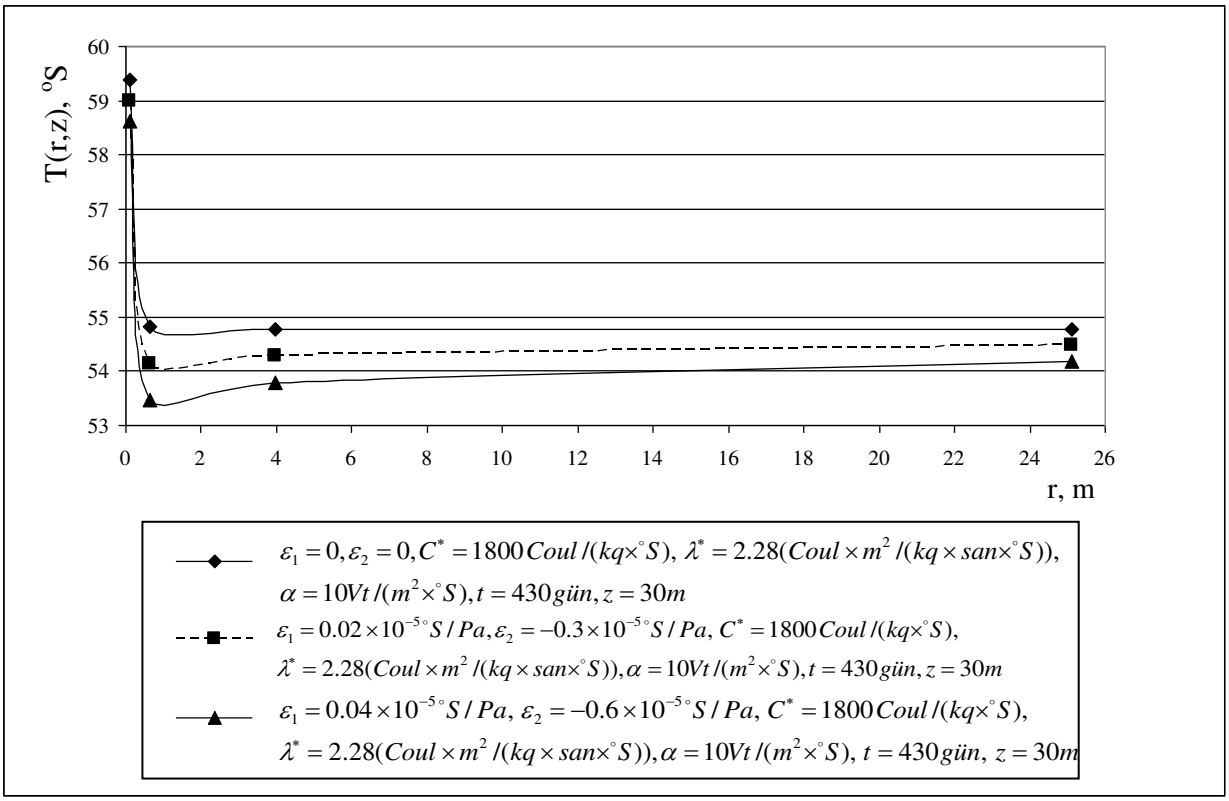
Layın çıxışında quyu ilə lay arasında istilik mübadiləsi əmsalı flüidin temperaturunun iştismar zamanından asılı olaraq düşməsini quyu ilə lay arasında istilik mübadiləsi olmadığı halla müqayisədə ləngidir (6-cı b şəkil), nəticə etibarilə quyuətrafı zonada maye kondensatın toplanması prosesi zəifləyir (6-cı a şəkil) və kondensata görə hasilatın düşmə tempi azalır.



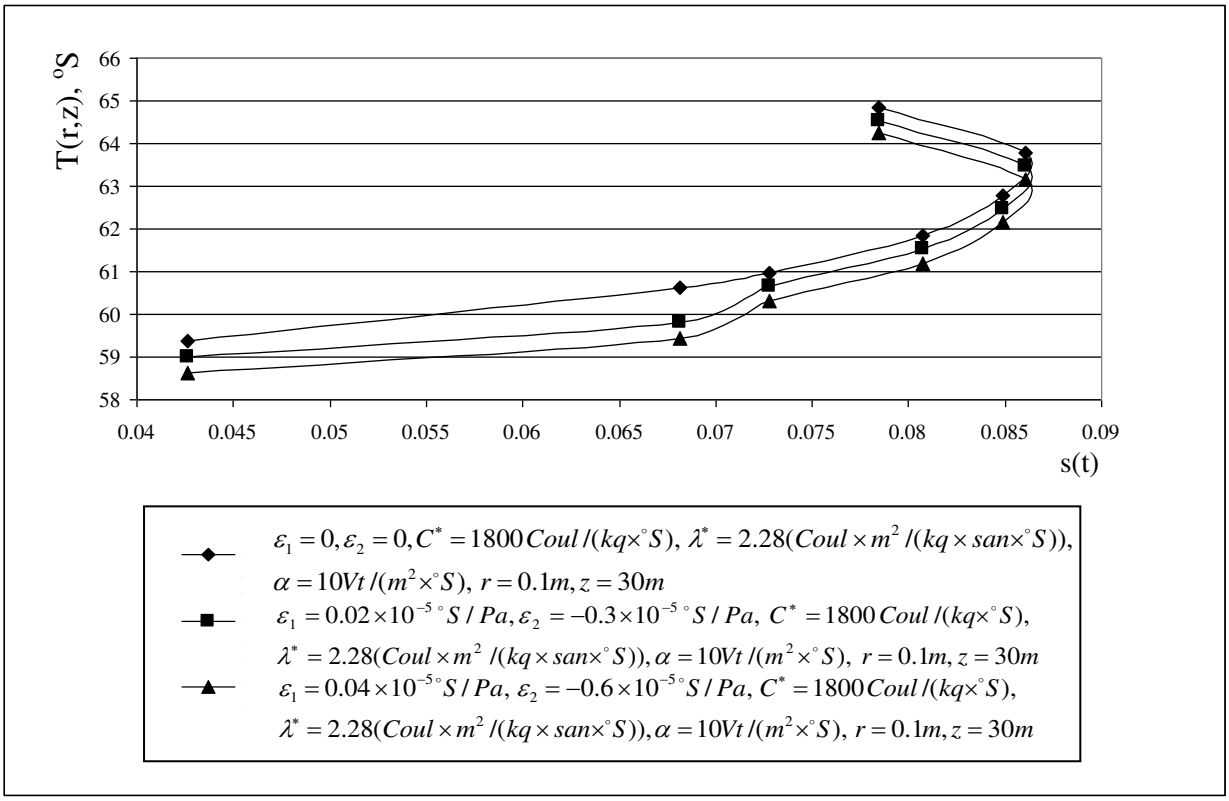
1-ci şəkil. Flüidin temperaturunun ümumi istilik tutumunun müxtəlif qiymətlərində məsafədən asılı olaraq dəyişməsi



