ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© Ф.А.Кадиров, А.Г.Кадиров, 2009

ГРАВИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ ПО РЕГИОНАЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ ЭЛЬБУРС – АБШЕРОНСКИЙ ПОРОГ

Ф.А.Кадиров, А.Г.Кадиров

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

В свете новых геофизических исследований в статье рассматривается 2D гравитационная модель глубинного строения земной коры и верхней мантии вдоль регионального профиля Эльбурс – Абшеронский порог, пересекающего Южно-Каспийскую впадину. Модель анализируется на основе фокальных механизмов очагов землетрясений. Она составлена методом подбора плотностных границ верхней границы океанической коры и границы Мохо. Интегрированное исследование силы тяжести и данных сейсмичности вдоль профиля дает новую информацию о зоне субдукции на севере ЮКВ. Толщина мезозойского слоя в средней части профиля (~8 км) постепенно увеличивается в северном направлении и в районе Абшеронского порога достигает максимального значения (~20 км). Полагается, что это является результатом коллизии океанической коры с континентальной. В зоне их сочленения в северной части полученной модели наблюдается изгиб океанической коры, возможно, связанный с начинающимся процессом субдукции литосферы Южного Каспия под Средний Каспий. Субдукция под Абшеронский порог сопровождается срывом с базальтового слоя вышележащих осадков.

Введение

Южно-Каспийская впадина (ЮКВ) является уникальной тектонической структурой, что обусловлено, прежде всего, значительной глубиной залегания (20-30 км) подошвы ее осадочного слоя и, соответственно, кровли консолидированной коры. Важной особенностью впадины является также необычно широкое развитие глиняного диапиризма и грязевого вулканизма (Артюшков, 1993; 2007; Хаин, Богданов, 2003; Хаин, 2005).

Основные структурные элементы ЮКВ показаны на рис. 1.

Консолидированная кора ЮКВ в кровле характеризуется сейсмическими скоростями, свойственными обычно лишь нижнему слою континентальной коры либо второму слою океанической коры, что позволяет относить ее к океаническому либо субокеаническому типу (Артюшков, 1993; 2007; Хаин, 2005). Центральная часть впадины в отличие от ее периферии практически асейсмична, и землетрясения, происходящие в этой части, окаймляют впадину, подчеркивая ее контуры (Уломов, 2003; Reilinger et al. 2006). Несмотря на то, что в ЮКВ наблюдаются крайне низкие значения теплового потока, на их фоне выделяются отдельные небольшие участки резко повышенных значений потока, возможно, связанных с деятельностью грязевых вулканов (Томара, 1979; Мухтаров, 2003).

В последние годы получены новые данные и появились новые идеи относительно структуры ЮКВ и истории ее формирования. Однако в целом проблема происхождения впадины как единой структуры (Артюшков, 1993; 2007; Хаин, 2005) и предположение о субдукции литосферы Южного Каспия под Средний Каспий (Халилов и др., 1987; Granath и др., 2004; Mamedov, 2005) до сих пор остаются дискуссионными.

В связи с этим в статье в свете новых геофизических данных рассматривается 2D (по региональному профилю Эльбурс – Абшеронский порог) гравитационная модель ЮКВ. Исследуемый профиль (см. рис.1) протяженностью 630 км начинается в Центральном Эльбурсе и заканчивается в Среднем Каспии. В статье приводятся также результаты совместного анализа глубинного строения вдоль исследуемого профиля и данных фокальных механизмов землетрясений. Двухмерное гравитационное моделирование основано на данных глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) (Аксенович и др., 1962; Mamedov et al., 1997; 2005; Brunet et al., 2003; Knapp et al., 2004; Babayev, Gadjiyev, 2006).

