ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© И.С.Гулиев, Э.Б.Багиров, 2016

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРИРОДНЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

И.С.Гулиев[1], Э.Б.Багиров[2]

1 – *Институт нефти и газа НАН Азербайджана*
AZ1000, Баку, ул.Ф.Амирова, 9

2 – *Pantera Petro Technologies Inc.*

Рассмотрены основные направления и пути увеличения извлекаемых запасов углеводородов в Азербайджане. Предлагается детальное изучение архитектуры резервуара на разрабатываемых площадях с целью выявления зон с высокими остаточными запасами, а также пропущенных горизонтов, в том числе с низкопроницаемыми коллекторами. В морской части первоочередной целью является исследование транзитной зоны и участка Умид-Бабек, а также не затронутых разработкой нижних горизонтов Азери-Чираг-Гюнешли. На суше основным направлением поисков должны стать поднадвиговая зона предгорий Большого Кавказа, а также нетрадиционные месторождения – сланцевые и гибридные резервуары.

Введение

Прежде чем перейти к описанию путей прироста запасов углеводородов, необходимо задуматься о самом понятии «запасы». В данной работе авторы концентрируются на извлекаемых запасах, то есть на том объеме, который возможно извлечь с использованием современных технологий. При этом подразумевается, что геологические запасы есть величина неизменная, а усовершенствование технологии может лишь изменить коэффициент нефтеотдачи и, как следствие, извлекаемые запасы. Вместе с тем в последние десятилетия нефтяникам пришлось задуматься над концепцией запасов. Оказалось, что сами запасы бассейнов, причем не только извлекаемые, но геологические, сильно зависят от цены на нефть. И зависимость эта очень сложная. Что касается коэффициента нефтеотдачи, то тут все кажется ясным: чем выше цена на нефть, тем больше компании могут тратить на технологии: уплотнять сетки скважин, бурить горизонтальные скважины, применять методы повышения нефтеотдачи и, следовательно, увеличивать коэффициент нефтеотдачи. Но оказывается, что повышение цен на нефть также поднимает и объем геологических запасов. Высокие цены направили поисковые работы в труднодоступные зоны, такие как глубоководный пояс и Арктика. Более того, открытые залежи, которые были нерентабельными в условиях низких цен, при поднятии последних оказываются прибыльными и сразу же включаются в баланс запасов бассейна. Так, в начале нынешнего столетия месторождения газоконденсата с запасом в 100-150 млрд. кубометров в глубоководной части Южного Каспия рассматривались многими компаниями как нерентабельные. Гораздо позже, когда цены на энергоносители повысились, эти же объекты оказались в центре внимания (Умид, Абшерон). Высокие цены на нефть привели к «сланцевой революции» в США, которая, кстати, вовсе и не была революцией, скорее эволюционным развитием технологии добычи. По мере истощения традиционных залежей добыча переориентировалась вначале на низкопроницаемые песчаники, затем стали добывать газ из угольных пластов, а позже перешли к сланцевому газу. Впоследствии технологию гидроразрыва довели до такого уровня, что стали добывать конденсат и нефть из «сланцевого» резервуара. Слово «сланцевый» мы взяли в кавычки, поскольку правильнее было бы назвать его глинистым резервуаром. При низких ценах на энергоносители эти объемы углеводородов никто не думал вносить в балансы, их невозможно было

извлечь. Выросшие цены позволили внести поправки в общий объем геологических запасов.

Но затем произошел вторичный процесс: высокие цены привели к увеличению себестоимости добычи и транспортировки углеводородов. С одной стороны, владельцы недр, которыми являются либо государства, либо частные владельцы земли (как в США), резко подняли тарифы на землепользование (роялти, налоги, бонусы, условия долевого участия), а с другой стороны, высокая востребованность позволила сервисным компаниям повысить цену предоставляемого сервиса (бурения скважин, геофизических и инженерных работ). Тот факт, что сервисные работы были завышены, подтверждается динамикой добычи углеводородов на суше США, где львиная доля углеводородов добывается из нетрадиционных источников. Дебиты на скважинах из этих резервуаров падают с поразительными темпами – на 80-90 % за один-два года. Поэтому поддерживать темпы добычи с разрабатываемых площадей можно только непрерывным бурением новых скважин. Казалось бы, в этом случае уровень добычи по стране должен быть пропорционален темпам бурения. Но падение цен на 70% привело к тому, что многие компании оказались не в состоянии оплачивать существующие темпы бурения. И число буровых на суше упало порядка на 40%. Однако темпы добычи на суше США не упали. Они все также находятся на пике. Таким образом, падение цен привело к уменьшению не добычи, а эффективности работ (меньшим количеством скважин добывают тот же объем углеводородов) и к существенному уменьшению себестоимости.

Данный пример показывает, насколько важен научный, взвешенный подход к планированию как геологоразведочных, так и инженерно-промысловых работ для повышения нефтеотдачи, а следовательно, и объемов извлекаемых запасов.

Представляемая статья – это попытка проанализировать пути возможного повышения извлекаемых запасов на суше Азербайджана и в прилегающей акватории Каспия.

Прирост запасов на месторождениях, находящихся в процессе разработки

В настоящее время целый ряд месторождений находится в процессе разработки, причем добыча углеводородов во многих из них продолжается уже много десятилетий. Вместе с тем, несмотря на значительные объемы извлеченных запасов, все еще имеются остаточные запасы, которые делают их доразработку рентабельной. Также необходимо отметить, что существуют проблемы в процессах эффективной доразработки этих месторождений. На наш взгляд, основной их корень заключается в понимании архитектуры резервуара. Проекты разработки, составляемые в прошлом веке, в основном рассматривали резервуар как единый проницаемый пласт с некоторой неоднородностью. Вместе с тем, пользуясь принципами современной седиментологии, этот пласт можно представить как сложнейший комплекс переплетающихся друг с другом, размывающих друг друга палеорусел рек. Причем архитектура резервуара будет зависеть от паолегеографии реки (или рек), которые создали данный резервуар. На рис. 1 показаны три возможных сценария отложения песчаных тел, вызванных различным характером рек. Это неполное описание всех возможных сценариев, и предоставление полноценной классификации резервуаров не является целью данной статьи.

Рис.1А представляет собой пример резервуара, созданного меандровой рекой (фото современной Куры, схема-диаграмма строения резервуара и пример каротажной кривой по скважине 852 площади Нефтчала) (Шилов, Джафаров, 2001). Здесь резервуар представлен множеством палеорусел. Эти палеорусла часто не находятся в соприкосновении. Но каждое палеорусло, как правило, имеет достаточную ширину. Такая архитектура характерна для площадей, связанных с Палео-Курой. Рис.1Б представляет собой результат «работы» реки с разветвляющимися руслами. Здесь происходит наслоение палеорусел друг на друга, размыв и осаждение новых наслоений песка. Примером может служить свита перерыва в Абшеронском пороге, сводный разрез которого показан на рисунке. В работе (Abdullayev et al., 1998) подробно описана архитектура резервуара на площади Бахар. Что касается дельтовой системы, представленной на рис. 1В (карта современной дельты Волги, фото обнажения кирмакинской свиты в одноименной долине и схема корреляции разрезов данной свиты на месторождении Гюргяны) (взято из интернета), то тут резервуар представлен рекой с руслами огромного количества протоков. Эти русла, в отличие от палеорусел меандровых рек, узки и непротяженны. Таким образом, геологическая изменчивость данных пластов очень высока, как и показано на схеме корреляции.

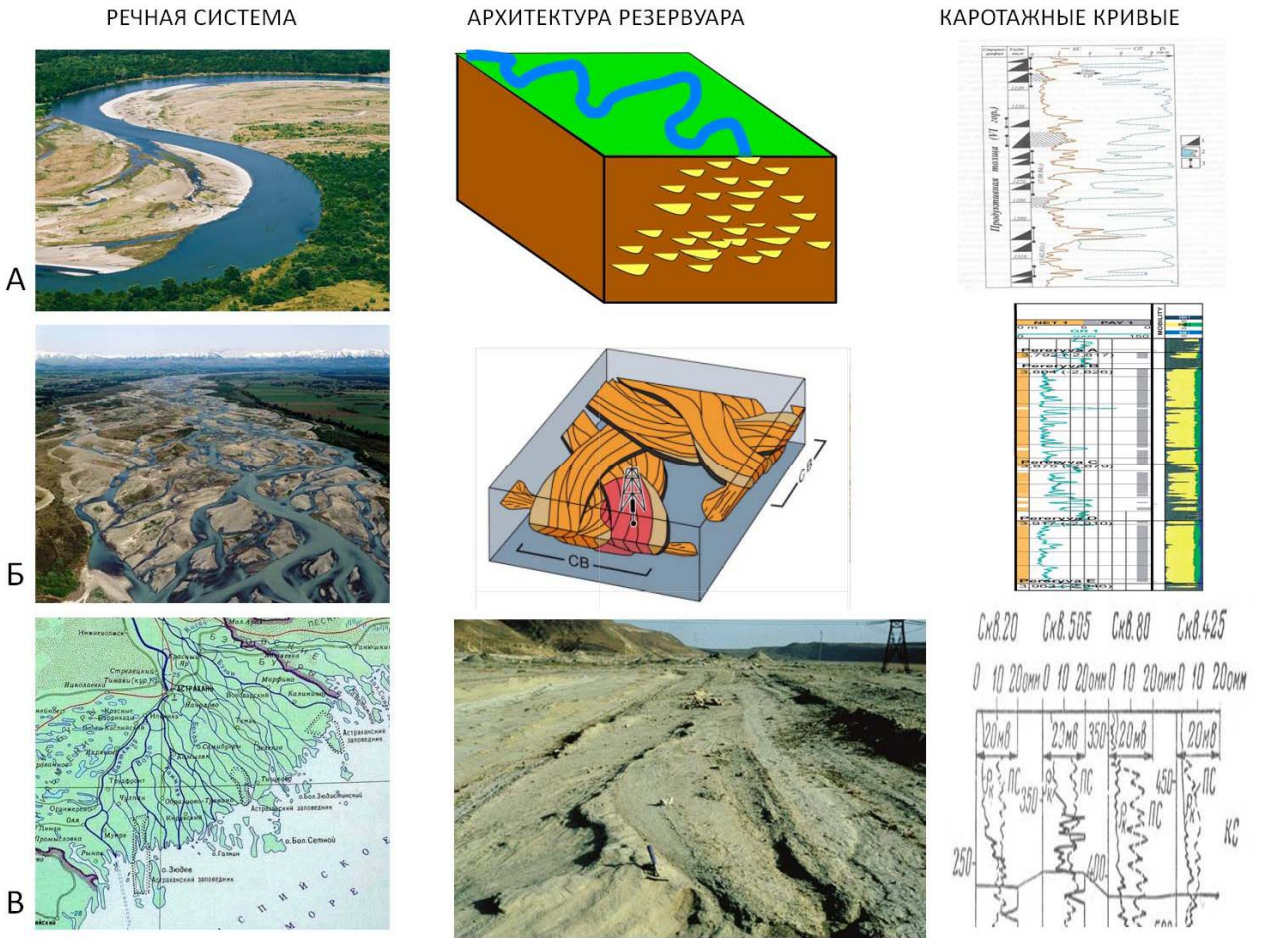


Рис. 1. Архитектура резервуара, сформированного: А – меандровыми реками, Б – многорукавными реками (braided rivers), В – дельтовой системой

Отдельные пласты, или горизонты, месторождений на практике являются пропластками и каналами, сложенными песками с различными коллекторскими свойствами. Эти пропластки и каналы, даже находясь в контакте друг с другом, истощаются неодинаково из-за различной степени проницаемости. К счастью, сегодня мы вооружены не только современным пониманием седиментологии, но и мощными компьютерными средствами, которые позволяют строить 3-х мерные геологические модели с очень высокой разрешающей способностью, маленьким размером ячеек. Такие модели, снабженные также мощным геостатистическим приложением, позволяют создавать архитектуру резервуара во всем его разнообразии. К сожалению, гидродинамические расчеты очень часто громоздки, поэтому гидродинамики-разработчики для ускорения своих расчетов обычно огрубляют тонкоячеечную геологическую модель. Но очень важно проводить расчеты именно для таких резервуаров с высоким разрешением, пусть даже за счет огрубления калибровки модели. В этом случае возможно ясно выделить незатронутые или слабо-затронутые участки и зоны, где остаточные запасы все еще высоки. Таким образом можно решить следующие задачи:

– найти дополнительные участки с высокими запасами (то есть прирастить запасы);

– скорректировать проект разработки за счет правильного выбора места дополнительного бурения, закачки воды или другого агента, объединения объектов разработки, а возможно, и планирования бурения горизонтальных скважин, что также приведет к увеличению коэффициента нефтеотдачи, а следовательно, и к повышению извлекаемых запасов.

Для построения трехмерной модели неоценимую роль сыграли бы качественные трехмерные сейсмические исследования. Поэтому отстрел сейсмики на уже открытых площадях является приоритетом не только для уточнения

структуры, картирования тектонических разломов и, возможно, нахождения структурных спутников (Абасов и др., 2003), но и для выявления архитектуры резервуара.

Еще один аспект, относящийся к оптимизации разработки и приросту запасов, приведен в работе (Абасов и др., 2003) и связан с нахождением пропущенных пластов, обычно тонких. Но проблему можно рассмотреть и шире. Современные технологии гидроразрыва позволяют добывать углеводороды не только из проницаемых, но и из очень низкопроницаемых коллекторов. Таким образом, пласты с высоким насыщением углеводородов, но очень низкой проницаемостью, которые ранее не принимались во внимание, сейчас могут рассматриваться как резервуары, а следовательно, налицо прирост запасов. Для выявления пропущенных пластов требуется привлечение современных промыслово-геофизических методов, в том числе в обсаженных скважинах.

Поиски новых месторождений в акватории Каспия

Проведение поисково-разведочных и промысловых работ на Каспии имеет давнюю историю. Уже с начала XX века началось освоение месторождения Пираллахи, Бухта Ильича. Далее работы продолжились на Абшеронском пороге и потом переместились в район Бакинского архипелага, где были открыты крупные и гигантские залежи нефти и газоконденсата. Новый виток поисково-разведочных работ начался с конца 90-х годов прошлого века. Результаты поисковых работ подробно даны в (Гулиев и др., 2006). В настоящее время продолжаются поисковые работы на Каспии, и сложилась четкая картина геологии углеводородных систем, поэтому остановимся на отдельных направлениях исследований.

– *Центральный Каспий*. Является частью Скифско-Туранской платформы и слабо осложнен структурами. Пробуренные скважины на N-блоке в Казахстане (Нурсултан-Ракушечная) показали, что мы еще недостаточно изучили геологию углеводородных систем данного региона. При наличии всех условий для формирования залежей здесь не были обнаружены коммерческие скопления.

– *Северо-Восточная часть Абшеронского архипелага*. Анализ результатов бассейнового моделирования показал, что структуры севернее Абшерон-Прибалханского порога находятся как бы в «тени» потоков миграции. Основные потоки углеводородов задерживаются в ловушках Абшеронского порога, а местного очага углеводородообразования недостаточно для формирования крупных скоплений. Расчет на очаг севернее Абшеронского полуострова не оправдал надежды, и найденные в структурах Дан-Улдузу-Ашрафи и Гарабах объемы углеводородов оказались незначительными.

– *Абшеронско-Прибалханский порог*. Это, пожалуй, наиболее благоприятная зона для формирования залежей нефти. Механизм их формирования описан авторами в работах (Гулиев, Багиров, 2016а,б). Здесь помимо залежей, находящихся в разработке, имеются также объекты, из которых добыча не начата: это месторождение Кяпаз (или Сердар по туркменским источникам), добыча с которого задерживается по политическим причинам, и горизонты нижнего отдела продуктивной толщи (ПТ) месторождения Азери-Чираг-Гюнешли. И если в неглубоководной части Гюнешли добыча с этих горизонтов давно уже идет, то на остальной части мегаструктуры контракт на операционные работы был подписан только недавно.

– *Транзитная (прибрежная) зона Южного Абшерона*. Здесь в настоящее время идут совместные поисковые работы SOCAR и BP. Перспективы данной зоны авторы подробно описали в работе (Гулиев, Багиров, 2016б). Было показано, что наиболее ожидаемы нефтяные залежи на территории, прилегающей к площади Сангачал, если там найдутся подходящие ловушки и газоконденсатные месторождения(е) на изгибе берега Каспия, прилегающие к месторождениям Биби-Эйбат и Локбатан. Впрочем, эти газоконденсатные месторождения могут содержать подобно месторождению Бахар также и нефтяные горизонты.

– *Бакинский архипелаг и глубоководная часть Южного Каспия.* В этом районе расположены крупные залежи углеводородов, такие как Сангачал-Дуванный-Хара-Зиря, Булладениз, Бахар и газоконденсатный супергигант – Шах-дениз. Последние положительные результаты на структурах Умид и Абшерон подтвердили их высокий потенциал. Но наряду с успешными поисковыми работами имелся и целый ряд отрицательных результатов – сухие скважины либо непромышленные запасы. В работе (Гулиев, Багиров, 2016а) дан детальный анализ поисковых работ и показано, что главным контролирующим фактором в этом районе является

флюидоупорность покрышек, причем речь идет о гидродинамической ловушке, когда поровое давление в перекрывающих резервуар глинах намного превышает пластовое давление внутри резервуара (такой эффект называется еще регрессией давления). По ряду геологических причин граница существования этой регрессии давления проходит где-то между структурами Шах-дениз и Зафар (см. рис. 2).