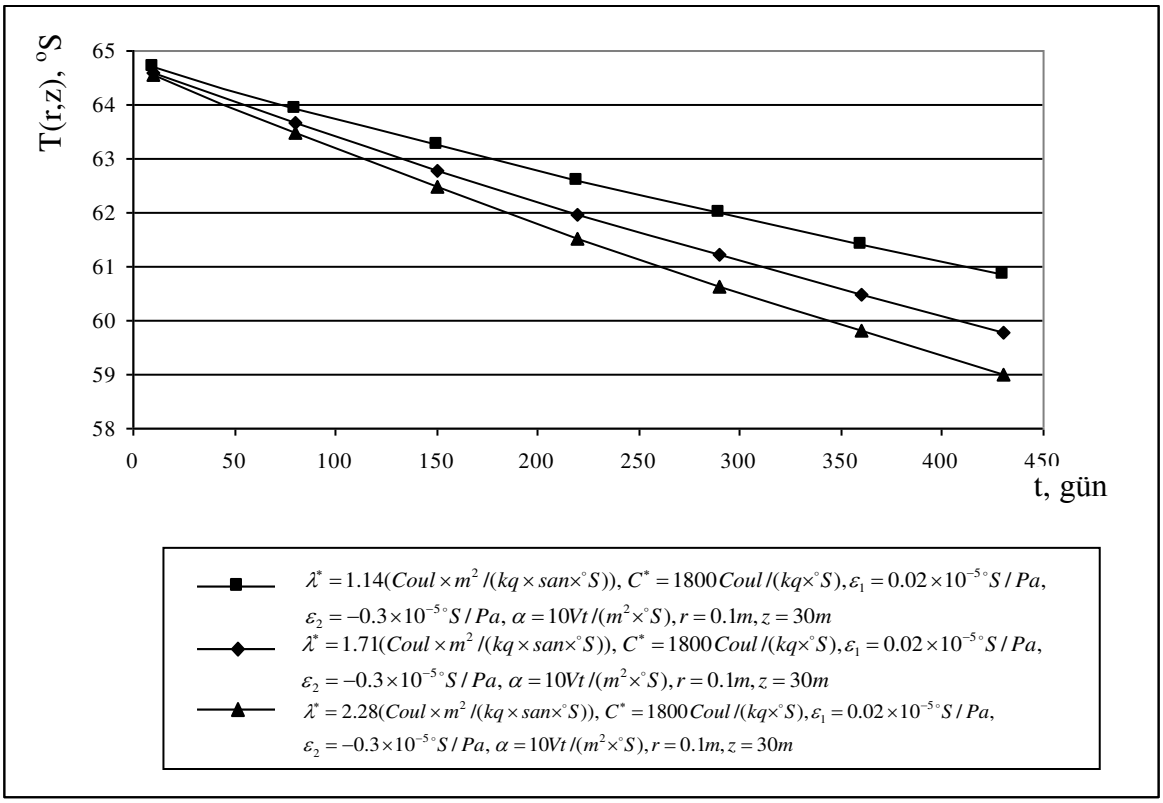
2-ci şəkil. Kondensatladoymanın zamandan asılılığı



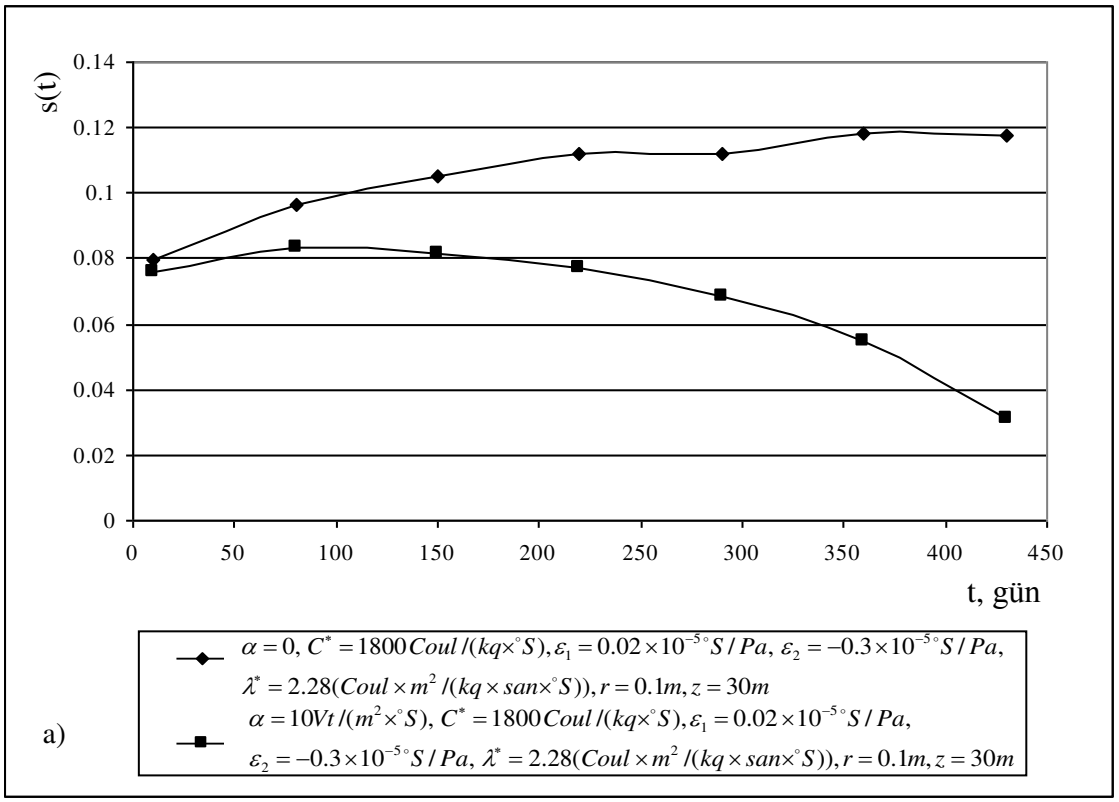
3-cü şəkil. Flüidin temperaturunun Coul-Tomson əmsalının müxtəlif qiymətlərində məsafədən asılılığı