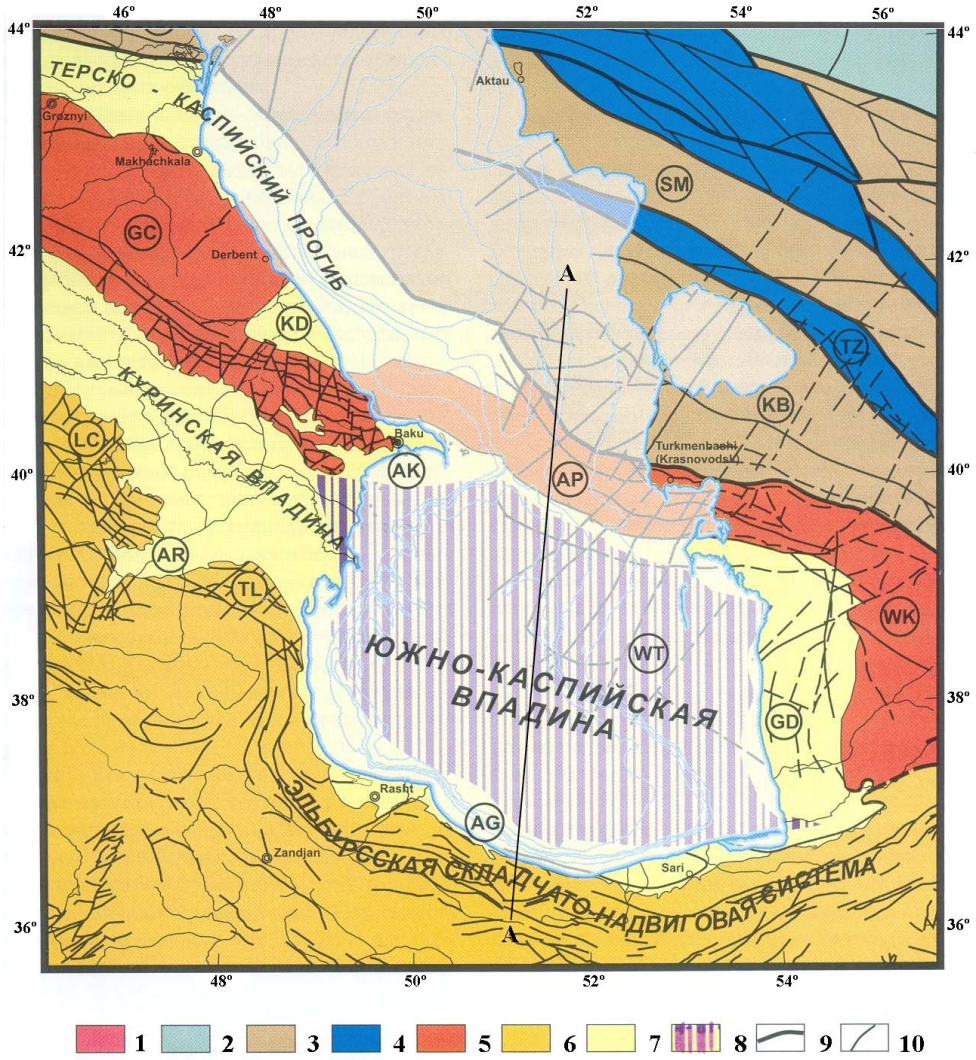


Рис. 1. Основные структурные элементы ЮКВ (по Хаину)
Фундамент платформенных областей (1-4): 1 – раннедокембрийский; 2 – байкальский; 3 – герцинский; 4 – раннекиммерийский; альпийские складчато-покровные системы (5,6): 5 – Большой Кавказ и Копетдаг; 6 – Малый Кавказ, Талыш, Эльбурс; передовые прогибы и впадины – 7; впадины с корой океанического типа – 8; разрывные нарушения, соответствующие границам крупных структур – 9; прочие важные разрывы – 10.

Важнейшие структуры (буквы в кружках): TZ – Туаркырская зона, KB – Среднекаспийско-Карабогазская антеклиза, KD – Гусаро-Девечинский прогиб, AP – Абшероно-Прибалханская зона, WK – Западно-Копетдагская зона, LC - складчатая система Малого Кавказа, AR - Нижнеаразский прогиб, TL – Талышская зона, AG – Эльбурсско-Горганский передовой прогиб, WT – Западно-Туркменский прогиб, GD – Гограньдаг-Окаремская зона, GC – складчатая система Большого Кавказа, SM – Южно-Мангышлакско-Устюртская система прогибов; AA – исследуемый профиль