Севернее этой линии имеется регрессия давлений, а значит, существуют хорошие условия для сохранности залежей, в то время как южнее этот эффект отсутствует. Именно по этой причине такие гигантские структуры, как Зафар, Нахчыван и, по всей видимости, еще неразбуренный Шафаг-Асиман находятся в зоне слабой флюидоупорности покрышек, и следовательно, ожидать там больших запасов не приходится. Добавим сюда большие глубины воды и резервуара, очень высокие градиенты давления. Все это делает поисково-разведочные и промысловые работы чересчур дорогими. Поэтому для того, чтобы работы на перечисленных площадях оказались экономически оправданными, нужно чтобы цены на энергоресурсы поднялись очень высоко, чего в настоящий момент не наблюдается. Севернее границы регрессии давления находятся структуры Умид, Бабек, а возможно, и Машал. И если на Умиде уже идет добыча с первых скважин, то Бабек еще не разбурен. Вместе с тем анализ геологической и геофизической информации показывает, что перспективы структуры Бабек очень высоки, и в случае успеха запасы в ней окажутся, вероятнее всего, выше, чем в Умиде. И последняя структура – Араз-Алов-Шарг, которая находится в зоне, на которую претендует Иран.

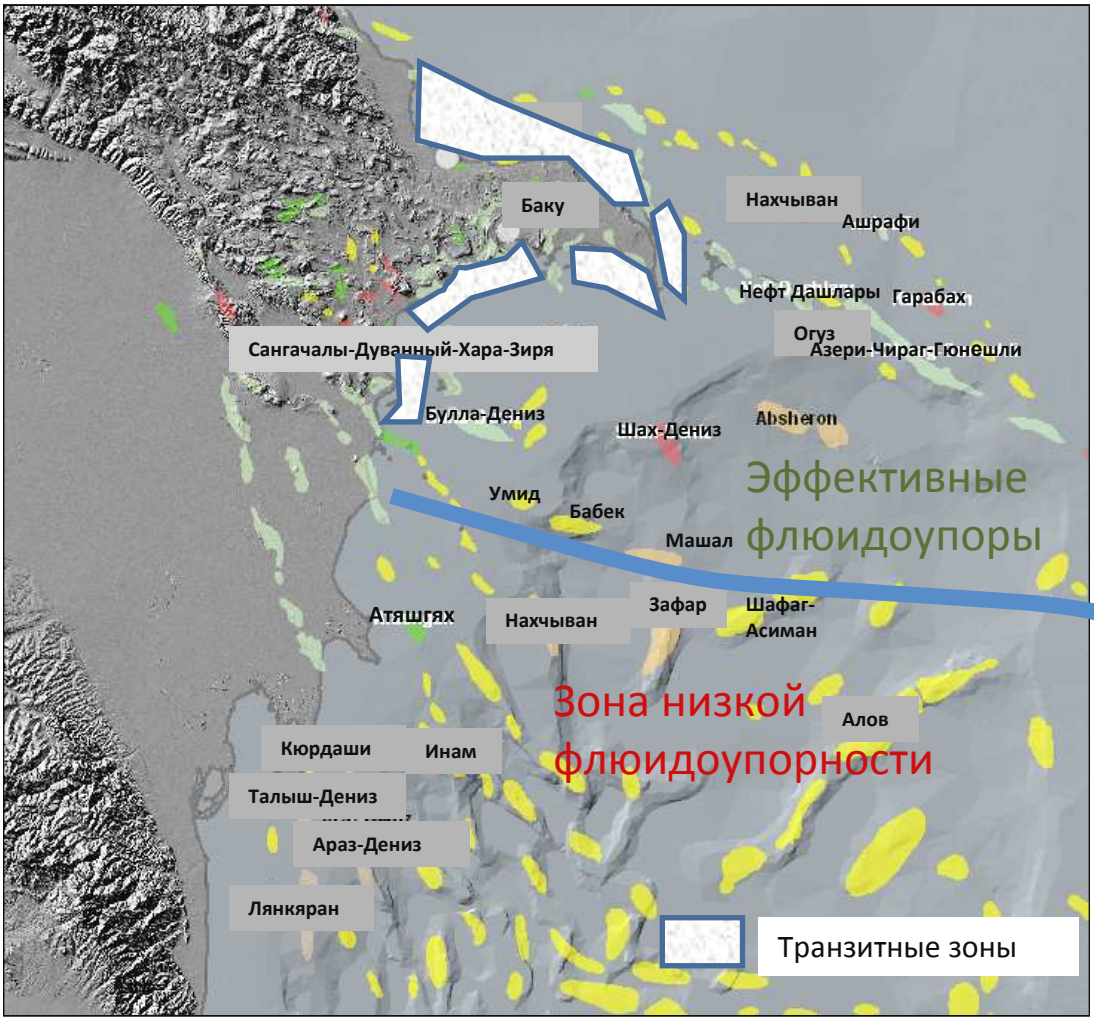


Рис.2. Карта распространения регрессии давления в резервуарах, формирующей высокую флюидоупорность в покрышках

Если рассматривать эту структуру, как часть углеводородной системы северной части Южного Каспия, то перспективы этого участка очень малы как с точки зрения присутствия резервуара, так и с точки зрения флюидоупорности покрышек. Но мы очень мало знаем о структуре Южного Каспия как единого бассейна. Так, например, согласно Голонке (Golonka, 2007), Южный Каспий делится валом Абиха, который предлагается считать микроконтинентом, на два предгорных прогиба – Приабшеронский и Приэльбурский. Если это на самом деле так, то структура Араз-Алов-Шарг может оказаться частью совсем другой углеводородной системы и подпитываться с юга. Но это только гипотетическое предположение. К сожалению, отсутствие сейсмических данных не позволяет нам делать вывод по этому поводу. Для решения этой задачи нужны региональные сейсмические профиля с 18-20-секундной записью, проходящие от северной оконечности Южного Каспия до его южного берега.

Поиски традиционных месторождений на суше Азербайджана

Поисковые работы на суше Азербайджана велись непрерывно в течение всего XX века. Нужно отметить, что прилагались действительно титанические усилия для поисков новых источников нефти. За эти годы согласно базе данных IHSEnergy было пробурено порядка 500 поисковых скважин. К сожалению, эти работы не увенчались успехом. В настоящее время известно около 90 открытых месторождений, из которых половина имеет запасы меньше 1 млн. тонн. Таким образом, коэффициент успеха можно оценить приблизительно как 9%. Вместе с тем, по мнению авторов, суша Азербайджана не исчерпала своего потенциала. В работе (Гулиев, Багиров, 2016в) авторы дают прогноз неразведанных ресурсов для суши Азербайджана в объеме 80-85 млн. тонн, причем это будут небольшие месторождения объемом от 4 до 20 млн. тонн каждый. Данная оценка сделана из предположения, что распределение месторождений по запасам идеально подчиняется логнормальному закону. Кроме этих запасов возможны дополнительные открытия, связанные с новыми углеводородными системами и с новыми плеями. Но прежде чем продолжать поисковые усилия на суше, нужно подвести все работы под единую геологическую концепцию, основанную на бассейновом анализе. Прежде всего необходимо определить какие материнские породы имеются в бассейне. В настоящее время доказанными материнскими породами являются только олигоцен-миоценовые комплексы, отложенные в условиях закрытого морского бассейна. Этот комплекс представляет собой чередование нефте- и газоматеринских и нематеринских слоев, причем газоматеринские слои преобладают. Возникает фундаментальный вопрос, а имеются ли еще материнские комплексы (эоценовые, меловые, юрские), достаточно мощные, чтобы потенциально генерировать объемы углеводородов, достаточные для заполнения ловушек промышленного размера. Этот вопрос должен предшествовать всем остальным. Для его решения необходимо проведение полевых работ и последующих лабораторных геохимических исследований. Далее необходимо построить карты распределения этих материнских пород, а на основе бассейнового моделирования – карту их зрелости. Сопоставляя эти карты со структурно-тектоническим планом, можно определить приблизительные пути миграции и ареалы возможного нахождения углеводородных скоплений. Нужно отметить, что отсутствие эффективных материнских пород в доолигоценовых отложениях, еще не означает отсутствие в них скоплений. Стратиграфически более молодые породы могут снабжать углеводородами и более древние отложения, но это значительно затрудняет формирование таких залежей. Таким образом, в Куринской впадине можно выделить зоны, в которых могут быть сформированы залежи из олиго-миоценовых источников, либо из других, если таковые существуют, и именно на этих участках необходимо сосредоточить поисковые усилия.

Но наибольший интерес, по-видимому, представляют поднадвиговые зоны предгорий Большого Кавказа – Шамаха-Гобустанский, а возможно, и Аджиноурский районы. Именно здесь имеются все условия для формирования залежей – материнские породы (от незрелой до перезрелой стадии), резервуары, перекрытые надвигом, и большое количество структур, образовавшихся в результате стрессового режима. Самая большая проблема – это отстрел и обработка сейсмических данных и их качество. Получив хорошую сейсмическую информацию, можно было бы спланировать поисковую программу. По-видимому, на суше Азербайджана именно этот район, несмотря на труднодоступ-

ность, можно считать наиболее перспективным и с наибольшим потенциалом.

Поиски нетрадиционных месторождений на суше Азербайджана

Вырвавшиеся вперед новые технологии позволяют извлекать углеводороды из резервуаров, о которых раньше никто не задумывался. «Сланцевые» резервуары вывели США на первое место в мире по добыче вначале газа, а затем и нефти. Данные резервуары – есть не что иное, как сами материнские породы (Эфендиева, 2015). По мере созревания образовавшиеся углеводороды вытесняются из матрицы материнской породы, и далее мигрируют вверх по разрезу. Но определенный объем углеводородов остается и в самих материнских породах. Раньше недооценивали объемы остаточных углеводородов. Сейчас лабораторные исследования показали, что значительные объемы углеводородов сохраняются в самих материнских породах, и они стали объектами разработки. Специфика извлечения углеводородов из этих резервуаров состоит в том, что бурятся горизонтальные скважины внутри органически насыщенного пласта и производится гидроразрыв. Благодаря этому из малопроницаемой породы (< 1 микродарси) начинают поступать углеводороды. Производительность скважин очень мала, и они истощаются в течение первых двух лет. Таким образом, уровень добычи сохраняется только за счет непрерывного бурения новых скважин. Плотность сетки скважин может быть сколь угодно малой. Но для разработки данных скважин должны быть выполнены следующие условия (Эфендиева, 2015):

– должен быть единый пласт с эффективной толщиной не менее 30-50 м: именно на такое расстояние распространяются трещины при гидроразрыве;

– породы в этом слое должны содержать не менее 4-5% $C_{орг}$;

– материнские породы должны быть морскими с высоким содержанием водородного показателя: в противном случае пористость в органическом веществе будет недостаточной;

– органическое вещество должно быть зрелым, причем не в начальной стадии зрелости, для того чтобы в ней содержалась более легкая нефть, которую легче добывать;

– порода должна содержать менее 40-50% глинистых минералов: в противном случае порода не будет подвергаться гидроразрыву;

– пласт не должен быть сильно смятым в складки либо раздроблен разломами: в противном случае будет трудно удерживать ствол бурящейся горизонтальной скважины внутри пласта.

Таким образом, необходимо составить программу по планированию работы на «сланцевые» источники, которая включала бы в себя обобщение всего известного геолого-геохимического материала, дополнительные лабораторные исследования по геохимии и механическим свойствам пород. Выявив стратиграфический интервал, надо составить карты зрелости и порового давления с использованием аппарата бассейнового моделирования и затем приступить к бурению пилотных скважин с полным отбором керна и дополнительными лабораторными исследованиями.

Другим возможным нетрадиционным источником углеводородов могут быть «гибридные» резервуары, аналогом которого являются глины Баккена на севере США. Гибридные резервуары представляют собой переслаивание пород с высоким содержанием органики с низкопроницаемыми породами без органики. Последние насыщаются углеводородами из надстилающих и подстилающих материнских пропластков. Такие комплексы более характерны и вероятны для майкопской и диатомовой свит в Южно-Каспийском и Куринском бассейнах, но требуют углубленного изучения, включая сплошной отбор и анализ керна из изучаемого интервала.

Еще одним нетрадиционным источником углеводородов могут стать субвертикальные геологические тела, о которых говорилось в (Абасов и др., 2003; Гулиев, 2008). Это геологические тела, сложенные разуплотненными и газонасыщенными породами. К сожалению, в настоящее время нет технологий для безопасного бурения и освоения этих источников. Этот факт и нынешние низкие цены на энергоносители отодвигают эту задачу на второй план.

Очередность работ по наращиванию запасов

Предлагаемая очередность проведения мероприятий по наращиванию запасов приведена в следующей таблице:

		ОЧЕРЕДНОСТЬ		
НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ	ОПЕРАЦИИ	СТАДИЯ I	СТАДИЯ II	СТАДИЯ III
Проведение работ на разрабатываемых площадях	Выявление зон концентрации остаточных запасов	Построение 3-х мерных моделей резервуара	Проведение 3-х мерной сейсморазведки на площадях и обработка данных	
	Выявление пропущенных пропластков	Пересмотр имеющихся каротажей, проведение ГИС		
	Выделение пластов для гидроразрыва	Выявление объектов и применение технологии гидроразрыва		
Поиски в акватории Каспия	Поиски в Центральном Каспии			Выявление ловушек и подготовка к бурению
	Абшеронский порог	Нижний отдел ПТ в Азери-Чираг-Гюнешли	Кяпаз	
	Транзитная зона	Проведение сейсморазведочных работ	Разбуривание выявленных структур	
	Глубоководная зона	Умид-Бабек		Шафаг-Асиман, Зафар, Нахчыван, Алов
Поиски на суше Азербайджана	Поиски в Куринском бассейне и Гобустане			
	Поиски в поднадвиговой зоне предгорий Кавказа	Детальная геологическая съемка	Сейсморазведочные работы	Бурение выявленных структур
	Нетрадиционные источники	Детальное изучение гибридных и сланцевых резервуаров	Бурение пилотных скважин, проведение 3-х мерной сейсморазведки	Освоение субвертикальных геологических тел

Данная очередность обусловлена прежде всего технико-технологическими возможностями. Так, например, поиски в поднадвиговых зонах представляются авторам как очень перспективные и многообещающие. Вместе с тем получение качественной сейсмической информации в этих условиях очень проблематично и отодвигает данный проект на вторую стадию. Вместе с тем другой проект, также связанный с проведением сейсморазведки в сложных условиях транзитной зоны, уже начат. Работы по характеризации резервуара в разрабатываемых месторождениях могут начаться безотлагательно, хотя в идеале было бы полезно провести 3-х мерную сейсморазведку.

Резюмируя, можно сказать, что потенциал дополнительных запасов углеводородов Азербайджана еще достаточно высок и требует большого внимания как в смысле поисково-разведочных операций, так и оптимизации процессов разработки.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., АЛИЯРОВ, Р.Ю., ГУЛИЕВ, И.С. 2003. О геологических проблемах развития нефтедобычи в Азербайджане. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*. 3, 119-123.

ГУЛИЕВ, И.С. 2008, Откроется ли у Каспийской «нефтянки» второе дыхание. *Нефть России*, 4, 90-93.

ГУЛИЕВ, И.С., БАГИРОВ, Э.Б. 2016а. Роль флюидоупоров в формировании залежей углеводородов в Южно-

Каспийском бассейне и прогноз скоплений в прибрежной зоне Абшерона (Часть I). *АНХ*. 6, 3-12.

ГУЛИЕВ, И.С., БАГИРОВ, Э.Б. 2016б. Роль флюидоупоров в формировании залежей углеводородов в Южно-Каспийском бассейне и прогноз скоплений в прибрежной зоне Абшерона (Часть II). *АНХ*. 7-8, 3-10.

ГУЛИЕВ, И.С., БАГИРОВ, Э.Б. 2016в. Статистический прогноз объема неразведанных ресурсов углеводородов в Азербайджане. *АНХ*. 5, 3-8.

ГУЛИЕВ, И.С., РУСТАМОВ, Р.И., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А. 2006. Анализ результатов и перспективы поисков нефти и газа в Южном Каспии. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*. 2, 9-18.

ШИЛОВ, Г.Я, ДЖАФАРОВ, И.С. 2001. Генетические модели осадочных и вулканогенных пород и технология их фациальной интерпретации по геолого-геофизическим данным. Информационный центр ВНИИгеосистем. Москва. 393 с.

ЭФЕНДИЕВА, М.А. 2015. Сланцевый углеводородный комплекс Азербайджана, *АНХ*. 10, 12-20.

ABDULLAYEV, T., FALT, L.-M., AKHUNDOV, A., VAN GRAAS, G.W., KVAMME, T., FLOLO, L.H., MEHMANDAROV, K., NARIMANOV, A.A., OLSEN, T.S., SELJESKOG, G., SKONTORP, O., SULTANZADE, T., TANK, N., VALIYEVA, E. 1998. A reservoir model for the main Pliocene reservoir of the Bahar Field in the Caspian Sea, Azerbaijan. *Petroleum Geoscience*. 4, 259-270.

GOLONKA, J. 2007. Geodynamic evolution of the South Caspian Basin. In P.O.Yilmaz and G.H.Isaksen eds.: *Oil and Gas of the Greater Caspian area: AAPG Studies in Geology*. 55, 17-41.

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

© V.M.Baba-zadeh, Sh.D.Musayev, Sh.F.Abdullayeva, 2016

THE EAST-CHOVDAR ORE CLUSTER – PROSPECTIVE METALLOGENIC UNIT OF THE LESSER CAUCASUS SOMKHIT-GARABAKH ZONE

V.M.Baba-zadeh, Sh.D.Musayev, Sh.F.Abdullayeva

Baku State University
33, Z.Khalilov str., Baku, AZ1148

According to the geological explorations' results the East Chovdar ore cluster including a number of prospective areas has been determined as one of the most prospective areas for searching moderately gold-sulfide low-medium temperature deposits in Chovdar ore-magmatic system. The conducted investigations have revealed the deposits being different in the internal structure of the natural and downthrown blocks.

The prospects of the Chovdar ore-magmatic system on gold-sulfide mineralization including its eastern part being defined by us as the East Chovdar ore cluster are emphasized by most researchers (Baba-Zadeh et al., 2013; Baba-Zadeh, Abdullayeva, 2009; Baba-zadeh, Abdullayeva, 2012). The ore-bearing volcanic-dome structures of the Upper Bajocian are quite widely distributed in this area . It is possible to define three major blocks bounded by the large faults along the strike and downdip here.