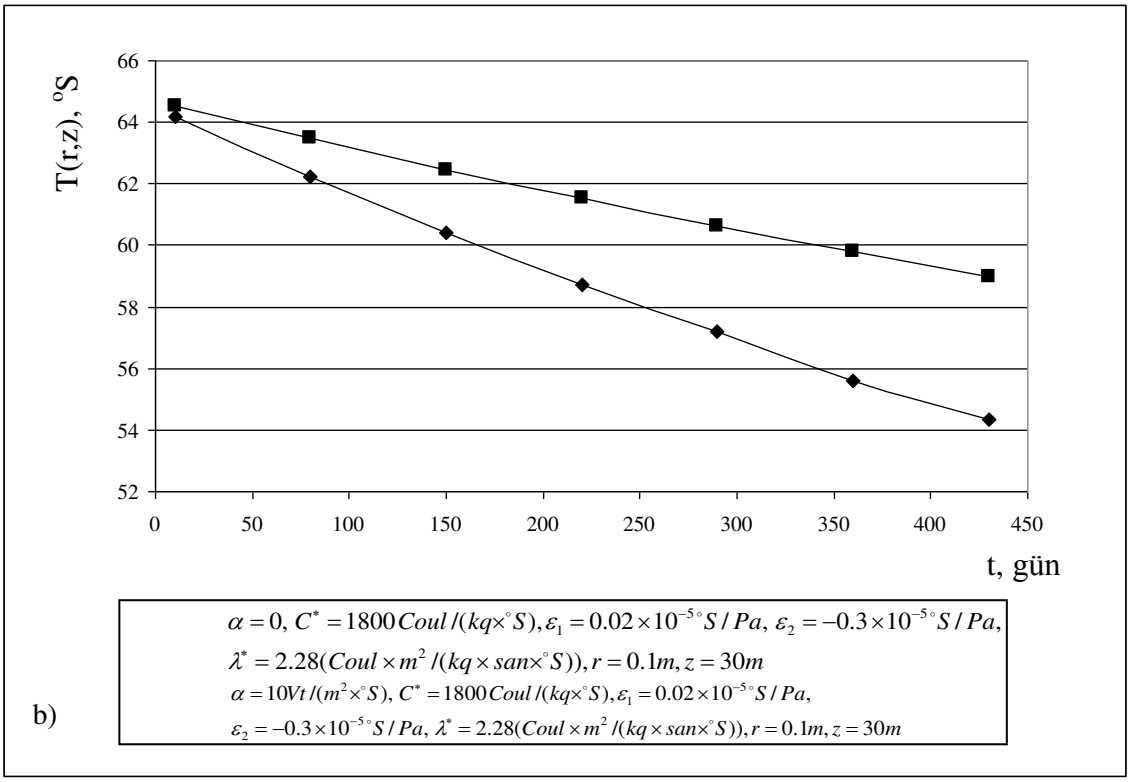


4-cü şəkil. Layın çıxışında flüidin temperaturunun kondensatladoymadan asılılığı



5-ci şəkil. Layın çıxışında flüidin temperaturunun ümumi istilikkeçirmə əmsalının müxtəlif qiymətlərində zamandan asılılığı





6-cı şəkil. Layın çıxışında kondensatladoymanın (a) və flüidin temperaturunun (b) istilik mübadiləsi əmsalının müxtəlif qiymətlərində zamandan asılılığı

Nəticə

– Qeyri-bircins layda qaz-kondensat qarışığının quyuya qərarlaşmamış fəza süzülməsi şəraitində yaranan termodinamik effektləri, istilik selinin konvektiv və konduktiv daşınmasını və faza keçid prosesində yaranan istiliyi nəzərə alan hidrotermodinamik model təklif edilmiş və ədədi hesab alqoritmi işlənilmişdir. Modelə daxil olan parametrlərin prosesə təsiri öyrənilmişdir.

– Aparılmış parametrik tədqiqatlar nəticəsində Coul-Tomson effektinin, ümumi istilik tutumu parametrinin, flüidin adiabatik əmsalının və ümumi istilikkeçirmə əmsalının layda temperaturun dəyişməsinə fərqli təsirləri olduğu aşkar edilmiş və bunların quyu termometriyası ilə bağlı tərs məsələlərin həllində nəzərə alınması vacibdir.

ƏDƏBİYYAT

АБАСОВ, М.Т., АЗИМОВ, Э.Х., КУЛИЕВ, А.М. 1993. Гидротермодинамические исследования скважин глубокозалегающих месторождений. Азернешр. Баку. 177 с.

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

АЛИШАЕВ, М.Г., РОЗЕНБЕРГ, М.Д., ТЕСЛЮК, Е.В. 1985. Неизотермическая фильтрация при разработке нефтяных месторождений. Недра. Москва. 271 с.

ВАХИТОВ, Г.Г., ГАТТЕНБЕРГЕР, Ю.П., ЛУТКОВ, В.А. 1984. Геотермические методы контроля за разработкой нефтяных месторождений. Недра. Москва. 240 с.

КАРАЧИНСКИЙ, В.Е. 1975. Методы геотермодинамики залежей газа и нефти. Недра. Москва. 168 с.

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ В СССР. 1969. Недра. Москва. 545 с.

РАМАЗАНОВ, А.Ш. 2004. Теоретические основы термогидродинамических методов исследования нефтяных пластов. Автореферат дис. на соиск. уч.степ. д.т.н. Уфа. 269 с.

РАМАЗАНОВ, А.Ш., ПАРШИН, А.В. 2006. Температурное поле в нефте-водонасыщенном пласте с учетом разгазирования нефти. *Нефтегазовое дело*, 1-17.

ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2011. Совершенствование моделирования гидрогазодинамических основ разработки глубокозалегающих газоконденсатных месторождений. Дис. на соиск… уч.степ.д.т.н. Баку. 303 с.