Аномалии гравитационного поля ЮКВ

Карта гравитационного поля ЮКВ в редукции Буге приводится на рисунке 2. Гравитационное поле ЮКВ характеризуется аномалиями различных типов и амплитуд. Аномальное поле северной части бассейна представлено зоной увеличенных горизонтальных градиентов субкавказского направления. В северо-западной части ЮКВ имеется обширный гравитационный минимум с амплитудой до 125 мГал. Центральная часть бассейна представлена слабым по интенсивности гравитационным минимумом антикавказского простирания, на западе и на востоке – изометрическим максимумом (Сафидруд и Годин) гравитационного поля. Зона центрального Эльбурса характеризуется отрицательной аномалией (-120 мГал).

Метод гравитационного моделирования

Для гравитационного моделирования глубинного строения земной коры и верхней мантии вдоль исследуемого профиля применен метод подбора (Булах и др., 1984; Буллах, Маркова, 1992). Моделирование структур земной коры и верхней мантии по методу подбора осуществлялось в следующей последовательности:

1) составление плотностной модели на основе априорной информации о физико-геологическом строении района исследований; 2) решение прямой задачи для составленной модели; 3) исключение регионального фона; 4) выбор ограничения на геометрические и физические параметры плотностной модели и закрепление достоверных данных; 5) уточнение параметров модели методом подбора; 6) при необходимости производится поиск новых гравиактивных источников;

В качестве критериев близости наблюдаемой $g(x_i)$ и подобранной $\Phi(x_i)$ кривых использована величина

$$F = \sum_{i=1}^{n} [g(x_i) - \Phi(x_i)]^2 = \min ,$$

где x_i координаты точки наблюдения, n – число точек, используемых при аппроксимации.

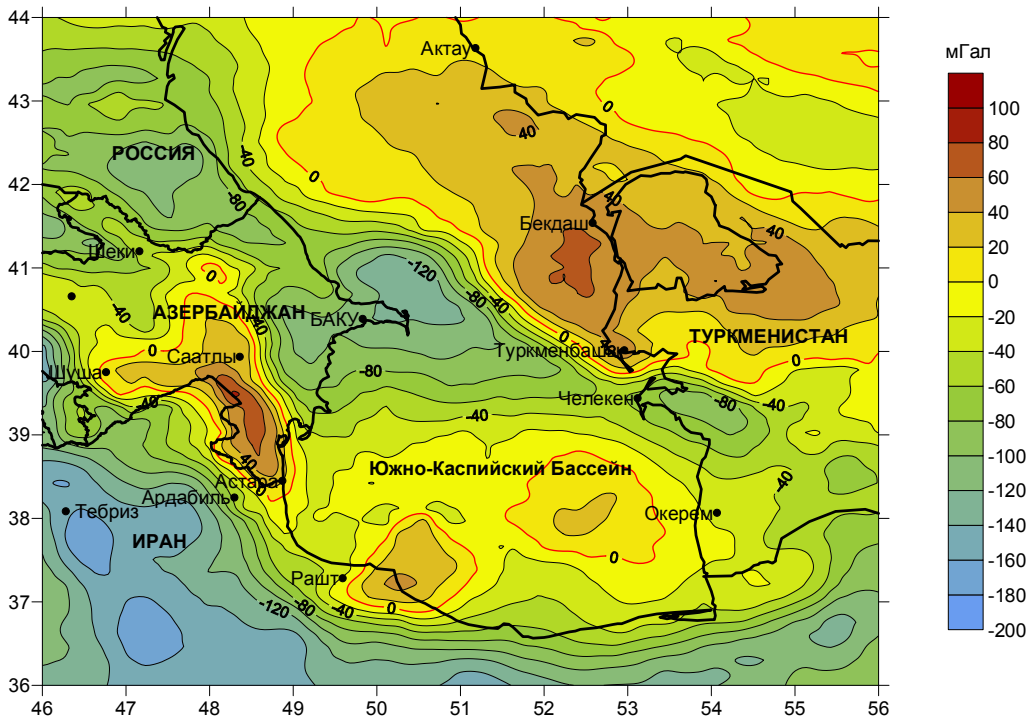


Рис. 2. Карта гравитационных аномалий ЮКВ в редукции Буге

На рисунке 3 приводятся топография, наблюдаемое гравиметрическое поле (от исходной и подобранной модели), начальный геолого-геофизический разрез вдоль профиля и подобранная гравитационная модель.