Shadakh-Chovdar-Chaykend downthrown block. The upper part of the section is composed of Bathonian andesites, andesite-basalts and their tuffs (400-700 m thickness) then they are changed by rhyolites, rhyolite-dacitic porphyries of Bajocian. Mineralization has been represented by barite mineralization. Barite veins with commercial parameters have been confined to Bathonian deposits. The faults enclosing these veins crossing Bajocian rhyolite-dacitic porphyries are lost mineralization or they are represented by small parameters of vein schizolites that is clearly observed in the wintering area of Dashalty, in the 9^{th} and 10^{th} zones with quartz-polymetallic ore with full displacement of the barite. The secondary quartzites formed due to andesites and andesite-dacites of Bathonian are of predominantly linear character of the development or they represent semiannular configurations of the vent facies of Bathonian volcanoes (Baba-zadeh et al., 2015).

Danaerichay-Eagle mountain-Pirinyal upstanding block of Bajocian volcanogenes except for small downthrown areas in the north-east of the Eagle mountain and in the elevation area. Pirinyal hasn't barite mineralization with the exception of thin and unextended veinlets. At the same time veinlet-disseminated gold-contained sulfide ores are observed in the feathering fractures.

The basis for organizing works in this area was extensively developed aureoles and flows of molybdenum and lead dissemination in the Eagle Mountain region in the volcanic domes and covering lava-pyroclastic strata of the andesite-dacite, rhyolite-porphyry structure especially in the paleovolcanoes vents breaking the stratum of Mesozoic volcanic rocks. Later the area of 60 km^2 was covered searching scale of 1: 10,000 that revealed the concentration of the majority anomalies within two large submeridional zones of the high tectonic stress level: Western-Shadakh-Chaykend and East - "Albanian Church" - Narchala - Pirinyal. The most interesting geochemical anomalies have been revealed in East-Chovdar ore cluster. Its internal structure is characterized by complex combination of many faults - submeridional ($5\text{-}20^0$), northeast ($40\text{-}70^0$), sublatitudinal and northwestern ($300\text{-}330^0$), mainly near-meridionally located steep ruptures ($60\text{-}80^0$). It is the faults with displacement amplitudes up to 100 m.

Kyzylja-Laish block is continuation of the second block in the north-east. The block rocks is less dislocated, the disturbances are mostly northwestern orientation. The block has been insufficiently studied although there have been revealed numerous quartz-polymetallic veins and linear zones of metasomatites with gold content up to 1,5 g/t, copper and polymetals - tenths of one percent. It is interesting that beginning from Agekhush village through Laish and Fadylly villages up to v. Achagaya, through Kheyrachay river up to its confluence with Koshkarchay river the commercial accumulations of the free gravitational gold have been found in channel alluvial proluvial deposits. It has allowed to determine the resources of the placer gold in quantity up to 43 kg. The same situation is observed on r. Danayerichay between Danayeri and Kyzylja villages in connection with which we think that it is

necessary to estimate the prospects of Danaerichay-Eagle mountain-Pirinyal and its northeastern continuation of blocks (Kyzylja-Laish) for the detection of gold-ore and gold-containing sulfide ores particularly with regard to three prospects areas revealed here in recent years.

The most northern "Narchala" area is located on the right bank of Heyrachay river in 1,2 km towards SW from Narchala spring, in 500 m from the elevation point 1576,1 m. Its area is 0,7 km^2. Rhyolite porphyries and their tuffs changed hydrothermally up to secondly quartzitic metasomatites of the areal type of development. They are gold-bearing and sulfide-bearing. Hydrothermalites have changed in limonitized quartz-clay mass with frequent discharges of green spinel and andalusite in the ruptured zones. Tectonic sutures quite often contain unextended veins and veinlets of barite, dissemination of the oxide pyrite and malachite. It was determined the high concentrations of Mo (0,002-0,015%), Pb (0,010-0,06%), As (0,01-0,08%) and especially the precious metal. Geochemical sampling over dispersion trains and network of 50x5 m in the area of 0.4 km^2 showed anomalous fields of lead, copper and molybdenum. The high gold contents in some cases reaching 2,435; 2,537; 2.756, 4.41, even 6,02 g/t have been defined by the pit sampling of the secondary quartzites in all selected 30 samples.

In the southwestern edge of Narchala area 208 and 11 wells (150 m and 226 m depth) drilled on the weak lead anomaly penetrated monoquartz, quartz-sericite, quartz-kaolinite metasomatites with ubiquitous distribution of pyrite and with frequent intervals (5-15 m), with visible vein-disseminated mineralization of bornite, chalcopyrite, galenite and sphalerite.

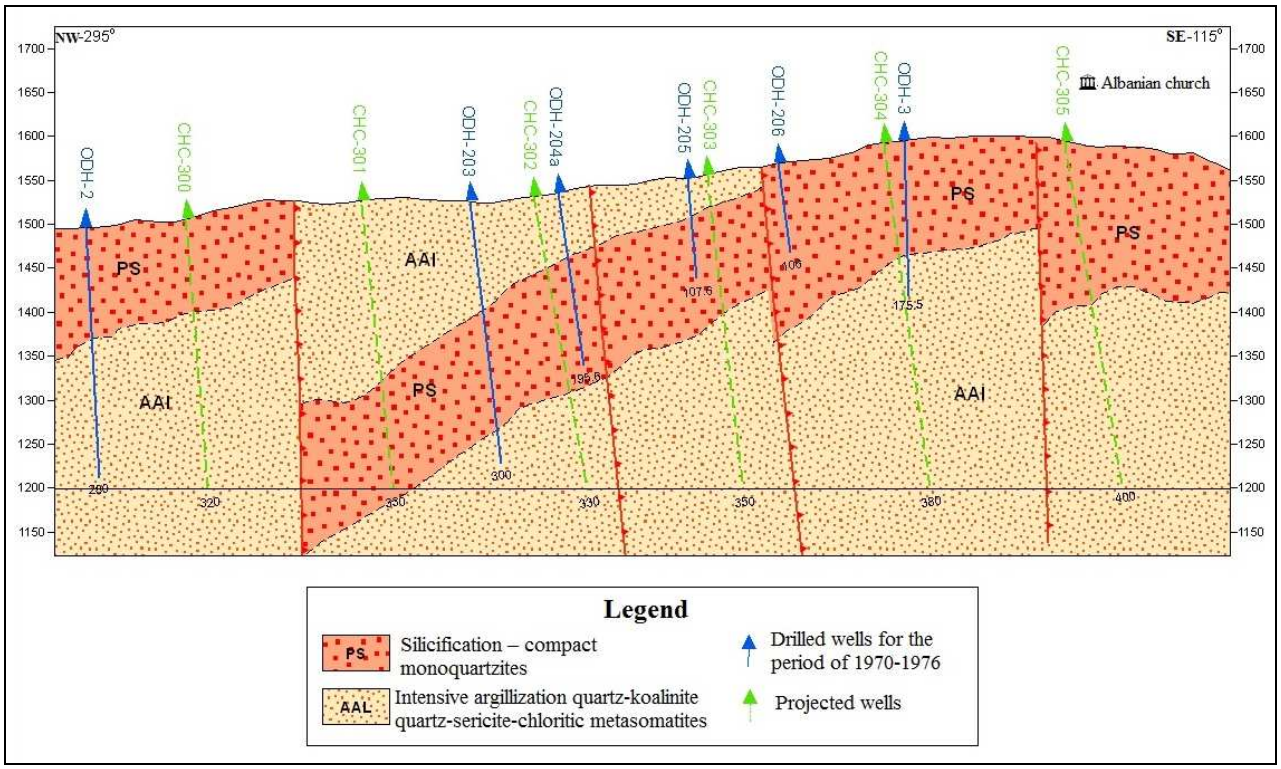
The second prospective area "Eagle Mountain" with area of 0,15 km^2 is located in 1,5 km southward of the "Narchaly" and covers the submeridional ruptures' system intersecting volcanogenic and volcanogenic-sedimentary formations of Bajocian and Bathonian. The argillization, carbonatization, chloritization are developed in zones of disturbances. The veinlets of calcite, siderite, pink barite, malachite dissemination, azurite, pyrite are distinguished among hydrothermalites. Three zones of anomalous radioactivity, high contents of molybdenum, lead (0,003-0,01% and 0.01-0.04%, respectively) have been determined by surface mine workings. The drilled 207 well (with 230 m depth) has intensively undercut argillized, the quartzous in the lower part of the section and often crushed rocks with abundant dissemination of the coarse-crystalline pyrite but dissemination of galenite and sphalerite – in the range of 10-60 m.

The well №9 with depth of 260 m was drilled in 300 m to the southwest (210^0) from Eagle Mountain (1599,9 m). The well was drilled through tuffobreccias, tuffolavas and rhyolites' ignimbrites and rhyolite-dacites transformed into monoquartz, quartz-kaolin metasomatites. The well has penetrated the phenocrysts of galenite, sphalerite and chalcopyrite from 36 m depth that can be traced up to 260 m depth. The rich mineralization is observed in the intervals of 36-43,5 m; 52,5-89,0 m; 100,6-102,1 m; 138,4-260,0 m. The total shaft length of rocks with rich ore is 167,5 m.

Generally only this working from more than ten drilled wells (K. Aliyev and others) has undercut the most powerful ore-bearing zone of copper and polymetals that is undoubtedly connected with the presence of the large near-meridianal faults being probably ore-controlling in this area.

In the seventies of the last century 11 wells were drilled by Koltsov expedition in the basin of Danaerichay river wherein chalcopyrite-pyrite-galenite-sphalerite ores were exposed. The gold-copper-polymetallic mineralization with shaft length of 62,5 m containing Cu – 0,1%, Zn – 1,9%, Pb – 0,25%, was intersected by one of the wells (204a) but with shaft length of 19,5 m Au content is from 0,6 to 6,0 g/t, Ag – 30-40 g/t. Taking this into consideration three samples showing besides the non-ferrous metals and also high gold contents – 0,8; 2,2 and 3,8 g/t were selected eastward of the mentioned well in the area of elevation point – 1503,9 m 150 m in 2000.

Finally the third prospective area – *"Sulfide"* is located in 800 meters to the south-west of "Eagle Mountain" region, to the north-west of the "Albanian Church". There has been conducted the geochemical sampling according to the dispersion trains and network of 100x10m and the anomalous aureoles of lead – 0,002-0,01% in sizes from 200 x 500 to 700 x 1500 have been defined in the area of 2,0 km^2. The forms of the anomalies are lenticular and they are extended northeastward. The anomalies of the copper (content – 0,001-0,05%) and molybdenum (0,0005-0,0025%) with sizes of 150 x 700 m are superposed in anomaly contours. It should be noted that a number of wells (№ 2, 203, 204a, 205, 206, 3) have been drilled within the abnormal area "Sulfide". They have been undercut mineralization of copper and polymetals. The generalized section along the lines of the mentioned workings is presented in the profile (Fig.).



Profile in the line of №2-3 wells along the "Sulfide" area (SE Chovdar village). Scale – 1:5000

The mineralized zones have been uncovered by surface workings and wells. The diabases' dikes contain mineralizations of galenite, sphalerite, gray ores, malachite and azurite. The content of Pb-6,78%, Cu-4,17%, Zn-2,20% at 0,5-1,0 m thickness in the channel samples. The mineralization has developed in tuffs of the rhyolite porphyries that have undergone intensive hydrothermal change; the rocks have been silicified, carbonated, gypsumed and albitized. The zoning can be noticed in nature of the hydrothermalites: distant from the mineralized zone the rocks have hydromicatized and kaolinized, they obtain grass-green color. All wells have dissected pyritization zone (up to 50-80 m depths). Pyrite is microcrystalline, cryptomerous and its coloform formations are revealed (possibly marcasite). The pyrite is 30-50% of the rock mass in the mineralized zone. The pyrite quantity is sharply decreased below in the zone of polymetallic mineralization development. According to this feature one can concede that some of the wells didn't uncover polymetallic ores because of insufficient depth as they are stopped in the pyritization zone. It is planned the vertical zoning of mineralization. The sphalerite, galenite in small quantity and chalcopyrite prevail in ores. The ores are mainly disseminated, breciated and veinlet. The ore minerals grains with size from fractions mm to 2-3 cm are relatively evenly distributed throughout the rock mass, there are observed the grains accumulation with ore nests formation of 10-15 cm in diameter. The veinlets of calcite and gypsum with thickness of 2-10 cm are frequent in the ore intervals.

The quantitative characterization of the ore at depth has been presented by the results of sampling №204a well ("Koltsov" anomaly). There are in the range of 93,5-116,5 m: 23,0 m - Au – 1,66 g/t, Ag – 1,65 g/t, Cu – 0,18 %, Zn – 3,34%, Pb – 0,42%. Moreover arithmetic mean content at 62,5 m is: Zn – 1,9, Pb – 0,25%, Cu – 0,1%; arithmetic mean content at 19,5 m is: Au – 2,0 g/t, Ag – 16.9 g/t, Cu – 0,18%, Cd –30 g/t. In 2010 CBH-950 well was drilled by AIMROC company nearby the mentioned working. It hasn't only confirmed our conclusions about the potential prospectiveness of the zone but also has revealed that the mineralization is distributed at great depth and it has the areal extent.

This well (CBH-950) is in the range of 29,65,5-45,6 m: 15,95 m – Au – 0,44 g/t; Ag – 4,65 g/t; in the range of 94,8-116,0 m: 21,2 m – Au – 0,32 g/t, Ag –18,35 g/t, Cu – 0,2%, Zn – 3,14 %, Pb – 0,36%; in the range of 70,5-117,0 m: 46,5 m – Au – 0,24 g/t, Ag –11,8 g/t, Cu – 0,13%, Zn – 1,81%, Pb – 0,21%. The second well (CBH-953) with 250 m

depth was drilled to the 160 m northwest of the mentioned well. It was undercut intensively changed, silicified rhyolitic tuffs at 208 m thickness (interval 147-175:28 m) – Zn – 0,29% 219-250:31 m – Zn – 0,43%) for which thin (1-5 m) intervals with the contents of Au – 0,1-1,2 g/t and Cu – 0,2-1,5% are considerably characteristic.

The above mentioned ones confirm the prospects of the East Chovdar ore cluster particularly within Danaerichay - Eagle Mountain - Pirinyal upstanding block and they are indicative of the high probability of revealing commercially valuable accumulations of gold, copper and polymetals in "Sulphide", "Orlinogorsk" and "Narchali" areas.

REFERENCE

BABA-ZADEH, V.M., ABDULLAYEVA, SH.F. 2009. Precious metal ore-magmatic systems: Chovdar deposit, Somkhito-Garabakh zone. *Newsletter Vestnik BSU. Series of natural sciences*. 3, 138-158.

BABA-ZADEH, V.M., ABDULLAYEVA, SH.F. 2012. Precious metal ore-magmatic systems. Publishing house of Baku State University. Baku. 276 p.

BABA-ZADEH, V.M., KEKELIYA, S.A., ABDULLAYEVA, SH.F., KEKELIYA, M.A. 2015. The gold-containing sulfide deposits of the island-arc paleosystems, their metallogenic peculiarities and conditions of the geodynamic development. CBS. Baku. 400 p.

BABA-ZADEH, V.M., MUSAYEV, SH.D., NASIBOV, T.N., RAMAZANOV V.G. 2013. Gold of Azerbaijan. Baku. Azerbaijan National Encyclopedia. 424.

Reviewer: academician A.J.Ismail-zadeh

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

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОМОНТИТА В ЭОЦЕНОВОЙ ВУЛКАНОГЕННОЙ ТОЛЩЕ ТАЛЫША (АЗЕРБАЙДЖАН)

К.Г.Рагимов, А.Ф.Багирова, А.Ф.Ширинова, М.И.Чирагов

Бакинский государственный университет
AZ1148, Баку, ул. З.Халилова, 23
afashf@rambler.ru

Для уточнения структуры ломонтита определены параметры ячейки (a=14,7162(9)Å, $в$=13,0676(8)Å, c=7,5711(5)Å, β=111,8650(10)°, пр.гр. C2) и получен полный набор интенсивностей отражений на дифрактометре APEX- II (MoK_{α}-излучение). По результатам РСА уточнена кристаллохимическая формула минерала – $(Ca_{0.9}Na_{0.1})(H_2O)_3(Al_{0.9}Si_{0.1})(AlSi_4O_{12})0.675H_2O$ (z=4). Установлено, что в структуре ломонтита (SiO_4) – тетраэдры образуют четырехчленные кольца – Si_4O_{12}, которые, связываясь с AlO_4-тетраэдрами, формируют сетки с четырех и двенадцатичленными пустотами. Сетки, связанные осью второго порядка, создают каркас с составом ($Al_8Si_{16}O_{48}$), где $(Si\text{-}O)_{ср}$ = 1,615Å, $(Al\text{-}O)_{ср}$ =1,736Å; $(O\text{-}Si\text{-}O)_{ср}$=109,47^0, $(Si\text{-}O\text{-}Si)_{ср}$=139,2^0, $(O\text{-}Al\text{-}O)_{ср}$=109,5^0; $(Si\text{-}O\text{-}Al)_{ср}$=136,7^0.

В пустотах каркаса атом кальция координируется четырьмя мостиковыми кислородами $((Ca,Na)\text{-}O)_{ср}$=2,448Å и тремя молекулами воды $((Ca,Na)\text{-}H_2O)_{ср}$=2,391Å, которые вокруг кальция образуют одношапочную тригональную призму. Координационные и свободные молекулы воды, связываясь водородной связью, формируют клатрат в форме двухшапочной тригональной призмы.

Выявлено структурное подобие ломонтита, вайракита, анальцима и поллуцита, и кристаллохимически обоснованы вяжущие свойства Ca-цеолитов.