ФИЛИППОВ, А.И. 2002. Термодинамика фильтрационных нефтегазовых потоков. Стерлитамак. 200 с.

ФИЛИППОВ, А.И., АХМЕТОВА, О.В. 2011. Температурное поле в пласте и скважине. Гилем. Уфа. 329 с.

ЧЕКАЛЮК, Э.Б. 1965. Термодинамика нефтяного пласта. Недра. Москва. 238 с.

Məqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü E.M.Ramazanova rəy vermişdir.

ГЕОГРАФИЯ

© Р.А.Фаталиев, Е.Н.Тагиева, А.И.Алиев, 2016

О КОРРЕЛЯЦИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ХРОНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Р.А.Фаталиев, Е.Н.Тагиева, А.И.Алиев

Институт географии имени акад. Г.А.Алиева НАНА
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 115

В статье рассматриваются вопросы корреляции археологической и геологической хронологии четвертичного периода. Представлена сравнительная таблица геологической и археологической хронологии, основанная на соответствии возраста и продолжительности археологических культур геологическим эпохам и периодам. Одновременно подчеркивается значение данной сравнительной таблицы в синхронизации возрастов геологических и археологических пластов при проведении геологических, геоморфологических, палеогеографических и археологических исследований.

Геологическое, геоморфологическое и палеогеографическое изучение четвертичных отложений имеет большое значение при восстановлении природных географических условий периодов жизнедеятельности древнего человека, т.е. растительного покрова, животного мира, климата и в общем всей экосистемы. При таких исследованиях, как правило, определяют относительный и абсолютный (ядерный или изотопный) возраст горных пород, который является основой для построения геохронологической шкалы. Обобщенная геохронологическая шкала является своего рода синтезом региональных и межрегиональных шкал, в которых представлена продолжительность эпох, периодов и т.д. и их границы.

В археологии определение возраста также является необходимым условием при изучении памятников материальной культуры человека. Одним из различий между археологическими и геологическими исследованиями является то, что геолог определяет возраст изучаемых им толщ, а археолог – возраст обнаруженных в этих толщах артефактов материальных культур.

В целом хронология – это вспомогательная историческая дисциплина, устанавливающая даты исторических событий и документов и их последовательность во времени. Если в археологии роль исторических событий играют материальные культуры, сменяющие друг друга во времени, а документов – образцы этих материальных культур, то в геологии эти функции соответственно исполняют происходившие на земной поверхности различные геологические и природные процессы, запечатленные в слагающих их породах и отложениях.

В настоящее время преобразования в любой сфере происходят за счет использования достижений в смежных отраслях наук. Мультидисциплинарные исследования и интеграция помогают достичь значительных результатов. В этом отношении археология, используя имеющиеся в последнее время достижения в области естественных и точных наук, значительно расширила временные и пространственные горизонты человеческой истории. В последние 30 лет благодаря современным методам исследования получены новые данные о появлении человека – 2,5-3,0 млн. лет назад. Этот временной интервал охватывает весь четвертичный период (или антропоген) и последние этапы неогена (Каплин и др., 1977; Четвертичная система, 1987).

Археологи при изучении и определении возраста найденных артефактов на самом древнем и продолжительном (охватывает 99% всех этапов) этапе человеческой истории – в каменном веке испытывают определенные трудности. И здесь им на помощь приходит целый ряд новых методов, позволяющих подробно восстановить геологическую и палеогеографическую историю времени накопления определенных отложений и соотнести ее с общей геохронологической шкалой. Одним из таких методов является метод спорово-пыльцевого анализа (палиноло-

гический), основанный на выделении микроскопических остатков (спор и пыльцы) растений из горных пород определенного возраста и с их помощью позволяющий определять тип растительности, ландшафты, количественные изменения климата и т.д. Бесспорно, палеогеографические условия (древний рельеф, климат, растительность, конфигурация водных бассейнов, площадь ледников, и т.д.) оказывают большое влияние на обитание древнего человека и его хозяйственную деятельность.

Археология, исследуя останки древних культур и принадлежащие им материальные предметы обихода, обнаруженные в отложениях последних этапов геологической хронологии, систематизирует их в хронологической последовательности (Мартынов, 2005). Если в целом между осадочными толщами и культурными слоями и есть временное соответствие, то между некоторыми этапами фиксируется разница в диапазоне, что вполне естественно. Не всякая материальная культура по продолжительности точно совпадает с определенным веком или эпохой геохронологической истории.

Общепланетарные обобщения имеются в основном для палеолита, а для поздних периодов, начиная с мезолита, существуют значительные региональные различия во времени зарождения, продолжительности и упадка той или иной культуры. Историко-археологические понятия «мезолит», «неолит» и т.д. отражают в первую очередь не возраст, а техно-культурный уровень развития человеческого общества, которое в различных регионах развивалось поразному, и принимать для них обобщённый возраст не совсем верно. В одно и то же время в различных регионах могли сосуществовать культуры, находящиеся на различных стадиях исторического развития, в некоторых же отдельные этапы вообще не имели место (Альмарик, 1959). К примеру, наличие этапа энеолита – хальколита для Кавказа поддерживается не всеми специалистами, а возраст отдельных культур и этапов ещё остается дискуссионным.

Чтобы разобраться, какая археологическая культура соответствует какому хронологическому возрасту четвертичного периода, соответственно какими стоянками и поселениями древнего человека она представлена и насколько хорошо изучена, была составлена сводная хронологическая таблица для территории Азербайджана.

Для сравнительной наглядности в таблице показаны все материальные культуры, соответствующие историческим периодам человеческого общества, как хорошо изученные, так и требующие дальнейшего изучения.

Как видно из таблицы, самый древний исторический период палеолит включает в себя Олдованскую, Гуручайскую и Ашельскую археологические культуры (Джафарзаде, 1944), которые развивались, сменяя друг друга, начиная от 2,5 млн. до 200 тыс. лет назад, что соответствует позднеплиоценовой, эоплейстоценовой и раннеплейстоценовой эпохам неогенового и четвертичного периодов. Последние представлены акчагыльским, абшеронским, бакинским и среднехазарским веками.

В качестве примера можно указать культурные слои стоянок древнего человека: Азых (V-X палинологические слои) и Гараджа.