На этом разрезе ясно отражен характер сочленения земной коры ЮКВ с континентальными блоками на юге и севере. В центральной части исходного разреза (океаническая кора) выделены следующие сейсмические границы: 1) граница между неогеном и палеогеном; 2) палеогеном и мезозоем; 3) верхняя граница консолидированной коры («базальт»), разграничивающая осадочный и консолидированный комплексы пород; 4) граница Мохоровичича (по гравиметрическим данным).

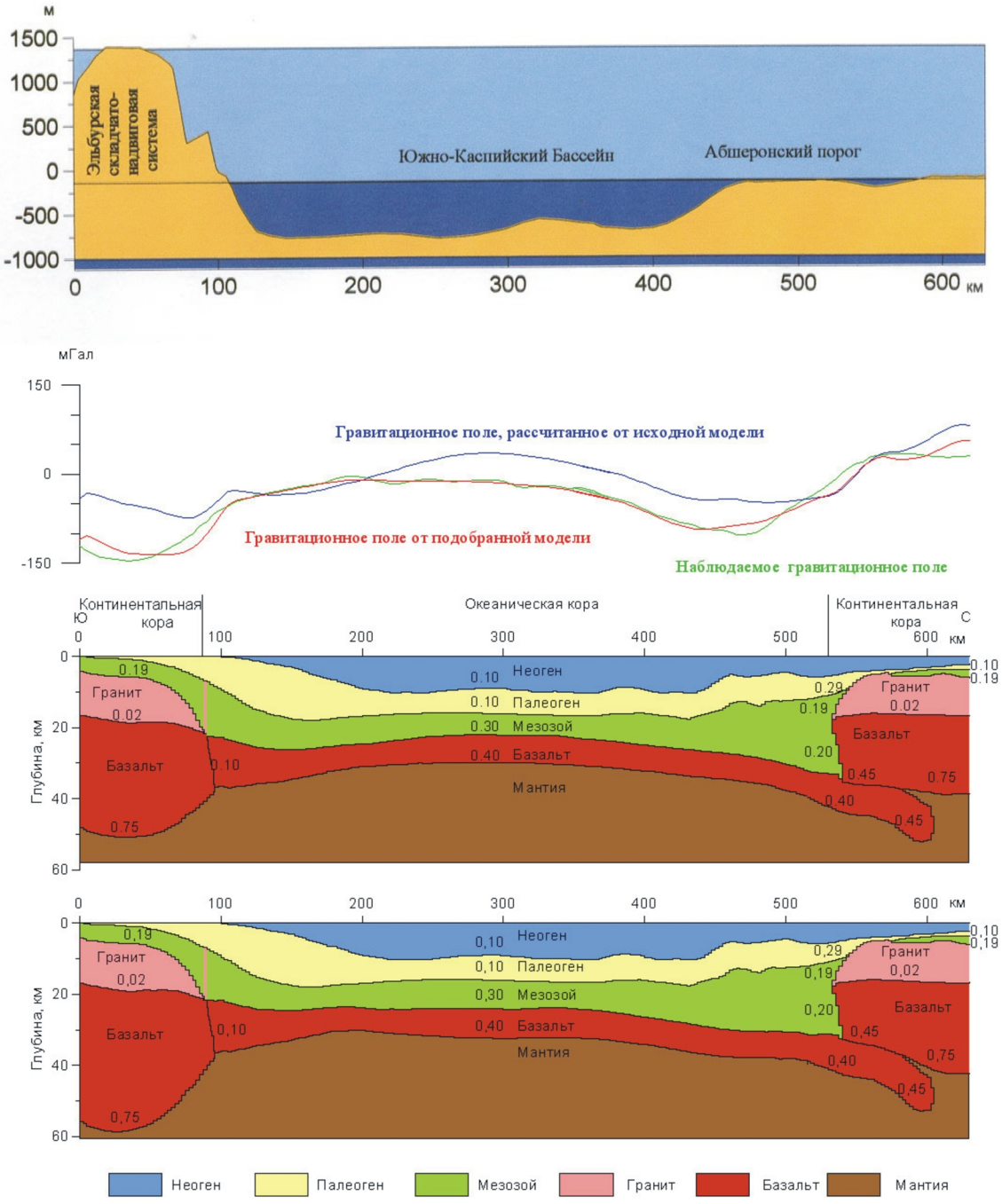


Рис. 3. Гравитационная модель и топография зоны меридионального профиля Эльбурс – Абшеронский порог. Значения разности плотности даны в г/см^3.

Кроме вышеуказанных границ, в континентальной коре выделяется граница между гранитным и базальтовым слоями.

В северной части профиля на кривой аномалии Буге наблюдается резкое увеличение значений гравитационного поля, приуроченное к зоне сочленения континентальной коры с океанической. Между геометрией границ слоев и топографией вдоль профиля существует корреляция.

Величины плотности слоев земной коры и верхней мантии были выбраны согласно литературным данным. Решение прямой задачи для исходной модели показывает, что вдоль профиля наблюдается чередование зон с избыточной массой (0-62 км и 220-500 км). Вычисленные значения гравитационного поля для начальной геолого-геофизической модели не объясняют наблюдаемое гравитационное поле. Наибольшие значения расхождения гравитационного поля приходятся на интервалы 10-65 км (54 мГал -100мГал), 260-485км (40-55 мГал) и 605-630км (35-54 мГал). Для компенсации наблюдаемого гравитационного поля осуществлен подбор плотностных границ (верхней границы базальтового слоя океанической и континентальной кор и границы Мохо) до получения наименьшего расхождения между наблюдаемыми и подобранными значениями гравитационного поля. В северной части профиля в зоне сочленения океанической коры с континентальной, где отмечались наибольшие отклонения в гравитационном поле, поверхность базальтового слоя была опущена на величину 2,6 км. Граница Мохо претерпела наибольшие изменения на следующих