Структура Ca-цеолита – ломонтита была исследована разными авторами с различной точностью, и в результате установлены ее разновидности, в которых химический состав алюмосиликатного каркаса сохраняет стабильность – $[Al_8Si_{16}O_{48}]$, а изменения наблюдаются в координациях щелочноземельных катионов и количестве координационных и свободных молекул воды (Амиров и др.,1967; Якубович, Симонов, 1985; Baur et al., 1997).

По результатам анализа, проведенного на рентгенофлуоресцентном анализаторе S4 EXPLORER, определен оксидный состав мономинеральной фракции ломонтита из цеолитизированной толщи Талыша (Азербайджан) (в вес %): SiO_2 – 51,80, Al_2O_3 – 21,32, CaO – 12,56, Na_2O – 1,12, H_2O^+ – 13,14, H_2O^- – 0,33, $\sum$ 100,29. На основе анализа установлена эмпирическая формула минерала – $(Ca_{4.02}Na_{0.12})(Al_{7.82}Si_{16.21}O_{48})$ $\times 14{,}52H_2O$.

Для изучения структуры ломонтита методом РСА отобраны монокристаллы коротко-призматического облика**.** В табл. 1 представлены кристаллографические характеристики, экспериментальные данные и результаты исследования структуры ломонтита. Все установленные параметры показывают, что эксперименты проведены на высоком уровне, а структура определена с большой точностью. Структура расшифрована прямыми методами и уточнена методом наименьших квадратов в полноматричном приближении. Уточненные координаты базисных атомов приведены в табл.2, анизотропные температурные поправки – в табл.3. По результатам РСА определена кристаллохимическая формула минерала:

$$(Ca_{0.9}Na_{0.1})(H_2O)_3(Al(Al_{0.9}Si_{0.1})Si_4O_{12})0.675H_2O.$$

В структуре ломонтита из четырех кристаллохимически различных (SiO_4)-тетраэдров формируются кольца, которые, связываясь с (AlO_4)-тетраэдрами, образуют сетку с четырех- и двенадцатичленными пустотами состава ($Al_4Si_8O_{32}$) (рис.1). Последний не соответствует составу классической сетки (T:O–2:5), так как в пустотах каждый (AlO_4)-тетраэдр имеет две свободные вершины. Сетки, связанные осью второго порядка (рис. 1), полимеризуясь со свободными вершинами тетраэдров, создают каркас с составом ($Al_8Si_{16}O_{48}$). В результате образуется ствол – колодец с восьмичленными сечениями (рис. 2).

В каркасе атом алюминия, расположенный в одной из двух кристаллографических позиций, изоморфно замещается атомом кремния ($Al_{3.6}Si_{0.4}$), что сопровождается замещением кальция натрием ($Ca_{3.6}Na_{0.4}$). Крупный катион координируется че-

тырьмя атомами мостикового кислорода и тремя упорядоченно расположенными молекулами воды, которые вокруг кальция образуют семивершинник – одношапочную тригональную призму (рис.3). В отличие от координационных молекул воды свободные молекулы воды в четырех двукратных позициях статистически разупорядочены (табл. 2).

Координационные и свободные молекулы воды, связываясь водородной связью (в пределах 2,87-3,03Å), формируют клатрат в форме двухшапочной тригональной призмы, а эквивалентные полиэдры, обобщаясь ребрами, образуют димеры (рис. 3). Из последних вдоль параметра *c* формируются колонки.

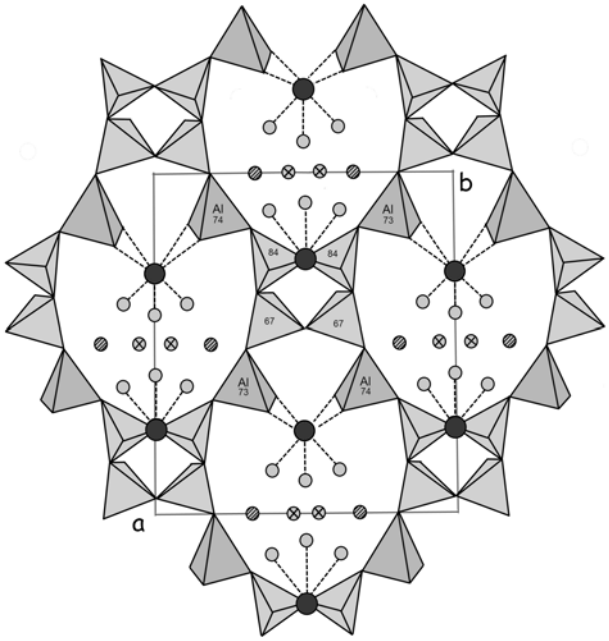


Рис. 1. Тетраэдрическая сетка, сформированная из четырехчленных Si_4O_{12}-колец и AlO_4-тетраэдров

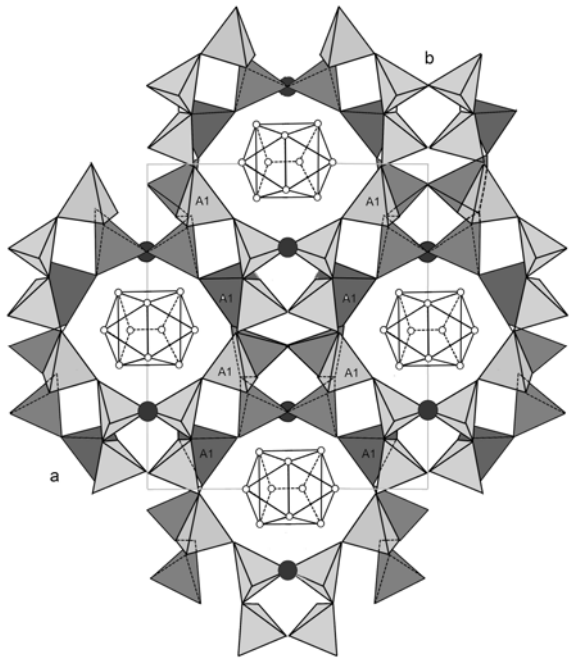


Рис. 3. Кристаллическая структура ломонтита. В восьмичленных пустотах располагаются клатраты из молекул воды

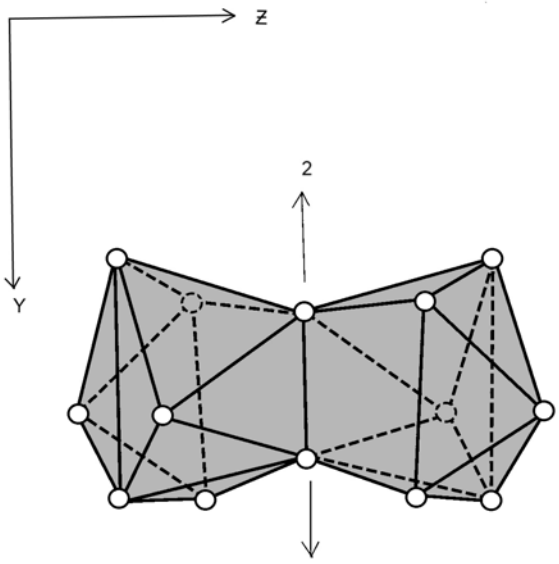


Рис. 2. Димер клатратов из молекулы воды

Как видно из табл. 3, атомы, находящиеся в тетраэдрической позиции и в одношапочной тригональной призме, имеют более стабильные анизотропные температурные параметры. Увеличение значений температурных множителей для свободных молекул воды связано с их статистической разупорядоченностью.

В структуре ломонтита в Si_4O_{12}-кольцах средние межатомные расстояния $(Si\text{-}O)_{ср}$ =1,615Å, а значения валентных углов $(O\text{-}Si\text{-}O)_{ср}$= $109,47^0$ и $(Si\text{-}O\text{-}Si)_{ср}$ = $139,2^0$ (табл. 4). В (AlO_4)-тетраэдрах $(Al\text{-}O)_{ср}$=1,736Å. В каждом (AlO_4)-тетраэдре значения пяти валентных углов (O-Al-O) находятся в пределах $107,3^0$-114,7, $(O\text{-}Al\text{-}O)_{ср}=109,5^0$ и в двух (AlO_4)-тетраэдрах значения валентных углов составляют 97,6° и 97,2° соответственно. В тетраэдрической сетке значение $(Si\text{-}O\text{-}Al)_{ср}$ =136,7°.

Таблица 1

Кристаллографические характеристики, данные экспериментов и уточнения структуры ломонтита $(Ca_{0.9}Na_{0.1})(H_2O)_3(Al(Al_{0.9}Si_{0.1})Si_4O_{12})\times 0.675H_2O$

Эмпирическая формула:	$(Ca_{1.01}Na_{0.03})(Al_{1.95}Si_{4.05}O_{12}) \times 3.63H_2O$
M :	458.12
T, K:	296(2)
Излучение, λ, Å :	MoK_α 0.71073
Сингония, пр.гр., Z:	Моноклинная, C2, 4
Параметры ячейки:	
a, Å	14.7162(9)
b, Å	13.0676(8)
c, Å	7.5411(5)
β, град	111.8650(10)
V, $Å^3$	1345.87(15)
D_x , г/$см^3$	2.261
μ, $мм^{-1}$	1.003
F (000):	911.2
Размеры кристалла, $мм^3$:	$0.20\times0.20\times0.20$ mm^3
Дифрактометр:	Bruker APEX-II, CCD
Тип сканирования:	ω/2θ
Учет поглощения, T_{min}, T_{max}	Полуэмпирический, по эквивалентам, 0.826 и 0.826
θ_{max}, град.:	28.3°
Область *h,k,l:*	$-19 \le h \le 19$ $-17 \le k \le 17$ $-10 \le l \le 10$
Число измеренных отражений:	7705
Число независимых отражений:	3335 (R_{int}/*c I>2σ(I)*)
Метод уточнения:	МНК по F^2
GOF:	0.811
Фактор недостоверности:	
Окончательный R фактор R_1(İ>2σ)(İ))	R_1=0.0315, wR_2=0.0946
wR_2 (все данные):	wR_1=0.040, wR_2=0.0978
Абсолютный структурный параметр:	0.45(9)
$\Delta\rho_{max.}/\Delta\rho_{min.}$ Э/$Å^3$:	0.694/-0.347

Таблица 2

Координаты атомов ($\times10^{-4}$) и эквивалентные тепловые параметры ($\times10^{-3}$) в структуре ломонтита $(Ca_{0.9}Na_{0.1})(H_2O)_3(Al(Al_{0.9}Si_{0.1})\ Si_4O_{12})\ \times0.675H_2O$

Атомы	***x***	***y***	***z***	$U_{экв}$	**Заселенность**
1	2	3	4	5	6
(Ca, Na)	2712 (1)	0002 (2)	7564 (1)	13 (1)	0.9Ca + 0.1Na
Si (1)	2613 (1)	6180 (1)	8432 (2)	4 (1)	1
Si (2)	-0820 (1)	1168 (1)	6744 (2)	10 (1)	1
Si (3)	2611 (1)	3824 (1)	8422 (2)	10 (1)	1
Si (4)	4182 (1)	3838 (1)	6726 (2)	10 (1)	1
Al (1)	1294 (1)	1911 (1)	7356 (2)	10 (1)	1
(Al,Si)(2)	3719 (1)	3100 (1)	2673 (3)	6 (1)	0.9Al + 0.1Si
O (1)	1649 (3)	3166 (3)	7329 (6)	14 (1)	1
O (2)	3517 (3)	3424 (3)	7919 (6)	16 (1)	1
O (3)	2384 (1)	4976 (4)	7705 (3)	14 (1)	1

1	2	3	4	5	6
O (4)	4507 (1)	4966 (4)	7387 (3)	16 (1)	1
O (5)	1460 (3)	1194 (3)	5524 (5)	15 (1)	1
O (6)	0114 (3)	1890 (3)	7247 (6)	19 (1)	1
O (7)	2891 (3)	3774 (3)	0684 (6)	15 (1)	1
O (8)	3517 (4)	6608 (4)	7853 (9)	16 (1)	1
O (9)	5090 (3)	3088 (3)	7210 (6)	15 (1)	1
O (10)	3533 (3)	3826 (4)	4444 (6)	16 (1)	1
O (11)	1644 (3)	6839 (4)	7319 (7)	19 (1)	1
O (12)	2905 (3)	6233 (3)	0723 (5)	14 (1)	1
H_2O (1)	3825 (4)	1181 (4)	7262 (14)	139 (4)	1
H_2O (2)	4147 (3)	-0171 (12)	0480 (6)	148 (5)	1
H_2O (3)	3800 (5)	-1041(7)	6557 (9)	115 (3)	1
H_2O (4)	5000	-0636 (6)	5000	67 (2)	0.4
H_2O (5)	5000	1684 (16)	0000	130 (20)	0.127
H_2O (6)	5000	-0182 (70)	0	1020 (110)	0.326
H_2O (7)	5000	0997	0	950 (90)	0.5

Таблица 3

Анизотропные температурные параметры ($\times 10^{-3}$) в структуре ломонтита
$(Ca_{0.9}Na_{0.1})(H_2O)_3(Al(Al_{0.9}Si_{0.1})Si_4O_{12}) \times 0.675H_2O$

Атомы	U_{11}	U_{22}	U_{33}	U_{23}	U_{13}	U_{12}
(Ca, Na)	15 (1)	13	13	-2 (1)	6 (1)	-1 (1)
Si (1)	6 (1)	0 (1)	3 (1)	-2 (1)	2 (1)	0 (1)
Si (2)	12 (1)	11 (1)	8 (1)	-3 (1)	4 (1)	-3 (1)
Si (3)	10 (1)	10 (1)	9 (1)	-2 (1)	3 (1)	-1 (1)
Si (4)	9 (1)	9 (1)	10 (1)	-3 (1)	4 (1)	-1 (1)
Al (1)	8 (1)	9 (1)	7 (1)	-3 (1)	-1 (1)	1 (1)
(Al,Si)(2)	14 (1)	9 (1)	11 (1)	1 (1)	8 (1)	-4 (1)
O (1)	15 (2)	4 (2)	12 (2)	3 (1)	-5 (2)	2 (2)
O (2)	18 (2)	18 (2)	12 (2)	8 (2)	7 (2)	6 (2)
O (3)	18 (2)	8 (2)	14 (2)	-8 (2)	4 (1)	-8 (2)
O (4)	20 (2)	9 (2)	15 (2)	3 (2)	3 (2)	2 (2)
O (5)	22 (2)	13 (2)	5 (2)	-4 (2)	3 (2)	-1 (2)
O (6)	16 (2)	21 (2)	20 (2)	-8 (2)	6 (2)	-10 21)
O (7)	18 (2)	15 (2)	13 (2)	-9 (2)	7 (2)	-3 (2)
O (8)	16 (2)	12 (2)	25 (2)	5 (2)	16 (2)	2 (2)
O (9)	11 (2)	14 (2)	19 (2)	-4 (2)	9 (2)	-2 (2)
O (10)	11 (2)	20 (2)	16 (2)	1 (2)	4 (2)	5 (2)
O (11)	14 (2)	19 (2)	23 (3)	2 (2)	10 (2)	8 (2)
O (12)	17 (2)	16 (2)	6 (2)	-8 (2)	3 (2)	-7 (2)
H_2O (1)	61 (4)	31 (2)	364 (4)	59 (4)	116 (6)	-4 (2)
H_2O (2)	28 (2)	359 (14)	47 (2)	72 (6)	12 (2)	-7 (6)
H_2O (3)	69 (4)	177 (8)	70 (4)	-81 (4)	-8 (3)	36 (4)
H_2O (4)	43 (4)	48 (4)	73 (5)	0	-20 (4)	0
H_2O (5)	350 (60)	11 (9)	24 (12)	0	50 (20)	0
H_2O (6)	900 (200)	540 (150)	1900 (300)	0	1100 (300)	0
H_2O (7)	850 (150)	530 (150)	1800 (250)	0	950 (250)	0

Примечание: Преобразования симметрии, определяющие эквивалентные координаты атомов
#1 -x+ 1/2, y-1/2, -z+1 # 2 -x+1/2, y-1/2, -z+1 # 3 -x+1/2, y+1/2, -z+1
4 x+1/2, y+1/2, z # 5 x-1/2, y-1/2, z #6 -x, y, -z+1
#7 -x+1, y, -z+1 #8 x, y, z+1 #9 x, y, z-1 # 10 -x+1/2, y+1/2, -z+1

Таблица 4

Межатомные расстояния d (Å) и валентные углы ω (град) в структуре ломонтита
$(Ca_{0.9}Na_{0.1})(H_2O)_3(Al(Al_{0.9}Si_{0.1})Si_4O_{12}) \times 0.675H_2O$