В каменном веке, охватывающем период 200-30 тыс. лет назад, имевшая место Мустьерская культура среднего палеолита соответствует средне- и позднеплейстоценовой эпохе, приходясь на позднехазарский и нижнехвалынский века. Изучен и уточнен возраст имеющихся на территории Азербайджана таких древних стоянок, как Азых (III слой), Таглар, Дашсалахлы, Бузеир и Газма (Мамедов, Алескеров, 2002).

Позднепалеолитический период охватывает интервал 30-12 тыс. лет назад, соответствуя частично нижне- и верхнехвалынскому векам позднеплейстоценовой эпохи. Таким образом, палеолит в целом представлен позднеплиоценовой (неоген), эоплейстоценовой и плейстоценовой эпохами четвертичного периода. Верхний палеолит на территории Азербайджана частично представлен такими стоянками, как Гобустан, Дамджылы, Ятагери и Зар, из которых только Дамджылы был изучен палинологически (Cəfərov, 2008).

Мезолитические (средний каменный) и неолитические (новый каменный век) памятники, имея возраст приблизительно 12-6,5 тыс. лет предыдущего периода, исследованы на территории Азербайджана более подробно как с археологической, так и с палинологической точек зрения. Мезолит полностью охватывает ранний (бореал), а неолит частично – средний (суббореал, атлантик) этапы голоценовой эпохи или частично верхненехвалынский и нижненовокаспийский века. Некоторые из наиболее известных археологических памятников (Гобустан, Тойрятепе, Чалагантепе, Шомутепе и др. стоянки древнего человека) относятся к мезолиту и неолиту (Ализаде и др., 1978; Hüseynov, 1973; Rüstəmov, 1994; Гусейнов, 2010).

Сравнительная геологическая и археологическая хронология

<table>
<tr><th colspan="5">Геологический возраст</th><th colspan="4">Археологический возраст</th><th rowspan="2">Археологические стоянки</th></tr>
<tr><th>Период</th><th colspan="2">Эпоха</th><th colspan="2">Век и абсолютный возраст</th><th colspan="2">Период</th><th>Время</th><th>Культура</th></tr>
<tr><td rowspan="11">ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ (Антропогеновый) ПЕРИОД (Q)</td><td rowspan="4">Голоцен (QIV)</td><td>Поздн. (Субатл.)</td><td rowspan="3">Новокаспийский</td><td>Верхний 2,5 тыс.л.</td><td colspan="2">Новый, Средн.век, Античн.</td><td>Последн. 2,5 тыс.л.</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Средн. (Суббор., Атлант.)</td><td rowspan="2">Средний 5-2,5 тыс.л.н.</td><td colspan="2">Железн. век</td><td>3,2-2,5 тыс.л.н.</td><td>Мугань</td><td>Муганск.равн. Талышск.горы</td></tr>
<tr><td colspan="2">Бронз. век</td><td>5-3,2 тыс.л.н.</td><td>Кура-Аразская</td><td>I Кюлтепе Бабадервиш</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Нижний 8-5 тыс.л.н.</td><td colspan="2">Хальколит (Энеолит)</td><td>6,5-5 тыс.л.н.</td><td>Лейлатепе</td><td>Союгбулаг, Алхантепе, Лейлатепе</td></tr>
<tr><td rowspan="6">КАМЕННЫЙ ВЕК</td><td>Неолит</td><td>8,3-6,5 тыс.л.н.</td><td>Гасансу, Шомутепе</td><td>Шомутепе, Чалагантепе, Тойрятепе</td></tr>
<tr><td>Ранний (Бореал)</td><td rowspan="3">Хвалын</td><td>Верхний 16-8 тыс.л.н.</td><td>Мезолит</td><td>12-8,3 тыс.л.н.</td><td>Кампини, Азиль, Тарденуа</td><td>Дамджылы, Гобустан</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Плейстоцен (QI-III)</td><td rowspan="2">Поздн.</td><td rowspan="5">Палеолит</td><td>Верхн. 30-12 тыс.л.н.</td><td>Ориньяк, Солюнтре, Мадлен</td><td>Дамджылы, Гобустан, Ятагери, Зар</td></tr>
<tr><td>Нижний 125-16 тыс.л.н.</td><td>Средн. 200-30 тыс.л.н.</td><td>Мустье 150-30 тыс.л.н.</td><td>Азых (III), Таглар, Дашсалахлы Бузейр, Газма</td></tr>
<tr><td>Средн.</td><td colspan="2">Хазар 460-125 тыс.л.н.</td><td rowspan="3">Нижн. 2,5 млн.-200 тыс.л.н.</td><td>Ашель 780-350 тыс. л.н.</td><td>Азых (V-VI), Гараджа</td></tr>
<tr><td>Ранний</td><td colspan="2">Баку 730-460 тыс.л.н.</td><td rowspan="2">Гуручай, Олдован 2,0 млн.-800тыс.л.н.</td><td rowspan="2">Азых (VII-X), Гараджа</td></tr>
<tr><td colspan="2">Эоплейстоцен</td><td colspan="2">Абшерон 1800-730 тыс.л.н.</td></tr>
<tr><td>Неоген</td><td colspan="2">Поздний Плиоцен (N_2^3)</td><td colspan="2">Акчагыль 2,4-1,8 млн.л.н.</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

Хальколитовый (энеолит–бронзово-каменный век), бронзовый и железный периоды, начинающиеся 6,5 тыс. лет назад и продолжающиеся до последних 2,5 тыс. лет, соответствуют частично раннему и полностью среднему этапам новокаспийского века, т.е. среднеголоценовой эпохе. Союгбулаг, Алхантепе, Лейлатепе и др. являются широко исследованными в палинологическом отношении лагерными стоянками хальколитового периода (Müseyibli, 2014; Тагиева, Велиев, 2015). На территории Азербайджана также существует много хорошо изученных археологических памятников бронзового (Кура-Аразская культура – I-й Кюльтепе, Бабадервиш и др.) и железного (Муганская культура) периодов.