участках профиля: в южной части профиля в районе 50 км поверхность была опущена на величину 8 км, в центральной части профиля (300км) поднята на величину 2,5 км, далее в районе 455 км опущена на величину 3 км. В месте сочленения океанической коры с континентальной (~540 км) граница Мохо была поднята на 1,3 км, а севернее была опущена на 1,4 км.

В северной части полученной модели в зоне сочленения океанической коры с континентальной наблюдается изгиб океанической коры, возможно, связанный с зарождающимся процессом субдукции литосферы Южного Каспия под Средний Каспий. Субдукция под Абшеронский порог сопровождается срывом с базальтового слоя вышележащих осадков. Верхние осадочные слои в результате установленных горизонтальных движений в направлении с юго-запада на северо-восток (Reilinger et al. 2006) и столкновения с континентальной корой в северной части ЮКВ испытывают сжатие, приводящее к их утолщению. Толщина мезозойского слоя в средней части профиля (~8 км), постепенно увеличиваясь в северном направлении, достигает максимального значения (~20 км) в районе Абшеронского порога. Полагается, что это является следствием взаимодействия океанической коры с континентальной.

Данные о землетрясениях

Для получения дополнительной информации о процессе субдукции литосферы Южного Каспия под Средний Каспий были использованы сведения о землетрясениях с магнитудами от 3 до 7 баллов из сводного каталога землетрясений, составленного на основе каталога Геофизического Центра РАН, открытой информации международных сейсмологических центров, таких как NEIC, IRIS, CTBT, ANSS и Республиканского Центра Сейсмологической Службы НАНА за период 1963-2008 гг. Данные распределения землетрясений на ЮКВ и в прилегающих регионах, взятые из сводного каталога (1963-2008 гг.), приводятся на рисунке 4а.

Для анализа сейсмичности была использована информация о механизмах очагов землетрясений, расположенных в полосе шириной в 2º вдоль профиля (рис.4б), заимствованная из Гарвардского каталога (1976-2008 гг.) (http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html).