Связь	***d***	**Связь**	***d***
в Si_1-тетраэдре		в Si_2-тетраэдре	
$Si_1 - O_{11}$	1.608(4)	$Si_2 - O_6$	1.589(4)
$- O_{12}$	1.618(4)	$- O_8 \# 5$	1.613(5)
$- O_8$	1.641(5)	$- O_5 \# 6$	1.616(4)
$- O_3$	1.658(5)	$- O_4 \# 5$	1.658(5)
$(Si_1\text{-}O)_{cp}$	1.631	$(Si_2\text{-}O)_{cp}$	1.619
в Si_3-тетраэдре		в Si_4-тетраэдре	
$Si_3 - O_3$	1.592(5)	$Si_4 - O_4$	1.577(5)
$- O_1$	1.600(4)	$- O_9$	1.584(4)
$- O_7$	1.602(4)	$- O_{10}$	1.628(4)
$- O_2$	1.609(5)	$- O_2$	1.642(5)
$(Si_3\text{-}O)_{cp}$	1.600	$(Si_4\text{-}O)_{cp}$	1.609
в Al_1-тетраэдре		в Al_2-тетраэдре	
$Al_1 - O_6$	1.704(5)	$Al_2 - O_9 \# 7$	1.726(5)
$- O_1$	1.723(5)	$- O_{11} \# 2$	1.732(5)
$- O_{12} \# 2$	1.734(4)	$- O_{10} \# 8$	1.739(5)
$- O_5$	1.762 (5)	$- O_7$	1.771(5)
$(Al_1\text{-}O)_{cp}$	1.730Å	$(Al_2\text{-}O)_{cp}$	1.742Å
(Ca,Na) полиэдры			
$(Ca, Na) - H_2O(1)$	2.316(5)	$(Ca, Na) - O_{10} \# 1$	2.440 (5)
$- H_2O(2)$	2.425(4)	$- O_{12} \# 2$	2.442(5)
$- H_2O(3)$	2.431(7)	$- O_7 \# 2$	2.445(5)
$((Ca, Na)\text{-}H_2O)_{cp}$	2.3906 Å	$- O_5$	2.463
		$((Ca, Na) - O)_{cp}$	2.4485
Угол	***ω***	**Угол**	***ω***
$O_{11} - Si_1 - O_{12}$	111.5(2)	$O_6 - Si_2 - O_8 \# 5$	107.8 (3)
$O_{11} - Si_1 - O_8$	108.8(3)	$O_6 - Si_2 - O_5 \#6$	110.8 (2)
$O_{12} - Si_1 - O_8$	110.5(3)	$O_8 \# 5 - Si_2 - O_5 \#6$	108.1 (2)
$O_{11} - Si_1 - O_3$	107.8 (2)	$O_6 - Si_2 - O_4 \# 5$	110.8 (2)
$O_{12} - Si_1 - O_3$	109.5 (2)	$O_8 \# 5 - Si_2 - O_4 \# 5$	110.6 (2)
$O_8 - Si_1 - O_3$	108.6 (2)	$O_5 \# 6 - Si_2 - O_4 \# 5$	108.7 (2)
$(O - Si_1 - O)_{cp.}$	109.4	$(O - Si_2 - O)_{cp.}$	109.5
$O_3 - Si_3 - O_1$	107.5 (2)	$O_4 - Si_4 - O_9$	112.3 (2)
$O_3 - Si_3 - O_7$	109.9 (2)	$O_4 - Si_4 - O_{10}$	109.4 (2)
$O_1 - Si_3 - O_7$	110.7(2)	$O_9 - Si_4 - O_{10}$	110.2 (2)
$O_3 - Si_3 - O_2$	108.3 (2)	$O_4 - Si_4 - O_2$	107.9 (2)
$O_1 - Si_3 - O_2$	111.1 (2)	$O_9 - Si_4 - O_2$	106.8 (2)
$O_7 - Si_3 - O_2$	109.3 (2)	$O_{10} - Si_4 - O_2$	110.2 (2)
$(O - Si_3 - O)_{cp}$	109.5	$(O - Si_4 - O)_{cp}$	109.5
$O_6 - Al_1 - O_1$	109.1	$O_9 \# 7 - Al_2 - O_{11} \# 2$	107.3 (2)
$O_6 - Al_1 - O_{12} \# 2$	112.9 (2)	$O_9 \# 7 - Al_2 - O_{10} \# 8$	114.4 (2)
$O_1 - Al_1 - O_{12} \# 2$	112.5 (2)	$O_{11} \# 2 - Al_2 - O_{10} \# 8$	112.2 (2)
$O_6 - Al_1 - O_5$	112.9 (2)	$O_9 \# 7 - Al_2 - O_7$	114.7 (2)
$O_1 - Al_1 - O_5$	111.5 (2)	$O_{11} \# 2 - Al_2 - O_7$	111.1 (2)
$O_{12} \# 2 - Al_1 - O_5$	97.6 (3)	$O_{10} \# 8 - Al_2 - O_7$	97.2 (3)
$(O - Al_1 - O)_{cp}$	109.43	$(O - Al_2 - O)_{cp}$	109.48
$(Si\text{-}O\text{-}Si)_{cp}$	139.2	$(Si\text{-}O\text{-}Al)_{cp}$	136.7

В одношапочной тригональной призме крупного катиона четко выделяются межатомные расстояния двух типов: в первом три расстояния (Ca,Na)-H_2O=2,316, 2,425 и 2,411Å, ((Ca,Na)- $H_2O)_{ср}$=2,391Å, а во втором типе – четыре расстояния (Ca, Na)–O в пределах 2,442-2,462Å, ((Ca,Na)-O)$_{ср}$=2,448Å.

Неоднородность межатомных расстояний в (AlO_4)-тетраэдре и в (Ca,Na)-полиэдре (табл. 4) связана с распределением формального баланса валентности на анионах, который компенсируется удлинением или уменьшением межатомных расстояний.

В результате изучения генезиса тетраэдрических радикалов и поведения крупного катиона в структурах цеолитов установлены следующие закономерности:

1. В эмпирической формуле цеолитов соотношение Al:Si сохраняет стабильность в составе первичных тетраэдрических структурных элементов. Например, в структурах ломонтита (Fridricson et al., 2003), анальцима $Na_2Al_2Si_4O_{12}\times H_2O$ (Cruciani, Gualteri, 1999), вайракита $CaAl_2Si_4O_{12}\times 2H_2O$ (Seryotkin et al., 2003), поллуцита $Cs_2Al_2Si_4O_{12}$ (Gatta et al., 2009) тетраэдрический каркас формируется из сеток, состоящих из тетраэдрических колец Si_4O_{12}, связанных с AlO_4-тетраэдрами.

2. Во всех структурах Ca-цеолита в координациях атомов кальция расстояние Ca-H_2O сравнительно меньше, чем расстояние Ca-O. Неоднородность расстояний связана со степенью прочности связей Ca-H_2O(O). Из этого можно сделать вывод, что в процессе дегидратации цеолита атом кальция выделяется не в ионном виде, а в гидратированной форме – $Ca(OH)_2$, которая имеет ценные вяжущие свойства, поэтому Ca-цеолиты могут быть использованы как наполнители цемента, а тетраэдрический каркас играть роль арматур в процессе твердения цемента.

ЛИТЕРАТУРА

АМИРОВ, С.Т., ИЛЮХИН, В.В., БЕЛОВ, Н.В. 1967. Кристаллическая структура леонгардита (ломонтита) $CaAI_2Si_40_{12}\cdot nH_2O$. *ДАН СССР*. 174, 3, 667-670.

ЯКУБОВИЧ, О.В., СИМОНОВ, М.А. 1985. Уточнение кристаллической структуры цеолита ломонтита $Ca(H_2O)_3[A1_2Si_4O_{12}]\cdot 0.5H_2O$. *Кристаллография*. 30, 624-626.

BAUR, W.H, JOSVIQ, W, FURSENKO, B.A, BELITSKY, I.A. 1997. Symmetry reduction of the aluminosilicate framework of lau topology by ordering of exchangeable cations. The crystal-structure of primary leonhardite with a primitive bravais lattice. *Eur. J. Mineral.* 9, 1173-1182.

CRUCIANI, G., GUALTERI, A. 1999. Dehydration dynamics of analcime by in situ synchrotron powder diffraction. *Amer. Mineral.* 84(1-2), 112-119.

FRIDRICSON, T., BISH, D.L., BIRD, D.K. 2003. Hydrogen-bonded water in laumontite I: X-ray powder diffraction study of water site occupancy and structural changes in laumontite during room-temperature isothermal hydration/dehydration. *American Mineralogist*. 88, 277-287.

GATTA, G.D., ROTIROTI, N., BOFFA, BALLARAN T., SANCHES-VALLE, C., PAVESE, A. 2009. On the crystal structure and crystal chemistry of pollucite, $(Cs,Na)_{16}Al_{16}Si_{32}O_{96}\cdot nH_2O$: A natural microporous material of interest in nuclear technology. *Amer. Mineral.* 52, 1515-1518.

SERYOTKIN, Y.V., JOSVIQ, W., BAKAKIN, V.V., BELITSKY, I.A., FURSENKO, B.A. 2003. High-temperature crystal structure of wairakite. *Eur. J. Mineral.* 15, 475-484.

Рецензент: академик А.Дж.Исмаил-заде

ГЕОГРАФИЯ

© Р.М.Мамедов, Х.Р.Исматова, Н.Р.Джафарова, 2016

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ АБШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Р.М.Мамедов[1], Х.Р.Исматова[2], Н.Р.Джафарова[1]

1 – *Институт географии НАНА*
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 115

2 – *Азербайджанская Национальная Авиационная Академия*
AZ1045, Баку, просп. Мардякан, 30
E-mail: ramiz.mamedov@geo.ab.az

Разработана комплексная методика составления карт процессов опустынивания Абшеронского полуострова на основе космических снимков и составлены карты степени, причины и риска опустынивания, а также ландшафтная карта и карта землепользования Абшеронского полуострова.

Обработка космических снимков, составление карт ландшафтов, степени и типов опустынивания, а также результаты полевых исследований показали, что при общей площади Абшеронского полуострова примерно 3000 км^2 деградация растительности происходила на 1445,397 км^2 территории. Площади, подвергшиеся опустыниванию других типов, следующие: водной эрозии – 308,964, ветровой эрозии – 43,247, засолению – 789,208, техногенному загрязнению – 458,758, затоплению, подтоплению – 21,621 км^2. При этом, исходя из подвергшейся опустыниванию площади, определены следующие его степени: слабое – 26,638 км^2 (1%), умеренное – 722,623 (24%), сильное – 1659,243(54%), очень сильное – 658,937(21%).

Анализ результатов исследования показывает, что на Абшеронском полуострове практически нет участка, который не подвергался бы опустыниванию. Примерно 50% исследованной территории подвергалось «сильному» опустыниванию. Также можно сказать, что деградация растительного покрова Абшеронского полуострова охватила 50% этой территории.

Введение. В начале XXI века человечество столкнулось с еще одной серьезной экологической и социально-экономической проблемой – усилением интенсивности опустынивания. Она является глобальной как в связи с тем, что охватывает огромные территории суши, так и потому что для ее решения необходимы объединенные усилия всего мирового сообщества. В то же время степень и причины опустынивания в разных регионах заметно отличаются, поэтому она имеет также и локальный характер.

По существующим оценкам аридные территории, на которых наиболее вероятно возникновение опустынивания, занимают более 40% земной суши, причем на 69% этих земель опустынивание уже происходит. Деградированы 30% орошаемых земель, 50% богарных и 75% пастбищных. Более 100 государств мира испытывают угрозу опустынивания. Негативное воздействие опустынивания ощущают примерно 900 млн. человек, причем около 10 млн. человек ежегодно вынуждены мигрировать с опустыненных территорий как экологические беженцы (Бабаев и др., 1986; Конвекция ООН, 1994; Опустынивание, 1977).

В мировой литературе термин "опустынивание" трактуется по-разному. Одни ученые считают, что в развитии процессов опустынивания особая роль принадлежит растительности (деградация пастбищ, сокращение биомассы), другие – почвам (засоление, заболачивание, эрозия), третьи – водной среде (загрязнение, засоление, заболачивание). Однако все предлагаемые определения, дополняя друг друга, однозначно сходятся на том, что опустынивание – явление чрезвычайно негативное, что оно имеет как общеприродные, так и социально-экономические аспекты.

Установлено, что усилению процессов опустынивания в большей степени способствуют два фактора: а) колебание климата с его периодическими засухами, б) деятельность чело-

века с его нерациональными методами землепользования. В документах Международной конференции по борьбе с опустыниванием в 1977 г. отмечено, что из 45 причин, вызывающих опустынивание, 87% связаны с антропогенными факторами и лишь 13% относятся к природным явлениям.

Критическое обобщение большей части существующих определений термина "опустынивание" позволяет нам сделать следующий вывод: опустынивание – это разрушение экосистем аридных и семиаридных территорий, приводящее к уменьшению природно-экономического потенциала земли и создающее тяжелейшие экологические условия для развития всех форм органической жизни.

Абшеронский полуостров характеризуется в основном аридно-полупустынными и частично сухостепными геосистемами. Высота рельефа колеблется от -27 км до 350-400 м, и представлен он низкогорьем и увалисто-холмистыми равнинами. Для Абшерона характерен климат умеренно-теплых полупустынь и сухих степей с сухим летом. Район отличается слабым и скудным увлажнением при среднем годовом количестве атмосферных осадков 250 – 300 мм, уступающих возможному испарению в три раза.

Несмотря на аридность климатических условий ландшафта и скудность поверхностных вод, по сравнению с соседними территориями он характеризуется большой концентрацией населения, населённых пунктов, промышленных и коммуникационных систем, что привело к коренному изменению и деградации природных ландшафтов и трансформированию их под воздействием антропогенных и природных факторов в неблагоприятные нежелаемые антропогенные и природные ландшафты. Все вышепредставленные особенности полуострова подтверждают его легкую уязвимость, сильную степень подвергаемости процессу опустынивания. Например, по мнению Мусеибова (1999), в начале нашей эры 60% территории Азербайджана было покрыто лесами, тогда как сейчас эта величина составляет около 10%.

Методика составления крупномасштабных карт опустынивания на основе космических снимков. Составление крупномасштабных карт процессов опустынивания для Абшеронского полуострова проводилось согласно краткому методическому руководству по составлению крупномасштабных карт, а также инструкциям и методике обработки космических снимков и интегрирования результатов обработки в ГИС (Draft report…, 1990; Provisional methodology…, 1984).

В состав программного обеспечения обработки космических снимков и картирования входили следующие программные продукты: 1) ArcView, версии 3.2 – геоинформационная система (ГИС); 2) Image Analysis – расширение ArcView, ориентированное на обработку изображений; 3) Image Warp 2.0 – расширение ArcView, ориентированное на процедуру трансформирования растровых изображений в заданную картографическую проекцию относительно выбранного shp.file или другого изображения в нужной проекции; 4) Shape Warp 2.0 – расширение ArcView, ориентированное на процедуру трансформирования векторной темы в заданную картографическую проекцию относительно выбранной другой векторной темы в нужной проекции; 5) Chips for Windows – автоматизированная система обработки изображений. Исходными источниками информации являлись:

- Космические снимки со спутника Landsat 7TM, апрель 2000 года с разрешением 30x30м. Снимки исходно были трансформированы в нужную проекцию: Projection: UTM; Ellipsoid: WGS-84; Zona: 39; Central meridian: 51 00 00; Base parallel: 00 00 00; Units: meters; Scale factor: 0.9996.
- Тематические карты территории Азербайджана: Геоморфологическая (М. 1: 600 000); Физическая (М. 1: 600 000); Растительности (М. 1: 600 000); Ландшафтная (М. 1: 600 000) (Гидрологическая карта…, 1959).
  Топографические карты участков (М. 1:100 000, система координат 1942 года, проекция Гаусса-Крюгера, Пулково, 1942, обновлённые в 1975 году, издание 1978 г.).

Постановка задачи заключалась в следующем:

- Выделение классов природных ландшафтов по космическим снимкам и их оконтуривание.
- Векторизация гомогенных контуров (единиц) по результатам классификации космических снимков.
- Определение типов контуров (единиц) естественных геосистем: комбинация ландшафтов и землепользования.
- Оценивание степени воздействия различных (природных и антропогенных) причин на экологическое состояние естественных ареалов по космическим снимкам, литературным ис-

точникам, картографическому материалу, результатам проверки эксперта и создание базы данных индикаторов и классов опустынивания по следующей структуре: тип опустынивания; степень опустынивания; причины опустынивания; опасность опустынивания.

- Оценивание типов опустынивания и создание карты “Типы опустынивания”.
- Оценивание степени опустынивания и создание карты «Степень опустынивания».
- Исследование причин опустынивания и создание карты «Причины опустынивания».
- Анализ процессов опустынивания по составленным картам, космическим снимкам, прогнозным тематическим картам, литературным источникам и составление карты опасности опустынивания на 2020 год.

Технология составления крупномасштабных карт процессов опустынивания состояла из следующих этапов: I. Сбор, оцифровка и систематизация исходного материала; II. Выравнивание, географическая привязка и состыковка исходных картографических данных; III. Обработка космических снимков с целью классификации единиц природных ландшафтов для составления контуров единиц природных ландшафтов и землепользования. Составление карт природных ландшафтов и землепользования; IV. Уточнение результатов классификации и установление количественных критериев опустынивания по полевым исследованиям; V. Поконтурное оценивание процессов опустынивания (тип, степень, причины) по площади на единицу контура; VI. Генерализация карт масштаба 1: 100 000 к масштабу 1:200 000; VII. Анализ современного состояния процессов опустынивания по составленным картам процессов опустынивания, тематическим прогнозным картам, результатам проверки эксперта и литературным источникам с целью составления прогнозной карты опасности опустынивания на 2020 г.

Этап I и II проводился согласно руководству «ГИС и дистанционное зондирование» (Draft report…, 1990). Исходные космические снимки и оцифрованный картографический материал систематизировался и записывался в единую директорию. В результате была составлена разграфка масштаба 1:100 000 (рис.1). В состав разграфки вошли топокарты с номерами*: K-39-111, K-39-124, K-39-123, K-39-125, K-39-136, K-39-137.* На рис. 2 представлены топографические карты в проекции Projection: UTM, Ellipsoid: WGS-84, Zona: 39.