Подытоживая, отметим, что, как видно из таблицы, существует определённая возрастная согласованная корреляция между геологическими периодами и археологическими культурами. С уверенностью можно сказать, что эта таблица будет полезна для геологов, геоморфологов, палеогеографов и археологов и поможет в проведении их исследований, что, в свою очередь, позволит наиболее полно и правильно интерпретировать произошедшие в прошлом исторические события. Следует подчеркнуть, что составление представленной таблицы является первом шагом в этом направлении, и новые исследования и открытия в различных областях сопредельных наук позволят совершенствовать ее в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

АЛИЗАДЕ, С.А., БАЙРАМОВ, А.А., МАМЕДОВ, А.В., ШИРИНОВ, Н.Ш. 1978. Геология четвертичных отложений Азербайджана. Объяснительная записка к карте четвертичных отложений Азербайджана. Элм. Баку.

АЛЬМАРИК, А.С., МОНГАЙТ, А.Л. 1959. В поисках исчезнувших цивилизаций. Изд. АН СССР. Москва.

ГУСЕЙНОВ, М.М. 2010. Древний палеолит Азербайджана. Тек-Нур. Баку. 220.

ДЖАФАРЗАДЕ, И.М. 1944. Следы древнейшей культуры человека на территории Азербайджана. Изд-во АзФАН. 9.

КАПЛИН, П.А. (под ред.). 1987. Руководство по изучению новейших отложений Изд-во МГУ. Москва, 238.

КАПЛИН, П.А., ЛЕОНТЬЕВ, О.К., РЫЧАГОВ, Г.И., ПАРУНИН, О.Б., СВИТОЧ, А.А., ШЛЮКОВ, А.И. 1977. Хронология и палеогеография плейстоцена Понто-Каспия (по данным абсолютного датирования). В кн.: *Палеогеография и отложения плейстоцена южных морей СССР*. Наука, Москва.

МАМЕДОВ, А.В., АЛЕСКЕРОВ, Б.Д. 2002. Плейстоцен Азербайджана. Нафта-пресс. Баку. 190.

МАРТЫНОВ, А.И. 2005. Археология: учебник. Высшая школа. Москва.

ТАГИЕВА, Е.Н., ВЕЛИЕВ, С.С. 2015. Палеогеография Абшеронского полуострова и история заселения его человеком. *Coğrafiya cəmiyyətinin əsərləri "Coğrafiya və təbii resurslar".* 1, 23-28.

CƏFƏROV, Ə.Q. 2008. Azərbaycan arxeologiyası. I cild. Daş dövrü. Şərq-Qərb. Bakı. 632.

HÜSEYNOV, M.M. 1973. Uzaq Daş dövrü. Gənclik. Bakı. 72.

MÜSEYİBLİ, N.Ə. 2014. Leylatəpə mədəniyyətinin xronologiyası və dövrləşdirilməsi. *AMEA-nın Xəbərləri, Tarix, fəlsəfə və hüquq elmləri seriyası*. 1, 91-109.

RÜSTƏMOV, C.N. 1994. Qobustan dünyası. Azərnəşr. Bakı. 176.

Рецензенты: член-корреспондент РАН С.В.Рожнов, д.б.н. А.К.Агаджанян

© Дж.Н.Ахмедова, У.Р.Тагиева, 2016

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОЛНЫ ЖАРЫ В БАКУ И НА АБШЕРОНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Дж.Н.Ахмедова, У.Р.Тагиева

Институт географии им.акад. Г.А.Алиева НАНА
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 115

В статье на фоне глобального изменения климата исследованы температурные аномалии в летние месяцы, волны жары на Абшеронском полуострове, проанализирована тенденция изменения этих показателей. Установлено, что за последние 25 лет на Абшеронском полуострове преобладают положительные температурные аномалии. В городе Баку средние максимальные температуры, в особенности в августе, значительно повысились. В результате современного изменения климата за этот период наблюдается увеличение как повторяемости, так и продолжительности волн жары.

Постановка проблемы. В настоящее время наблюдаемое глобальное изменение климата влияет на климатические условия отдельных регионов, в том числе на течение различных аномальных метеорологических процессов. В научных и политических кругах относительно отрицательного влияния климатических изменений на окружающую среду, общество и экономику в достаточной мере сформировался широкий консенсус, в очередной раз нашедший своё подтверждение в Пятом отчёте Межправительственной экспертной группы по изменению климата. За последние десятилетия в условиях «быстроменяющегося климата», обуславливающего возникновение различных негативных последствий в окружающей среде, повысилась чувствительность людей к этим изменениям. По этой причине возникает необходимость проведения новых исследований в этом аспекте.

Одним из проявлений изменений климата, происходящих в мире, является увеличение повторяемости и продолжительности волн жары (Управление рисками…, 2012). Эта проблема в особенности стала актуальной после аномальной летней жары в Европе в 2003 году и последствий, к которым она привела. В последние годы на Абшеронском полуострове также довольно часто наблюдается резкая вспышка летней жары. Настоящая статья посвящена исследованию тенденции повторяемости и продолжительности волн жары на Абшеронском полуострове (на примере города Баку) в условиях современного изменения климата.

В научной литературе ещё не существует единых критериев, определяющих термин «волны жары». По определению Г.Грузы и Е.Ранькова, под волнами жары подразумевается период в пределах сезона, в течение 7 дней и более, в котором наблюдается положительная температурная аномалия, превышающая стандартные, свойственные этому периоду показатели (Груза, Раньков, 2011). На основании рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) считается, что волны жары (ВЖ) – это период с максимальной суточной температурой воздуха, превышающей среднюю максимальную температуру на 5^0C и более, длящийся беспрерывно в течение 5 дней и больше.

Использованная информация и метод исследования. Для определения ВЖ, наблюдаемых в городе Баку в летний календарный сезон (июнь-август), за основу взяты вышеупомянутые критерии ВМО. При этом была использована информация Бакинской метеорологической станции о ежедневной максимальной температуре воздуха в течение 1961-2015 гг. При определении ВЖ для сравнения было выделено два периода: 1) базовый период (1961-1990 гг.); 2) период, охватывающий последние 25 лет (1991-2015 гг.). Для обоих периодов были вычислены некоторые статистические показатели: суточные максимальные температуры воздуха, средняя максимальная температура воздуха в июне, июле, августе, стандартное отклонение, обеспеченность (90 и 95%). А также в течение последних трёх лет проанализированы наземные и высотные синоптические карты и определены характерные синоптические условия во время ВЖ в летние месяцы.

Изменение продолжительности и повторяемости волн жары. Для Абшеронского полуострова характерны аридные климатические условия, летний сезон отличается длительной жарой и засушливостью. Однако за последние десятилетия в городе Баку и на Абшеронском

полуострове летом часто наблюдается сильная жара и преобладание положительных температурных аномалий (Ахмедова, 2014), что подтверждается анализом метеорологической информации за последние 15 лет (таблица 1).