Из рисунка 5 видно, что очаги землетрясений располагаются в пределах океанической коры в зоне ее погружения под континентальную. Такое глубинное распределение очагов сильных землетрясений позволяет нам связывать генетическую природу этих землетрясений и закономерностей их генерации с процессом зарождающейся субдукции литосферы Южного Каспия под Средний Каспий. Фокальный анализ сильных землетрясений (M=6.1; 6.2; 6.3) показывает, что эта зона характеризуется крутым сбросовым механиз-

мом. В отличие от этого, фокальные механизмы сильных землетрясений, происходящих на юге, указывают на наличие взбросов. Механизмы очагов землетрясений при переходе от Абшеронского порога к Эльбурсу изменяются в соответствии с изменением в этом направлении геологических условий и типа тектонических движений.

Таким образом, можно заключить, что субдукция океанической коры под континентальную является доминантным геологическим процессом, контролирующим сейсмическую активность и тектонические деформации в пределах земной коры ЮКБ. Подтверждением этому являются три сильных землетрясения, произошедшие за короткий исторический период в зоне предполагаемой субдукции в ЮКВ.

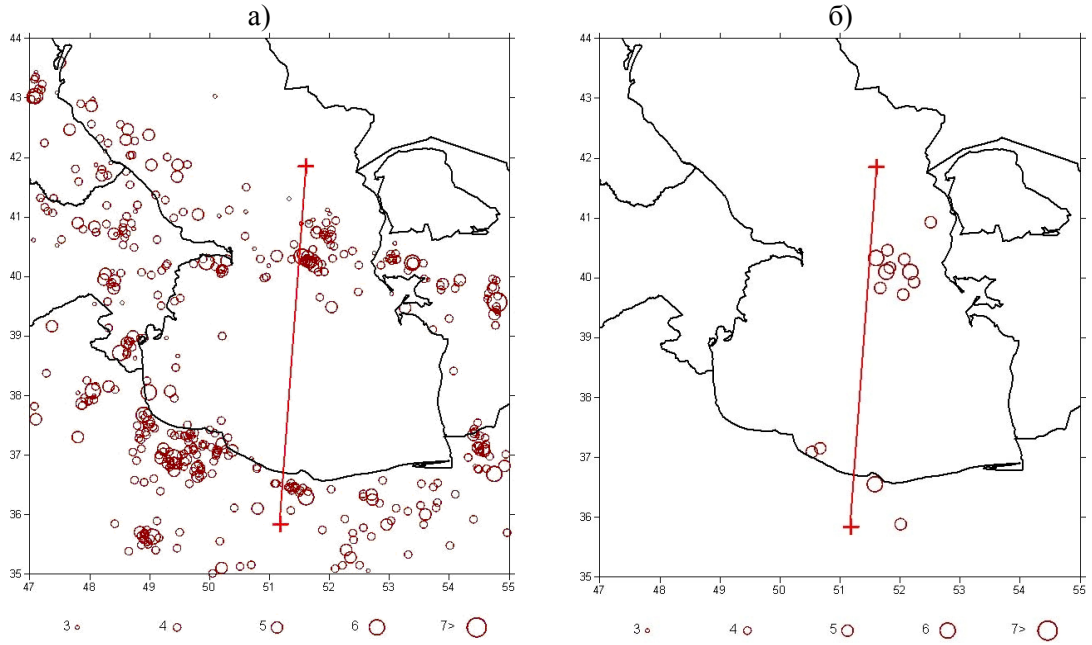


Рис. 4. а) Распределение землетрясений на ЮКВ и в прилегающих регионах за период 1963-2007 гг. б) Распределение землетрясений вдоль исследуемого профиля