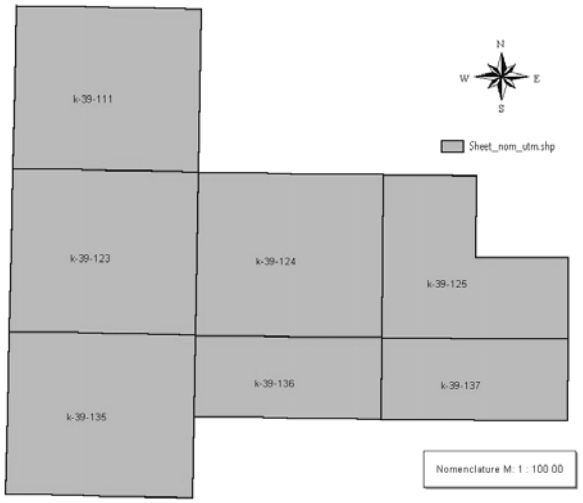


Рис. 1. Разграфка топографических карт масштаба 1:100 000

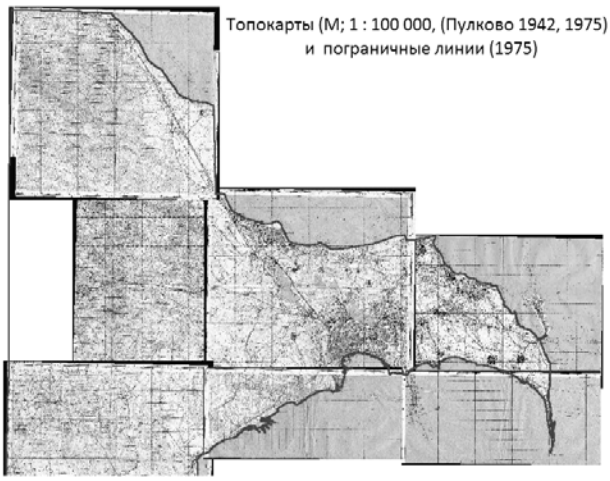


Рис. 2. Топографические карты масштаба 1:100 000

Этап III. Обработка космических снимков с целью классификации единиц природных ландшафтов для составления контуров единиц природных ландшафтов и землепользования проводилась согласно инструкции «Основы дистанционного зондирования и обработка снимков (Provisional methodology…, 1984). Классификация проводилась по четырём видам представления информации: исходная многозональная информация; композиция по трём каналам; композиция с выделением свойств объектов по всем каналам и улучшенной цветовой композиции после применения алгоритма растяжения гистограммы; неконтролируемая классификация, алгоритм ISOMAD. Результаты классификации были отпечатаны в формате A3 и проведены экспертные уточнения непосредственно в полевых условиях.

Уточнению подлежали следующие ключевые участки Абшеронского полуострова: 1) Шахова коса; 2) грязевые вулканы; 3) прибрежная зона; 4) зона нефтепромышленности и добычи нефти (Говсан, Зых); 5) Каменные карьеры.

Составление карт по результатам дешифрирования космических снимков в ArcView, версия 3.2. Процедура векторизации есть специфическое представление векторных слоёв (двойные внутренние и внешние контуры). Вследствие такого представления возникает необходимость ликвидации внешних (или внутренних) контуров, что является достаточно трудоёмкой процедурой, когда поконтурно прослеживаются все контуры и выполняются процедуры Union или Substract. Эта процедура может быть заменена альтернативной процедурой, когда результат классификации преобразуется в изображение формата tif (Export to Standard Image format и Generate ArcInfo world file в Chips). Выполнение этих процедур в Chips позволяет получить в *ArcView версии 3.2* векторное изображение без двойных контуров. Генерализация относительно топокарт масштаба 1:100 000 выполнялась с помощью расширения Edit Tools. Таким образом были получены контуры природных ландшафтов, соответствующие топокартам масштаба 1:100 000, и осуществлялся переход к составлению карт опустынивания.

Составление карт процессов опустынивания. Для анализа и сопоставления информации с точной привязкой по местности во *View* были собраны слои тематических карт, изображения топокарт, а также информация о рельефе местности в виде точечной темы, отображающей высоты местности, а также слои рек, дорог и каналов (рис.3, 4). Анализ указанных материалов показал сильное изменение ландшафтов местности по сравнению с информацией на топокартах за 1978 год. Особенно это коснулось русел рек, появились в большом количестве озера (сбросовые, временные, нефтяные), затопления, солончаки, исчезли сады, увеличились ареалы городов и населённых пунктов, следы вулканической деятельности. Наблюдение за этими изменениями потребовало дополнительных полевых исследований. В результате анализа сопутствующей информации и проверки эксперта Институтом географии НАНА были составлены легенда карты природных ландшафтов (соответствующая масштабу 1: 100 000) и карта землепользования, легенда которой состояла из 66 пунктов (Будагов и др., 2002).

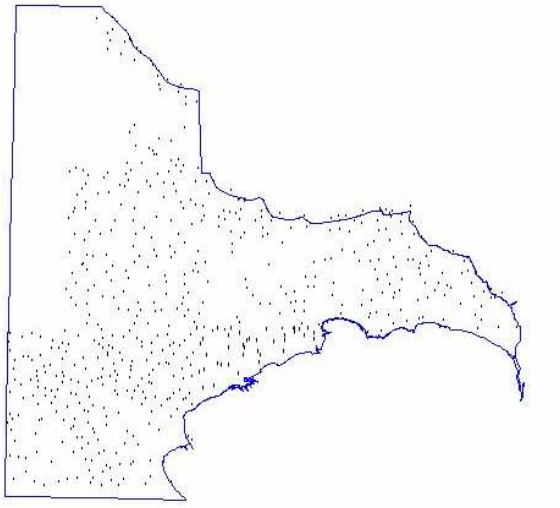


Рис. 3. Тематические слои, отображающие высотный рельеф местности



Рис. 4. Тематические слои, отображающие слои рек, дорог и каналов

Далее осуществлялась процедура оценивания вероятного экологического состояния каждого контура (единицы природного ландшафта) по воздействию различных причин опустынивания, оценивалась степень и устанавливался тип опустынивания. Оценки заносились в таблицу базы данных, связанную с темой процессов опустынивания.

Карта современного состояния процесса опустынивания составляется следующим образом: легенды на картах представляются в следующих цветах: нет опустынивания – белый цвет; слабое – жёлтый; умеренное – оранжевый; сильное – коричневый; очень сильное – красный. Пример составления космокартосхемы процессов опустынивания участка Абшеронского полуострова представлен на рис. 5 и табл.1.



Рис. 5. Пример составления карты опустынивания

Таблица 1

Классификации типов, степени и причины опустынивания

Название темы			
Ландшафт	Тип опустынивания	Степень опустынивания	Причины опустынивания
Код ландшафта	Код типа	Код степени	Код причины

Коды типа опустынивания (числа от 1 до 6) представляют классификацию по типу опустынивания в следующем порядке:	**Код**		**Типы опустынивания**
	1	D	деградация растительности;
	2	E	водная эрозия;
	3	W	ветровая эрозия;
	4	S	засоление
	5	T	Техногенное опустынивание
	6	F	Затопление, подтопление

Коды степени опустынивания (числа от 0 до 4) представляют классификацию степени опустынивания в следующем порядке:	**Код**	**Классификация по степени**
	0	нет
	1	слабое
	2	умеренное
	3	сильное
	4	очень сильное

Коды причины опустынивания (символы) представляют классификацию причин опустынивания в следующем обозначении:	**Код**	**Классификация по причине**
	Nt	природные причины
	Ct	вырубка деревьев и кустарников
	Pr	изыскательские, строительные и др.работы
	Og	перевыпас
	Fl	затопление, повышение уровня моря
	Ag	сельскохозяйственная деятельность

Для составления карты опасности опустынивания исследуемых природных ландшафтов выделяются контуры природных ландшафтов, наименее устойчивых к воздействиям природных и антропогенных факторов при процессе опустынивания. Оценка производится по результатам проверки эксперта. В сводной табл.2 представлены фрагменты таблиц контуров для каждого типа опустынивания с основными параметрами (степень и причины, площади контуров, оценка).

Таблица 2

Фрагменты таблиц контуров для каждого типа опустынивания с основными параметрами (степень и причины, площади контуров, оценка)

Таблица основных параметров для типа опустынивания – деградация растительности

ID	LAND SCAPE1	TYPE1	TYPE	REASON	LANDUSE1	IDD_TYPE	AREA1
7	23	1	1,4	Ag, Nt	16	D.2.2	2.350
8	34	1	1	Nt	23	D.4.4	2.372
9	23	1	1,4	Ag, Nt	16	D.2.4	1.742
15	22	1	1	Pr	9	D.4.3	1.033
18	23	1	1,4	Ag,Nt	16	D.2.3	1.061
21	6	1	1,2	Nt, Og	12	D.3.4	1.725
23	47	1	1,4	Nt	9	D.3.2	0.898
25	52	1	1	Nt	9	D.3.2	0.866

Таблица основных параметров для типа опустынивания – водная эрозия

ID	LANDSCAPE1	TYPE1	TYPE	REASON	LANDUSE1	IDD_TYPE	AREA1
127	3	2	2	Nt	10	E.3.3	0.129
147	1	2	2	Nt	10	E.4.3	0.015
167	45	2	2,1	Nt, Og	11	E.4.3	0.866
168	57	2	2,1	Og, Nt	9	E.2.3	0.670
169	45	2	2,1	Nt, Og	11	E.4.3	2.170
192	44	2	2	Ntv	11	E.2.3	0.098
211	50	2	2,1	Og	11	E.2.2	1.787
222	56	2	2	Nt	19	E.3.3	0.263
276	3	2	2,6	Nt,Fl	10	E.4.1	0.118
331	52	2	2	Nt	9	E.2.3	0.663

Таблица основных параметров для типа опустынивания – ветровая эрозия

ID	LANDSCAPE1	TYPE1	TYPE	REASON	LANDUSE1	IDD_TYPE	AREA1
98	1	3	3	Nt	16	W.3.2	0.428
122	3	3	3	Nt	10	W.3.3	0.263
134	1	3	3	Nt	16	W.3.2	0.215
145	1	3	3	Nt, Fl	16	W.4.3	0.122
155	3	3	3	Nt	10	W.3.2	0.378
162	35	3	3,1	Nt	23	W.3.4	0.663
186	1	3	3	Nt	10	W.3.4	0.942
260	7	3	3,1	Nt, Og	12	W.4.3	0.950
482	1	3	3,1	Fl, Nt	16	W.4.3	1.092

Таблица основных параметров для типа опустынивания – засоление

ID	LANDSCAPE1	TYPE1	TYPE	REASON	LANDUSE1	IDD_TYPE	AREA1
2	32	4	4	Ag, Og	15	S.2.1	1.243
10	23	4	4	Nt	16	S.3.3	1.038
16	60	4	4	Fl	21	S.2.4	0.334
17	42	4	4	Nt	23	S.4.4	1.150
19	37	4	4,5	Pr	23	S.4.4	2.279
20	8	4	4	Nt	12	S.2.4	0.345
45	22	4	4,1	Nt, Og	15	S.3.4	0.854
47	32	4	4	Ag, Nt	15	S.2.1	0.841
60	64	4	4	Ag,Nt	10	S.2.2	0.695
64	65	4	4	Nt	10	S.4.4	0.621
69	32	4	4	Ag, Nt	15	S.3.1	1.505
72	42	4	4	Nt	23	S.2.4	0.142
79	42	4	4	Nt	23	S.4.4	0.184

Таблица основных параметров для типа опустынивания – техногенное

ID	LANDSCAPE1	TYPE1	TYPE	REASON	LANDUSE1	IDD_TYPE	AREA1
6	60	5	5	Pr	21	T.3.4	3.622
11	27	5	5	Pr	19	T.4.4	1.097
14	19	5	5,1	Pr	17	T.3.4	1.064
43	38	5	5	Pr	23	T.3.4	1.394
50	10	5	5	Pr	21	T.4.4	0.640
58	21	5	5,1	Nt, Og	10	T.3.3	1.437
59	60	5	5	Pr	21	T.3.4	1.055
61	60	5	5	Pr	21	T.3.4	0.851
90	60	5	5	Pr	21	T.3.4	0.279
94	42	5	5,4	Nt	23	T.3.4	0.207
96	60	5	5	Pr	21	T.3.4	0.311

Таблица основных параметров для типа опустынивания – затопление, подтопление

ID	LANDSCAPE1	TYPE1	TYPE	REASON	LANDUSE1	IDD_TYPE	AREA1
5	3	6	6	Fl	10	F.3.3	0.281
51	4	6	5	Pr	10	F.3.2	0.495
71	2	6	6	Nt	15	F.4.3	1.092
130	1	6	3	Fl	16	F.3.4	0.433
143	2	6	6	Fl	16	F.3.3	0.076
146	2	6	6	Fl	16	F.2.3	0.169
148	3	6	6	Fl	16	F.4.4	0.223
149	33	6	6	Fl	15	F.4.3	0.051
150	3	6	6	Fl	10	F.4.2	0.228
154	3	6	6	Fl	10	F.3.2	0.245
158	3	6	6,	Fl	23	F.4.4	0.115

Сводная таблица площадей контуров, отнесённых к каждому конкретному типу опустынивания, количества контуров под данный тип опустынивания представлены на рис.6. Из таблицы видно, что тип опустынивания «деградация растительности» занимает большую по площади территорию, чем остальные типы. Как видно из данных таблиц типов опустынивания, засоление в основном наблюдается на низких нерасчленённых, межгрядовых, сухих долинных с солончаками (код – 35), высохших озёрных, а также низких слабонаклонных увалистых равнинных с деградированными садами и полупустынной растительностью понижениях и солёных озёрах. Причины засоления почв в основном природного характера, большую роль играет и сельскохозяйственное освоение земель, а также техногенное загрязнение (*Ag, Nt, Pr,).*

Обработка космического снимка (Landsate-2000) и составление карт ландшафтов, степени и типов опустынивания, а также результаты полевых исследований, которые были проведены с целью сравнения полученных имиджей с реальной обстановкой в природе, показали, что при общей площади Абшеронского полуострова примерно 3000 км^2, деградация растительности происходила на территории 1445,397 км^2. Площади других типов опустынивания следующие: водная эрозия – 308,964, ветровая эрозия – 43,247, засоление – 789,208, техногенное – 458,758, затопление, подтопление – 21,621 км^2 (рис. 7). При этом по площади определены следующие степени опустынивания (рис. 8): слабая – 26,638 км^2 (1%), умеренная – 722,623 (24%), сильная – 1659,243(54%), очень сильная – 658,937(21%).

Анализ результатов показывает, что на Абшеронском полуострове практически нет участка, который не подвергался бы опустыниванию. Примерно 50% исследованной территории подвергалось «сильному» опустыниванию. Так же можно сказать, что «деградация растительного покрова» ключевого участка охватила 50% этой территории.

Второе место в типах опустынивания занимает «засоление». Причинами такого рода опустынивания могут быть разные факторы. Во-первых, в Абшеронском регионе в аридных климатических условиях наблюдается высокое фоновое засоление аридных почв, связанное с широким распространением отложений, содержащих песчано-глинистые, глинистые и суглинистые породы. На этой территории из-за скудности атмосферных осадков легко растворимые в воде соли в процессе выветривания при высокой испаряемости не могут размываться в глубоких слоях почв грунта и осолоняют почву. Во-вторых, в засолении почв важную роль играет рельеф, так как на крутых и высоких склонах почва подвергается поверхностному смыву, накапливается в делювиальных отложениях и осолоняется. Наряду с этим признаки засоления более ярко проявляются в промывочных выносах, оврагах, суходолах. В-третьих, в засолении почвенного покрова немаловажную роль играют и грязевые вулканы, периодически извергающие и приносящие засоленные брекчии. Одной из характерных особенностей рельефа Абшеронского полуострова является распространение здесь бессточных котловин. Количество их на Абшероне достигает около 60, они являются участками наибольшего засоления почв, на которых формировались солончаки и шоры. Наибольшими из них являются солончаки Шурезар и Сананануза, расположенные восточнее и юго-восточнее с.Зиря, соответственно имеющие площади 12 и 15 км^2.

Существенное значение в процессе образования солончаков имеют гидрогипсометрические условия, степень минерализации, режим грунтовых вод и характер литогенной основы ландшафта. Особая роль в осолонении района принадлежит сельскохозяйственной деятельности человека. По причине аридности климата в этой зоне производится чрезмерный полив сельскохозяйственных угодий, что приводит к осолонению почв.



Ключ к легенде диаграммы2	название	площадь(кв km)
1	Деградация растительности	1445.397
2	Водная эрозия	308.964
3	Ветровая эрозия	43.247
4	засоление	789.208
5	техногенное	458.758
6	Затопление, подтопление	21.621

Рис. 6. Диаграмма и таблица распределения типов опустынивания



Рис. 7. Карта причин опустынивания Абшеронского полуострова

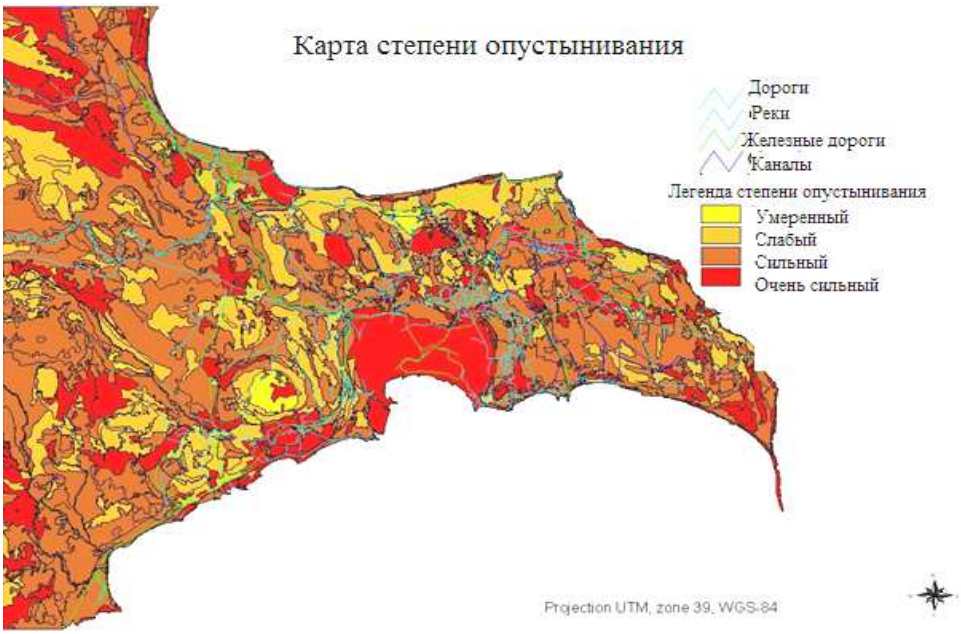


Рис. 8. Карта степени опустынивания Абшеронского полуострова

Наконец, в связи с подъемом уровня Каспийского моря после 1978 года, обусловившего и подъем уровня залегания грунтовых, сильноминерализованных вод, на Прикаспийском побережье Абшерона значительно расширился ареал развития и формирования засоления почв и гидроморфных солончаков. В связи с подтоплением во многих местах Абшеронского полуострова формируются новые болотные подтипы солончаков (Мамедов, 1992).