Самое жаркое лето наблюдалось в 2010 году, в это время средняя месячная температура воздуха была намного выше климатической нормы – на 3^0C и более.

Для выявления возможных изменений максимальных температур рассматривались некоторые статистические показатели, охватывающие два периода 1961-1990 и 1991-2015 гг., в июне, июле, августе была вычислена средняя максимальная температура воздуха, стандартное отклонение, обеспеченность (90 и 95%) (таблица 2).

Таблица 1

Отклонение средней месячной температуры воздуха в летние месяцы в некоторых пунктах Абшерона от показателей базового периода (1961-1990 гг.)

Годы	Отклонение, ^{0}C											
	Июнь				Июль				Август			
	Баку	Маштага	Сумгайыт	Пираллахи	Баку	Маштага	Сумгайыт	Пираллахи	Баку	Маштага	Сумгайыт	Пираллахи
2001	+0,7	+0,7	+1,3	+0,5	+0,6	+0,8	+1,3	+0,8	+0,7	+0,9	+1,0	+0,5
2002	-1,2	-1,0	-0,6	-0,4	+1,1	+0,5	+1,8	+1,2	+0,1	+1,2	+0,4	+1,0
2003	-2,0	-1,0	-1,4	-0,6	-1,4	-1,4	-0,7	-0,7	+0,7	+1,2	+1,0	+0,9
2004	- 04	+0,2	+0.2	+0,1	-1,8	-1,6	-1,1	-0,9	+1,1	+1,8	+1,3	+1,4
2005	-0,7	+0,5	-0,1	+0,3	+0,8	+1,9	+1,5	+1,2	+1,0	+1,8	+1,3	+1,6
2006	+2,4	+3,3	+3,0	+1,4	+0,4	+0,3	+1,0	+0,1	+3,1	+3,0	+3,3	+2,2
2007	+0,6	+2,2	+1,2	+0,9	-1,0	0,0	-0,3	-0,6	+2,2	+2,7	+2,5	+2,7
2008	-0,1	0,0	+0,5	-0,1	+0,1	+0,7	+0,8	+0,6	+1,8	+1,9	+2,1	+1,7
2009	+1,1	+1,7	+1,7	+0,7	+0,6	+1,1	+1,3	+1,0	-1,6	-0,7	-1,3	-0,9
2010	+2,9	+3,8	+3,5	+3,9	+3,1	+3,4	+3,8	+3,3	+3,2	+3,3	+3,5	+3,0
2011	+1,1	+1,5	+1,7	+1,8	+2,6	+3,0	+3,3	+2,6	+0,6	+0,9	+0,9	+1,2
2012	+2,3	+2,9	+2,9	+2,9	+0,1	+0,6	+0,8	+0,8	+2,2	+2,5	+2,5	+2,4
2013	+1,6	+1,2	+2,2	+1,7	+0,1	+0,7	+0,4	+0,3	0,0	+0,5	-0,2	+0,5
2014	+1,6	+1,2	+1,7	+1,8	+0,8	+1,4	+1,2	+1,0	+3,0	+3,2	+3,0	+2,7
2015	+2,8	+2,9	+2,1	+2,5	+1,9	+1,1	+1,7	+1,9	+2,5	+2,9	+2,8	+2,8
Ср.	+0,8	+1,3	+1,3	+1,2	+0,5	+0,8	+1,1	+0,8	+1,4	+1,8	+1,6	+1,6

Таблица 2

Некоторые статистические показатели суточной максимальной температуры в летние месяцы в г. Баку

Месяц	Период							
	1961-1990 гг.				1991-2015 гг.			
	Средняя максимальная температура воздуха, ^{0}C	Стандартное отклонение (σ)	Обеспеченность		Средняя максимальная температура воздуха, ^{0}C	Стандартное отклонение (σ)	Обеспеченность	
			90%	95%			90%	95%
Июнь	27,4	3,40	31,7	33,2	28,3	3,81	33,4	35,4
Июль	30,3	2,81	33,8	35,2	31,4	3,66	36,2	37,5
Август	29,7	2,87	33,3	34,2	31,9	3,86	37,0	38,0

Из статистических показателей суточной максимальной температуры воздуха видно, что по сравнению с периодом, охватывающим 1961-1990 гг., в 1991-2015 гг. в течение всех трёх летних месяцев показатели средней максимальной температуры воздуха в значительной степени повысились. Это повышение составило в июне $0,9^0$C, в июле – $1,1^0$C и в августе – $2,2^0$C. По сравнению с базовым периодом за последние 25 лет наибольшая изменчивость максимальной температуры наблюдалась в августе.

Наблюдаемые в Азербайджане в различные времена года, в том числе в летний сезон, аномальные температуры и синоптические условия, являющиеся причиной их возникновения, были в определённой степени исследованы нашими учёными-климатологами (Мадатзаде, Алиева, 1974; Алиева, Мамедова, 1979). Но большинство из этих исследований было ограничено метеоданными, полученными в период с относительно «стабильным» по сравнению с современным периодом климатом. В тот период понятие волны жары со стороны исследователей не было использовано. Происходящие в мире глобальные климатические изменения в настоящее время послужили причиной формирования в научных кругах новых понятий (терминов).

Согласно докладу ВМО последние 20 лет вошли в историю как самые жаркие годы столетия. Данная исследовательская работа также наряду с более длинным аналитическим рядом наблюдений охватывает период до 2015 г.

Исследования показывают, что в базовый период в течение 30 лет в г.Баку было отмечено всего 2 волны жары и их продолжительность не превышала 6 дней (рис.1). В течение последующих 25 лет наблюдалось 17 случаев волн жары. Из них 14 случаев произошли за последние 14 лет, в некоторые годы в один летний сезон было отмечено даже 2 случая волн жары (2002, 2012, 2014, 2015 гг.). Причиной увеличения продолжительности волн жары послужили современные климатические изменения. В базовый период средняя продолжительность волн жары составляла 5,5 дней при максимальной продолжительности 6 дней, в 1991-2015 гг. – 7,3 дня, максимальная продолжительность волн жары в 2010 году составила 24 дня.