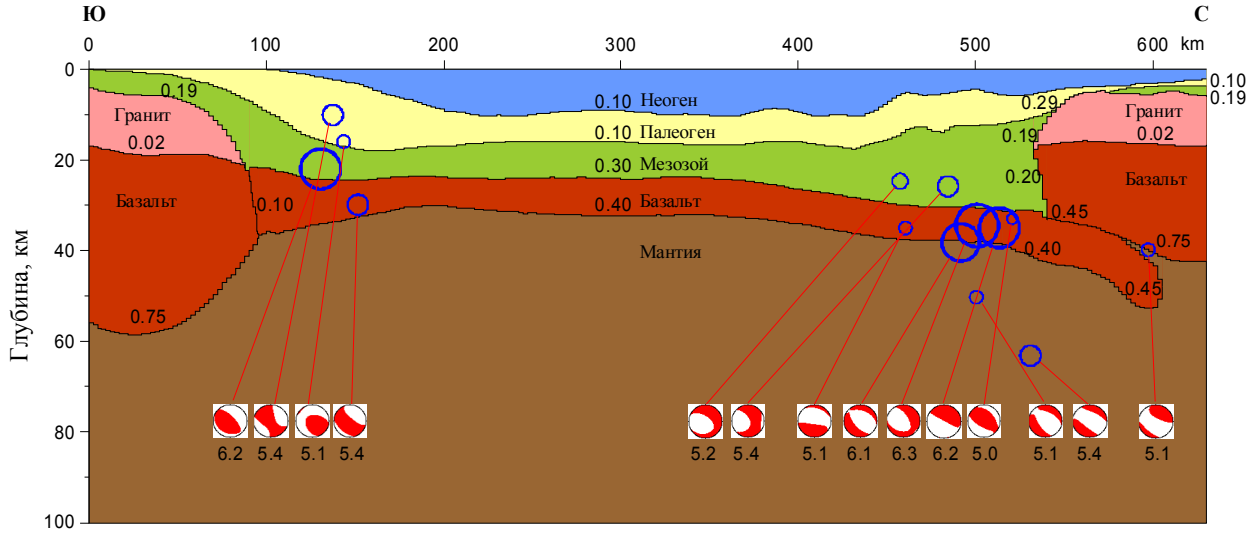


Рис. 5. Распределение землетрясений по глубине вдоль гравитационной модели, построенной по данным Гарвардского каталога фокальных механизмов очагов землетрясений (1976-2008 гг.)

Заключение

Методом подбора составлена 2D гравитационная модель (по региональному профилю Эльбурс – Абшеронский порог) глубинного строения ЮКВ и уточнены конфигурации верхней границы базальтового слоя и границы Мохо.

В северной части профиля подтверждается наличие зарождающегося процесса субдукции литосферы Южного Каспия под Средний Каспий, сопровождающегося срывом с базальтового слоя вышележащих осадков. Верхние слои в результате горизонтальных движений земной коры подвергаются сжатию, и толщина мезозойского слоя здесь достигает максимального для ЮКВ значения ~20 км.

Процесс субдукции, происходящий в пределах зоны Абшеронского порога, провоцирует проявление сильных землетрясений в основном со сбросовым фокальным механизмом.

В Эльбурсской надвиговой зоне (на юге профиля) наблюдается сжатие океанической коры, сопровождающееся сильными землетрясениями со взбросовым фокальным механизмом.

Благодарности. Мы благодарим проф. П.З.Мамедова за информацию о геологическом строении ЮКВ и полезные дискуссии о ее структуре.

ЛИТЕРАТУРА

АКСЕНОВИЧ, Г.И., АРОНОВ, Л.Е., ГАГЕЛЬЯНЦ, А.А., ГАЛЬПЕРИН, Е.И., ЗАЙОНЧКОВСКИЙ, М.А., КОСМИНСКАЯ, И.П., КРАКШИНА, Р.М. 1962. Глубинное сейсмическое зондирование в центральной части Каспийского моря. Изд-во АН СССР. Москва. 152.

АРТЮШКОВ, Е.В. 2007. Образование сверхглубокой впадины в южном Каспии вследствие фазовых переходов в континентальной коре. *Геология и геофизика,* 48, 12, 1289-1307.

АРТЮШКОВ, Е.В. 1993. Физическая тектоника. Наука. Москва. 456.

БУЛАХ, Е.Г., МАРКОВА, М.Н., ТИМОШЕНКО, В.И., БОЙКО, П.Д. 1984. Математическое обеспечение автоматизированной системы интерпретации гравитационных аномалий. Наукова Думка. Киев. 112.