Третье место в типах опустынивания занимает «техногенное опустынивание». Техногенные ландшафты-комплексы, возникновение которых связано с различными видами строительства (промышленным, городским дорожным, водохозяйственным и т.п.), на территории Абшеронского полуострова занимают значительную площадь и отличаются большим разнообразием. К ним, помимо промышленных, городских, дорожных, водохозяйственных объектов, в равной мере относятся и каменные, песчаные карьеры с отвалами, водохранилища, озера и пруды, образованные промышленными и коммуникационными сбросными водами. Техногенные ландшафты и связанные с ними процессы опустынивания наиболее широко представлены в центральном и восточном секторах Абшеронского полуострова, т.е. на территориях, расположенных восточнее 49° 42′ восточной долготы (у с. Гюздек). В пределах указанной части Абшеронского полуострова суммарная площадь техногенных ландшафтов составляет более половины территории, на которой очень сильно деградированы и основательно опустынены природные полупустынные ландшафтные комплексы.

В радикальном опустынивании ландшафтов большую роль играют функционирующие многочисленные каменные и песчаные карьеры, которые занимают большие площади и образуют глубокие котлованы с голыми скальными и песчаными поверхностями и большими полосами отвалов вокруг них (особенно вокруг каменных карьеров). Количество карьеров по добыче пильного камня на Абшеронском полуострове, запас которого составляет 264 млн. м^3, достигает 15 (в республике – 37), что составляет более 37% всех запасов каменных карьеров в стране. Они занимают значительные площади на Гарадагском, Гюздекском, Маштагинском, Нардаранском, Зыхском и Зиринском месторождениях, где в связи с их интенсивной эксплуатацией сформированы многочисленные радикально опустыненные участки – широкие и глубокие котлованы, территории с грубообломочными отходами, отвальными накоплениями, которые являются трудноизлечимыми ранами хрупких полупустынных ландшафтов (рис. 9).



Рис. 9. Каменный карьер на Абшероне

Во внутренней части Абшеронского полуострова у сс. Дуванный, Балаханы, в Гырмакинской долине расположены месторождения строительных песков, которые интенсивно используются для строительства, поэтому ландшафты на указанных территориях подвергаются сильному опустыниванию и представлены оголенными каменно-скалистыми поверхностями, лишенными почвенно-растительного покрова. Многочисленные каменные карьеры имеются и на береговой полосе Каспия, где уничтожается растительный покров и тем самым, с одной стороны, усиливается ветровая эрозия, а с другой, подтапливаются «карьерные» котлованы, и образуются озерно-болотные гидроморфные ландшафты.

В техногенном опустынивании Абшеронского полуострова особая роль принадлежит нефтяному комплексу. Более 160 лет на Абшеронском полуострове добывается, транспортируется и перерабатывается нефть. Количество добытой нефти здесь давно перевалило за 1,5 млрд. тонн. Все это происходило в условиях использования технологий низкого уровня и отсутствия природоохранных мероприятий. В связи с добычей нефти во многих нефтепромысловых районах (Балаханы, Сураханы, Гала, Бузовны, Бинагади, Зых, Пута и др.) и местах сброса нефтепластовых вод в естественные овраги рельефа возникло множество небольших техногенных озер и озеровидных водоемов, подвергающих ландшафт засолению и загрязнению нефтью (рис. 10). Типичными представителями техногенных озер являются Беюк-Шор (с площадью 15, 3 км^2) Бинагади (3,7 км^2), Годжа-

Гасан (1,64 км^2), Гырмызы (Красное) (2,44 км^2), Мирзаалади (4,14 км^2), Бюльбюля (2,5 км^2), Ганлыгель (3 км^2), Зых (1,24 км^2), восточный Пута (1,3 км^2), Мейлечала (0,16 км)^2, Шорчала (0,32 км^2). В целом на Абшеронском полуострове выявлено наличие 28 озер и 10170 озерных понижений (Поладова, 1998). Под влиянием антропогенных факторов за последние 50-60 лет площадь водного зеркала и объем воды в озерах значительно увеличились. Так, например, если в 1935 году площадь озера Беюк-Шор составляла 8,3 км^2, то в 1996 году она увеличилась до 15,3 км^2. Только в 2015 здесь году были проведены работы по улучшению экологической ситуации. Все указанные озера и озеровидные понижения являются источником соленакопления и засоления и объектами радикального опустынивания ландшафтов. К глубоким изменениям ландшафтно-экологических условий, деградации и опустыниванию ландшафтов Абшеронского полуострова приводит добыча нефти, газа и функционирование других отраслей добывающей промышленности. На Абшеронском полуострове особенно ярко выражено отрицательное воздействие добычи нефти и газа на ландшафты.

По имеющимся данным «Государственная Нефтяная Компания Азербайджанской Республики» на Абшеронском полуострове имеет около 7 тысяч нефтяных скважин, из которых 5 тыс. является действующими. Нефтедобывающая промышленность здесь охватывает более 20 тыс. га, из них 10 тыс. га территории загрязнено и залито пластовой водой и нефтью, а оставшиеся 8 тыс. га составляют сильно- и среднезагрязненные почвы, 2 тыс. га – водоемы-озера. На территории «НГДУ им З.Тагиева», «Балаханынефть», «Бинагадинефть», «Сураханынефть», «Сабунчинефть» полупустынные ландшафты, характеризующиеся неустойчивостью к внешним воздействиям, наиболее сильно загрязнены нефтью. Здесь в условиях аридного климата с очень скудными атмосферными осадками процессы самоочищения почвы и восстановления ландшафтов без радикальных технических вмешательств человека невозможны. Загрязнения особенно проявляются там, где на поверхности земли сформированы нефтяные озера, а также озера, сильно загрязненные нефтью и где почвы пропитаны ею до большой глубины. На это указывает и наличие мощных кировых покрытий в районе грязевых вулканов Гырмаки, Рейдеки, Бинагади, а также таковых, сохранившихся до сих пор вокруг старых нефтяных колодцев у сс. Сулутепе, Гекмали и др. В настоящее время в районах месторождений наблюдаются сильно опустыненные ландшафты, при этом также происходит загрязнение нефтью новых участков, на которых прогрессивно развивается процесс опустынивания.

На Абшеронском полуострове установлены загрязненные нефтью почвы со степенью 10, 15, 20 и 30%, ландшафты, которые могут быть восстановлены или использованы под различные агроландшафты после их рекультивации (Магриби, 1998). Для нефтепромыслового загрязнения ландшафтов Абшерона наиболее характерны следующие типы: 1) загрязнение мазутом, 2) загрязнение битумом, 3) загрязнение глубинно-скважинными породами, 4) заболачивание и подтопление нефтепромысловыми водами. По имеющимся данным общий объем воды загрязненных нефтью озер и водоемов составляет около 1,412 млн. м^3, содержание нефтепродуктов в виде пленочной нефти равно 821 тыс. тонн. Суммарная площадь всех цементобетонных оснований, буровых скважин составляет около 210 га (7000 х 30 м^2), вокруг которых в среднем в радиусе 20-30 м ландшафты полностью уничтожены.



Рис. 10. Нефтеловушка и сильно загрязненное озеро в центральной части Абшеронского полуострова

В деградации и опустынивании ландшафтов значительную роль играют также моторные транспортные средства, которых на Абшероне очень много. Для них построены незапланированные густо расположенные дороги (2-8 км/км^2), под которыми полностью уничтожен растительный покров. Однако отрицательное воздействие автомобильного транспорта на процесс деградации и опустынивания геосистем не ограничивается этим, есть и другая опасность – «белый смог» – выхлопы отработанных газов, содержащих окись свинца. Установлено, что при сгорании одного литра бензина в воздух попадает 200-300 мг свинца и в течение года один автомобиль выбрасывает около 1 кг свинца, который оседает на поверхности земли, особенно интенсивно вдоль автострады. Древесина и травянистая растительность плохо переносят свинцовое отравление.

Все указанное выше дает основание заключить, что недеградированные и неопустыненные здоровые ландшафты на Абшеронском полуострове занимают незначительную площадь. На рис. 11 и 12 представлены ландшафтная карта и карта землепользования Абшеронского полуострова соответственно.



Рис. 11. Ландшафтная карта Абшеронского полуострова (легенда карты дана в работе Будагова и др., 2002)

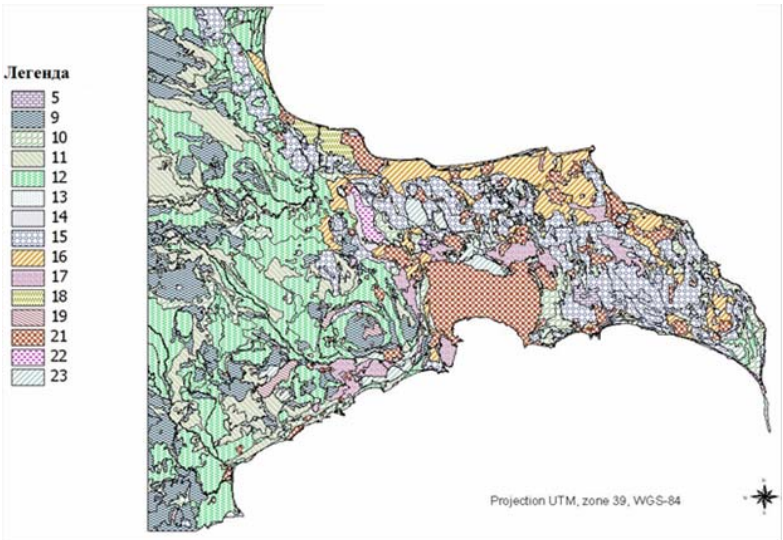


Рис. 12. Карта землепользования на Абшеронском полуострове

Легенда: 5 – орошаемые земли; 9 – каменно-глинистые и каменно-гипсово-пустынные территории; 10 – песчано-пустынные и полупустынные территории; 11 – глинисто-пустынные территории; 12 – засоленные земельные участки; 13 – водно-болотные территории; 14 – лесопокрытые комплексы; 15 – сельскохозяйственные комплексы; 19 –места добычи строительных материалов; 21 – города и поселения; 22 – охраняемые территории; 23 – неиспользуемые территории

Выводы

1. Разработана технология составления карт процессов опустынивания Абшеронского полуострова на основе космических снимков.
2. Составлены карты степени, причины и риска опустынивания, а также ландшафтная карта и карта землепользования Абшеронского полуострова.
3. Обработка космических снимков, составление карт ландшафтов, степени и типов опустынивания, а также результаты полевых исследований показали, что при общей площади Абшеронского полуострова примерно 3000 км^2 деградация растительности происходила на 1445,397 км^2 территории. Площади, подвергшиеся опустыниванию других типов, следующие: водной эрозии – 308,964, ветровой эрозии – 43,247, засолению – 789,208, техногенному загрязнению – 458,758, затоплению, подтоплению – 21,621 км^2.
4. При этом, исходя из подвергшейся опустыниванию площади, определены следующие ее степени: слабое – 26,638 км^2 (1%), умеренное – 722,623 (24%), сильное – 1659,243(54%), очень сильное – 658,937(21%).
5. Анализ результатов исследования показывает, что на Абшеронском полуострове практически нет участка, который не подвергался бы опустыниванию. Примерно 50% исследованной территории подвергалось «сильному» опустыниванию. Также можно сказать, что деградация растительного покрова Абшеронского полуострова охватила 50% этой территории.

ЛИТЕРАТУРА

БАБАЕВ, А.Г., ЗОНН, И.С. и др. 1986. Пустыни. Мысль. Москва.

БУДАГОВ, Б.А., МАМЕДОВ, Р.М., МИКАИЛОВ, А.А., ИСМАТОВА, Х.Р. 2002. Динамика процессов опустынивания в восточной части Азербайджанской республики. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*. 2, 7-17.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР (грунтовые воды), масштаб 1:500 000. 1959. Институт геологии АН Азерб. ССР. Баку.

КОНВЕНЦИЯ ООН ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ. 1994. Париж.

МАГРИБИ, Р.А. 1998. Изучение нефтяного загрязнения ландшафтов Апшеронского полуострова с целью их оздоровления. Автореферат канд. диссерт. Баку.

МАМЕДОВ, Р.М. 1992. Колебания уровня и социально-экономические последствия прибрежной зоны Каспийского моря. *Гидрометеорологический мониторинг окружающей среды*. Баку, 2.

МУСЕИБОВ, М.А. 1999, Антропогенная трансформация ландшафтов Азербайджана. *Вестник БГУ, серия естественных наук*. 3.

ОПУСТЫНИВАНИЕ: ОБЩИЙ ОБЗОР. 1977. В кн.: *Материалы конференции ООН по проблеме опустынивания*. Дели.

ПОЛАДОВА, А.Г. 1998. Гидрохимические свойства озер Абшеронского полуострова. Автореферат канд. диссерт, Баку.

САЛАЕВ, М.Э. 1991. Диагностика и классификация почв Азербайджана. Элм. Баку.

DRAFT REPORT ESCAP 1990. (UNDP Regional seminar-cumstudy). Tour on sand dune Stabilization. Lanrhou, China, 6-15 November.

PROVISIONAL METHODOLOGY for assessment and mapping of desertification. 1984. FAO/UNEP, Rome.

ROZANOV, B.G. 1982. Assessing, monitoring and combating desertification. Trans. 12th later. Congr. Soil Sci. New Dehli, India, 4, 56-68.

Рецензент д.т.н. М.Г. Годжаманов

© R.M.Mammadov, M.A.Abduyev, 2016

CO_2 AND O_2 CONTENT IN MOUNTAIN RIVERS OF AZERBAIJAN AND ITS DEPENDENCE FROM WATER TEMPERATURE

R.M.Mammadov, M.A.Abduyev

Institute of Geography named after acad. H.Aliyev
115, H.Javid ave., Baku, AZ 1143

The gases dissolved in river waters have been identified according to data for 1980-2014 years. The long-term average quantity of dissolved gases in river waters has been calculated. It was determined that there is more detailed information about 3 gas (oxygen (O_2), carbon 4-oxide (CO_2) and hydrogen (H_2)) dissolved in river waters of Azerbaijan. According to the relation established between dissolved gases and values of long-term average of water temperature has been determined the quantity of dissolved gases in river waters of Azerbaijan.

Introduction

Natural gas plays an important role in the formation of the chemical composition of the water. Biochemical decomposition, the oxidation of organic substances and other processes are directly taking place under the influence of the dissolved gases. The study of dissolved gases, despite their small quantity, is very important because of the ability of their concentration to determine development conditions of biological and chemical processes, water quality and aggression against the concrete. According to their distribution, gases conditionally are divided into 3 groups: a) more spread – N_2, O_2, CO_2 and CH_4; b), less spread – H_2, H_2S, He, Ar; c), limited spread – NH_3, SO_2, HCl etc. Gases which are more and less spread in reciprocal exchange with water play an important role. But the gases of limited spread due to a high aggressiveness react with rocks of environment and lose its importance as a gaseous component.

The object of the study and used materials

As an object of research, 20 areas on 19 rivers flowing from mountainous regions were selected for hydro-chemical observations. In order to determine gases dissolved in river waters were used long-term data of the Department of National Monitoring on the Environment of the Ministry of Ecology and Natural resources (formerly the State Hydrometeorology Committee) chemical analysis of water samples regularly taken from rivers during 1980-2014 (Annual data, 1980-1994; Hydrochemical Newsletter, 1995-2014).

Research results

It is known that all the gases are dissolved in liquids with which they are in contact. The solution of the gas in water is determined by the quantity of coefficient and, shows at a given temperature the volume of gas dissolved in the unit of liquid. They use a quantity of saturation and elasticity to quantify the characteristics of the gas in mineral water. The total gas saturation is expressed as the sum of the gas dissolved in 1 liter of water ($1cm^3$). Any gas saturation signifies a gas quantity in a single volume of water. Total gas elasticity is found as the sum of elasticity of each component in a gas mixture. If the elasticity of gas, dissolved in water is more than the elasticity in the atmosphere, the gas is separated from water in form of bubbles on the earth's surface. The solubility of gas depends on its nature, water temperature and mineralization.

In natural waters, poorly soluble gases being in molecular state don't enter in chemical contact with water. Oxygen (O_2), carbon (CO_2) and hydrogen (H_2) are considered more important water-soluble gases. Despite the bad solution of oxygen in the water, because of high chemical activity it is in pure state only in the atmosphere. In the Earth's crust, the oxygen is formed in biochemical way and comes from the atmosphere; it is involved in the biological circulation of atoms connected to alive substances. In the form of molecule dissolved in natural waters oxygen is more important. Its participation paves the way for the existence of life in the water. Since the surface waters are rich of oxygen, sometimes its concentration reaches 40-50 mg/l. The quantity of oxygen in water is affected by 2 opposite groups of process. One of them enriches water with oxygen, and the other reduces the amount of oxygen in water. The enrichment of water by oxygen is mainly due to oxygen allocated from the atmosphere and water plants in results of photosynthesis. The separation of oxygen in result

of photosynthesis occurs by getting carbon 4 dioxides by aquatic plants. That is while the collection of O_2 occurs during the day; the consumption takes place at night. In this regard, the maximum amount of O_2 in water is observed in the afternoon (decreasing oxygen quantity is equal to the consumed quantity) while the minimum amount (increasing quantity of oxygen being equal to consumed amount) is observed early in the morning. The breathing of organisms, which reduces the amount of oxygen dissolved in water, is the process of fermentation and decay of organic residues. This process occurs continuously, accelerated with increasing temperature. Also, the reduction of oxygen in water is due to the allocation of part of it to the atmosphere. Changes of the amount of oxygen dissolved in natural waters are shown between 0-15 mg/l, minimum limit for the normal development of aquatic organisms is 5mg O_2 (Алекин, 1970).