Волны жары связаны с определёнными синоптическими процессами. Анализ этих процессов показывает, что на Абшеронском полуострове волны жары в основном возникают в результате длительного вторжения знойных тропических воздушных масс из Северной Африки и Ближнего Востока в сторону Южного Кавказа. В это время в средней тропосфере преобладают южные, юго-западные потоки воздушных масс и на территории Южного Кавказа отмечается жаркое лето. Это препятствует вхождению на территорию республики относительно прохладных воздушных масс из северных и умеренных широт. На поверхности Земли погодные условия обычно определяет область малоградиентного атмосферного давления. В качестве примера были проанализированы метеорологические условия и синоптические процессы, обусловившие аномальную жару, отмеченную в августе 2014 года. В течение месяца на Абшеронском полуострове и в городе Баку было выявлено два случая волн жары. Несмотря на то, что в течение первых десяти дней августа в разные дни была зарегистрирована температура выше нормы, эта жара не была продолжительной (рис. 2).

На приземных картах от 16 августа видно, что территория страны оказалась под влиянием юго-западной переферии Казахстанского антициклона, 17-18 августа – области относительно низкого малоградиентного давления, 19-20 августа – передней части южного циклона. На высотных картах (топографических картах абсолютной поверхности AT 500) в эти же дни наблюдалось длительное вторжение на территорию страны обширного гребня тепла, юго-западными потоками на территорию республики вторгались знойные воздушные массы из Северной Африки и Ближнего Востока. На территории Абшерона 19-20 августа геопотенциал составлял 592-593 гПа. В результате этого с 16 по 20 августа на Абшеронском полуострове и в г.Баку отмечался первый случай ВЖ, максимальная температура воздуха в Баку и на Абшероне составила $35-39^0$C, 19 августа наблюдалась самая высокая температура в сел.Маштаги ($40,1^0$C). Такие высокие температуры сопровождались слабым ветром и штилем, а преобладание южных, юго-восточных ветров послужило причиной повышения влажности воздуха, наступлению в некоторые часы суток духоты. Для подавляющего большинства населения такие погодные условия оцениваются как неблагоприятные, а для метеочувствительных людей рискованными (Tağıyeva, Əhmədova, 2015). В эти же дни на основании информации, полученной со станции Скорой и неотложной медицинской помощи города Баку, в общей сложности зарегистрировано 12 случаев солнечного удара. Второй случай ВЖ произошел 23-29 августа.

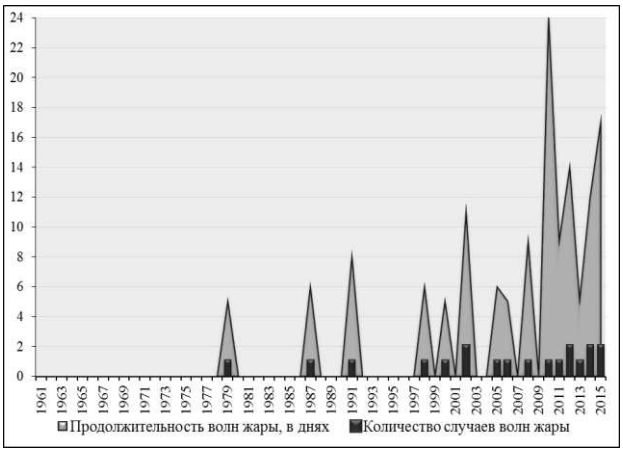


Рис. 1. Количество случаев волн жары, отмеченных в г. Баку, и их общая продолжительность (в сутках)

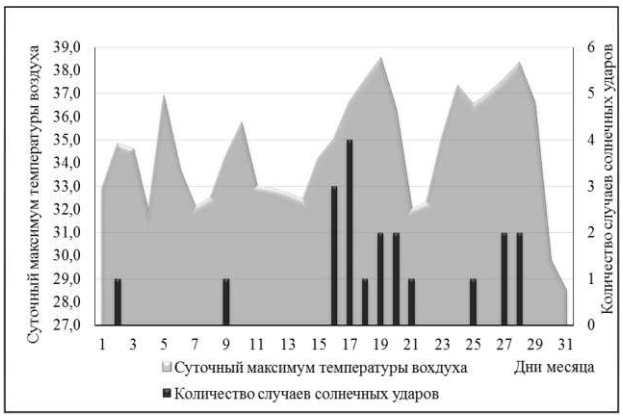


Рис. 2. Количество случаев солнечного удара и ежедневной максимальной температуры воздуха в августе 2014 г. в г. Баку

Выводы

В условиях современного изменения климата в летний сезон на Абшеронском полуострове преобладают положительные аномалии среднемесячных температур. В городе Баку выявлено существенное повышение средних максимальных температур, в особенности в августе месяце. Впервые в Азербайджане на Абшеронском полуострове (на примере города Баку) исследованы случаи волн жары и обусловливающие их синоптические условия. По сравнению с базовым периодом, охватывающим 1961-1990 гг., за последние десятилетия выявлено повышение как повторяемости, так и продолжительности волн жары.

ЛИТЕРАТУРА

АЛИЕВА, Г.А., МАМЕДОВА. С.Н. 1979. Особенности циркуляции в средней тропосфере в экстремально теплые и засушливые сезоны в Азербайджанской ССР. *Изв.АН Азерб.ССР, серия наук о Земле.* 6, 9-14.

АХМЕДОВА, Дж.Н. 2014. Влияние периодов жары на здоровье населения Абшеронского полуострова. *Терапевтический Вестник*. 3, 154-156. Алматы.

ГРУЗА, Г.В., РАНЬКОВА, Э.Я. 2011. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на Европейской территории РФ. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 47, 6, 717-721.

МАДАТЗАДЕ, А.А., АЛИЕВА, Г.А. 1974. Экстремально-жаркие и сухие летние естественно-синоптико-климатические сезоны над центрально-степными районами Азербайджана и обусловливающие их макроатмосферные процессы. *Изв.АН Азерб.ССР, серия наук о Земле.* 6, 48-53.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата. 2012. Резюме для политиков. Специальный доклад МГЭИК. МГЭИК, 20с.

TAĞIYEVA, U.R., ƏHMƏDOVA, C.N. 2015, Tibbi-meteoroloji proqnozların hazırlanması üçün metodik vəsait. Bakı. 44s.

Рецензент: к.г.н. М.С.Гасанов