According to the analysis of the available material, the amount of oxygen dissolved in the mountain rivers is changing between 8,20 mg/l (Gudialchay-Khachmaz) and 10, 96 mg/l (Nakhchivanchay-Nakhchivan); oxygen deficiency was not observed. However, as a rule, in all rivers, only 1-2 km below the point, away from stations, is observed the decrease of the oxygen dissolved in water by 11,5 % or in 1,2 times (Abduyev, 2009). The reason for this consists in increased number of organic residues thrown into rivers in settlements and the utilization of more oxygen for the fermentation and decay of remains. The study indicates the increase of the temperature of the oxygen dissolution with the rise of its quantity and having the concentration of 100% during a normal enrichment of water on oxygen. Let's mention, that none of studied rivers reach 100% oxygen concentration, and maximum concentration is observed in Goychay region (92,6%). Depending on the quantity of organic substances entering into rivers and time of decomposition, the oxidation temperature of water corresponds to annual regime of CO_2 and is characterized by minimum quantity in summer months and maximum quantity in winter months (Fig.1).

The relation between dissolved O_2 and water temperature shows its annual change trend- the growth at low temperatures in winter and decrease in summer at high temperatures.

In addition, in rivers occur events which change in opposite oxygen amount. It refers to photosynthesis process accompanied by increase in oxygen during the warm period of the year; in winter, a dominance of groundwater poor in oxygen nutrition and finally, to the formation of ice cover, which isolate the river water from the atmosphere. In rivers with poorly developed biological processes O_2 quantity is changing from 6-8 mg/l in summer to 8-12 mg in winter. However, as a result of biological processes, but also powered by groundwater, the saturation in oxygen of water is reduced in winter of 30-50% and increases again in summer to 90-100%.

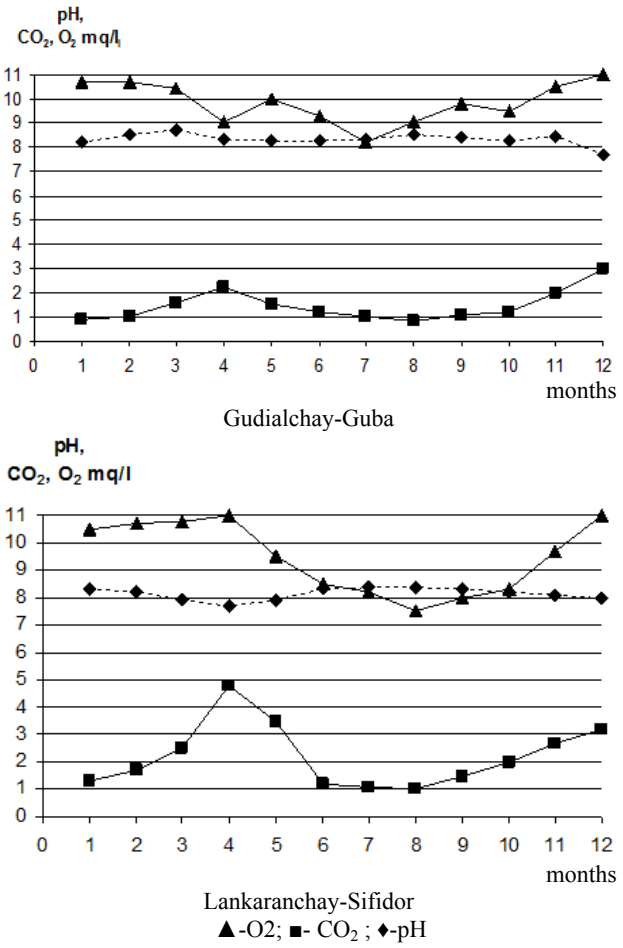


Fig. 1. Hydrogen (pH), carbon dioxide (CO_2) and oxygen (O_2) ions annual mode

The amount of oxygen sharply goes down in cases of intensive development of biological processes (water plants, live nature, rich organic substances) as well as during the nutrition of soil by groundwater poor in oxygen, especially in winter, when ice cover impedes the oxygen to pass through the atmosphere. In the meantime its quantity varies between 20-30%. Sometimes it is even observed lower than the indicated level (to 10%) and kills all living creatures. One of the important water-soluble gases is carbon dioxide 4. Carbon dioxide form a gas stack in the Earth's crust, so capable to dissolve at

high temperature it is located especially in water (or petroleum). CO_2 dissolved in water creates a weak carbonic acid. The presence of compounds with carbon dioxide in water is determined by hydrogen ion concentration that is by the quantity of pH. Thus, it plays an important role in the acidic environment (pH<7) in water in free-form of CO_2, in the form of CO_3 in alkaline environment (pH>10), when being 7<pH>10 in form of HCO_3 (Алекин, 1970). Carbon 4-oxide, in this or any other quantity is available in all natural waters. In the surface of open water reservoirs, under the strong influence in the process of photosynthesis spent by water plants, in some cases (in summer, on well-lighted and warmed surface waters) almost the disappearance of CO_2 is observed and as a result pH increases and gets price more than 8,5. The main sources of carbon 4 dioxide are the remains of organic biochemical process of decomposition, their oxidation, and breathing of water organisms. The allocation of the gas dioxide to the atmosphere, its passage to the carbonate rocks, the uptake by water plants in the process of photosynthesis refer to processes that reduce the quantity of carbon 4 dioxide in natural waters. Due to the easy transition of the carbon 4 dioxides dissolved in water into the atmosphere, ions, to living organisms, it is involved as a key factor in migration of carbon in nature. The amount of carbon dioxide in natural waters is usually 3-4 mg/l, reaching in occasional cases 10-12 mg/l. The rate of the amount of CO_2 in the atmosphere is about 0,6 mg/l. In accordance with the changes of carbon dioxide the hydrogen carbon changes too. In the solution, the ion of hydrogen (H) carries the acidity properties, and ion of hydroxide (OH) possesses the main property. As they are in equal amount in chemically pure water, this water is considered neutral water. The hydrogen ion concentration is denoted by the symbol pH. The quantity of this ion determines the reaction of the solution. Depending on the number of pH the reaction of the solution changes as follows (Алекин, 1970):

pH=1-3 when sour; pH=4-6 when weak sour; pH=7 when neutral;

pH=8-10 when weak alkaline; pH=11-14 has a reaction when alkaline.

In natural waters, the indices of hydrogen ion concentration mainly depend on water-soluble carboxylic acid and the amount of a variety of organic acids. The pH indices of natural waters are mainly equal to 5,5-8,5. Despite the small quantity of pH, its study is very important, as this ion concentration determines the development conditions of biological and chemical processes, water quality and the aggressiveness toward concrete. Thus, the pH indicator is used to control chemical analysis of the water, determine some components in water, study migration forms of microelements, search of mineral deposits (in particular, sulfide deposits) and so on.

The information on the amount of dissolved gases in the mountain rivers of Azerbaijan is listed in some studies (Гаджиев, 1984; Рустамов, Кашкай, 1989). According to G.A.Hajiyev who studied chemical flow of the Major Caucasus rivers (1984), O_2 was changing between 4,15-9,10 mg/l there. According to researches of S.H.Rustamov, R.M.Gashgay (1989), in the majority of rivers O_2 is wavering from 2 to 6 mg/l. In some rivers (Kurekchay, Gudialchay, Jeyrankechmez) at the time of floods it rises to 8-9 mg/l. In these rivers, the maximum quantity of O_2 is changing respectively between 15,4; 10,4 and 10,7 mg/l. However, these studies provide information only on the amount of O_2. There is no information on amount and regime of the both CO_2 and H_2. In order to study the amount of dissolved gases in river waters of Azerbaijan, and regime they have used stationary data in the hydrological yearbooks and bulletins on the quality of surface water. Analyses of the data show that the amount of gases dissolved in rivers is identified only in samples of 1-2 months of most years. In samples of water from rivers taken during a long-term, the amount of dissolved gases (oxygen, carbon dioxide and hydrogen) was regularly identified, and 20 river localities have been selected. 8 of these river localities are situated in the Major Caucasus, 7 in the Lesser Caucasus, 2 in the Middle Araz, 3 in Lankaran region. Perennial average numbers of dissolved gases on noted river localities were calculated and are given in the table.

Analysis of the data in the table shows that, the perennial average of oxygen dissolved in the studies rivers is of 8, 45-10,9 mg /l, the perennial average of carbon dioxide is 1,8-3,9 mg/l, the mentioned amount of hydrogen (pH) ions varies between7,78-8,43. Studies reveal the increase of oxygen with the elevation of temperature of its dilution and the concentration of 100% during the normal enrichment of the water by oxygen. We have to note that in none of the studied rivers the concentration of oxygen reaches 100% and maximum concentration is observed in Goychay (92,6%). In other rivers the O_2 concentration varies between 77, 5-91,8 %. Depending on the amount of organic substances coming into rivers and the period of their decomposition, according to the annual regime of carbon

dioxide, the temperature of water oxidation is specified by minimum quantity during summer months and the maximum in winter months (Fig.1). In the regime of the hydrogen ion and carbon dioxide, their amount increases in winter under the ice as a result of the oxidation process in the river waters and nourishment by underground water. With the disappearance of the ice cover and the part of its surplus allocated to the atmosphere, the amount of CO_2 and pH goes down. In summer a strong development of water plants causes a decrease in the amount (Fig.1).

Perennial average and calculated numbers of gases dissolved in river waters and the pH indicators

№	River-locality	Water t°, C°	Oxygen, O_2, mg/l			pH			Carbon 4 oxid, CO_2, mg/l		
			Actual	Calculated	Tolerance	Actual	Calculated	Tolerance	Actual	Calculated	Tolerance
1	Gudialchay-Guba	10,4	9,95	10,2	+3	8,35	8,36	0	1,7	1,8	+6
2	Gudialchay - Khachmaz	14,4	9,19	9,31	+1	8,25	8,22	-1	2,8	2,4	-14
3	Valvalachay-Tangaalti	10,9	9,98	10,0	0	8,43	8,36	-1	1,8	1,8	0
4	Balakanchay-Balakan	11,5	10,2	9,92	-2	8,38	7,44	-11	1,8	1,9	+6
5	Talachay-Zagatala	11,9	9,60	9,82	+2	8,28	8,29	0	2,1	2,0	-5
6	Kurmukchay-Gakh	11,5	9,57	9,92	+4	8,23	8,29	+1	2,7	2,0	-26
7	Turyanchay-Aghdash	12,4	9,64	9,72	0	8,31	8,29	-1	1,8	2,1	+17
8	Geychay-Geychay	13,2	9,72	9,54	-2	8,35	8,22	-2	2,0	2,2	+10
9	Aghstafachay-Gazakh	14,3	9,34	9,31	-1	8,31	8,22	-1	2,1	2,4	+14
10	Tovuzchay-Tovuz	14,9	9,29	9,18	-1	8,17	8,18	0	2,8	2,5	-11
11	Shamkirchay-Shamkir	11,8	9,54	9,81	+3	8,28	8,29	0	2,0	2,0	0
12	Goshgarchay-Dashkasan	11,4	8,45	9,96	+9	8,30	8,32	0	2,1	1,9	-10
13	Gargarchay-Khankandi	11,4	9,69	9,96	+3	8,15	8,32	+2	3,2	3,2	0
14	Kendalanchay-Girmizi-Bazar	10,3	9,60	10,2	+6	8,26	8,38	+1	2,7	3,0	+11
15	Khakarichay-Lachin	10,2	9,80	10,3	+5	8,22	8,38	+2	2,8	3,0	+7
16	Nakhchivanchay-Nakhcivan	10,6	10,9	10,2	-7	8,20	8,36	+2	3,3	3,1	-6
17	Gilanchay-Nurgut	10,4	10,4	10,2	-2	7,90	7,94	0	3,9	3,0	-23
18	Vilashchay-Shikhlar	13,4	9,38	9,49	+1	8,16	8,22	0	2,6	2,3	-12
19	Lankaranchay-Sifidor	13,5	9,47	9,45	0	8,21	8,22	0	2,4	2,4	0
20	Istisu-Alasha	15,0	9,19	9,18	0	7,78	7,79	0	2,6	2,6	0

The temperature is a physical property of river water more easily and quickly to determine. In this regard, hydrological yearbooks and hydrochemical bulletins give more comprehensive and systematic data on water temperature. Therefore, the determination of the amount of dissolved gases being complex and not always possible, it is more appropriate to use the temperature data to identify it easily and quickly. Studies (Алекин, 1970; Самарина, 1977) show that the amount of gases dissolved in water varies depending on temperature. Our investigation (Abduyev, 2009) determined that the amounts of pH, CO_2 and oxygen, dissolved in water decrease with the increasing temperature. In other words, there is an inversely proportionality of the amounts of the dissolved oxygen, pH, CO_2 to water temperature.

In the table the amount of gases dissolved in Azerbaijani rivers water have been identified according to the relationship of perennial average values of water temperature and calculated dissolved gases (Fig. 2).

Correlation coefficients of established connections are as follows: 0,92 for pH=f(t), 0,89 for O_2=f(t), and 0,81 for CO_2=f(t). The mathematical expression of the relation obtained between water temperature and carbon dioxide is as follows:

$$CO_2=-0,035t+2,894, \quad (1)$$

where CO_2 is the perennial average value of carbon dioxide, t is the perennial average temperature of water.

The relation established between perennial average values of dissolved oxygen and water temperature has the following mathematical expression:

$$O_2=-0,167t+11, 68. \quad (2)$$

The mathematical approximation of the relation established between perennial average temperature and the pH amount is as follows:

$$pH=-0,024t+8,519. \quad (3)$$

The error of the value of oxygen dissolved in water, calculated with mathematical expression, in 19 cases (95%) is less than ±7 from true value. Only in one case (5%) the error is ±18%. The error of the value of pH, calculated with mathematical expression, in 19 cases (95%) is less than ±2% from the true value. In one case (5%), it is up to ±11%. In the proposed mathematical expressions, in comparison with the other 2 gases (oxygen and hydrogen), the error of estimated values of carbon dioxide from the true values is relatively large. So, in 12 cases (60%) the error of carbon dioxide from the true value is to ± 10%, in 8 cases (40%) it is ±11-26%. It can be explained by the hesitation of the amount of carbon dioxide in larger range.

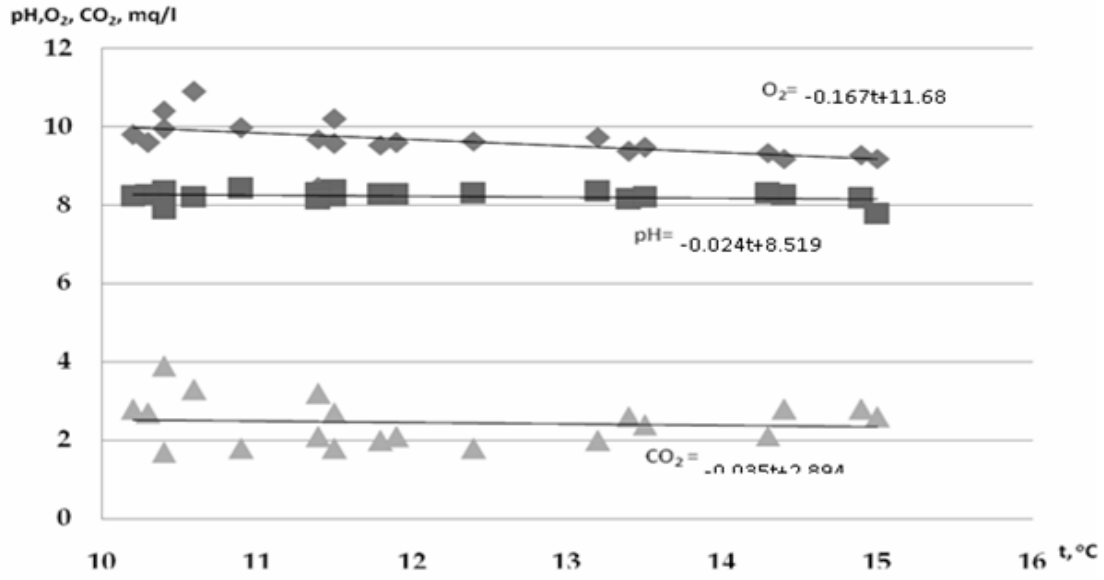


Fig. 2. Connection of perennial average values of water temperature with hydrogen (pH), oxygen (O_2), carbon dioxide (CO_2)

Thus, it is possible to determine the amount of dissolved gases in the rivers of Azerbaijan by the proposed mathematical expressions, when water temperature is known.

REFERENCES

ABDUYEV, M.A. 2009. Çay sularının qaz rejimi (Azərbaycan Respublikası daxilində). Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Coğrafiya cəmiyyətinin BDU filialının əsərlərində: *II cild. Azərbaycanın müasir ekocoğrafi şəraitinin dəyişməsində antropogen amilin rolu.* Bakı, 476-483.

АЛЕКИН, О.А. 1970. Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат. Ленинград. 444 с.

ГАДЖИЕВ, Г.А. 1984. Химический сток и загрязнение рек Большого Кавказа в пределах Азербайджанской ССР. Автореф. дисс. на соиск. учен.степ.к.г.н. Баку. 24 с.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ГГМ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ. 1995-2014 гг.

ЕЖЕГОДНЫЕ ДАННЫЕ О КАЧЕСТВЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ. Часть 1. Реки. 1980-1994 гг.

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

САМАРИНА, В.С. 1977. Гидрогеохимия. Ленинград. 360 с.

Reviewer: corresponding member of ANAS A.A.Feyzullayev