БУЛЛАХ, Е.Г., МАРКОВА, М.Н. 1992. Решение обратных задач гравиметрии методом подбора. *Геофизический журнал*, 4, 9-19.

МУХТАРОВ, А.Ш. 2003. Некоторые аспекты формирования теплового поля в Каспийском регионе. *Труды Института Геологии НАНА*, 31, 141-147.

ТОМАРА, Г.А. 1979. Тепловой поток глубоководных впадин Каспийского моря. В кн.: *Экспериментальное и теоретическое изучение тепловых потоков*. Москва, Наука, 99-112.

УЛОМОВ, В.И. Объемная модель динамики литосферы, структуры сейсмичности и изменений уровня Каспийского моря. *Физика Земли*, 5, 5–17.

ХАИН, В.Е. 2005. Проблема происхождения и возраста Южно-Каспийской впадины и ее возможные решения. *Геотектоника*, 1, 40-44.

ХАИН, В.Е., БОГДАНОВ, Н.А.(под ред.) 2003. Международная Тектоническая карта Каспийского моря и его обрамления. М-б 1:2 500 000: Объяснительная записка.Научный мир. Москва. 120.

ХАЛИЛОВ, Э.Н., МЕХТИЕВ, Ш.Ф., ХАИН, В.Е. 1987. О некоторых геофизических данных, подтверждающих коллизионное происхождение Большого Кавказа. *Геотектоника*, 2, 54-60.

BABAYEV, D.KH., GADJIYEV, A.N. 2006. Deep structure and prospects oil-and-gas content basin of Caspian Sea. Publishing House of the Geology Institute. Baku. 306.

BRUNET, M-F., KOROTAEV, M.V., ERSHOV, A.V., NIKISHIN, A.M. 2003. The SCB: a review of its evolution from subsidence modeling. *Sedimentary Geology,* 156, 119–148.

GRANATH, J. W., SOOFI, K. A, BAGANZ, O. W., BAGIROV, E. 2004. Gravity modelling and its implications to the tectonics of the South Caspian basinş (http://www.searchanddiscovery.net/documents/abstracts//istanbul2000/extended/granath.pdf).

KNAPP, C.C., KNAPP, J.H., CONNOR, J.A. 2004. Crustal-scale structure of the South Caspian Basin revealed by deep seismic reflection profiling. *Mar. Petrol. Geol*., 21, 1073-1081.

MAMEDOV, P.Z. 2005. Model of the South Caspian mega basin on the basis of seismic investigation. In: *Abstract book of 67 conference EAGE*, Madrid, Spane, 213-217.

MAMEDOV, P.Z., STELING, C., KIECKEFOR, R. 1997. Tectonic history of the Southern Caspian Sea. *Bulletin AAPG*, 81/8, 110.

REILINGER R., McCLUSKY, S., VERNANT, PH., LAWRENCE, SH., ERGINTAV, S., KADIROV, F. et al. 2006. GPS Constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, 1-26, Issue: B5, DOI: 10.1029/2005JB004051.

© H.P.Aslanov, A.M.Səmədov, N.Ə.Novruzov, 2009

BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB YAMACININ AZƏRBAYCAN HİSSƏSİ ƏRAZİSİNDƏ EKOLOJİ-GEOKİMYƏVİ VƏZİYYƏT

H.P.Aslanov[1], A.M.Səmədov[1], N.Ə.Novruzov[2]

1 –*Azərbaycan Respublikasının Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi AZ1072, Bakı, B.Ağayev küçəsi, 100A*

2 – *Azərbacan MEA Geologiya İnstitutu AZ1143, Bakı, H. Cavid prospekti, 29A*

"... insan geokimyəvi cəhətdən dünyanı dəyişdirir..."

A. Y. Fersman

Tədqiqat aparılan ərazidə filizdən törəyən çirkləndirici inqrediyentlərə əsasən ətraf mühitin çirklənməsini əks etdirən üç qrup kompleks anomaliyalar ayrılır: intensiv, lokal və genişmiqyaslı nisbətən zəif anomaliyalar. İntensiv çirklənmə anomaliyaları filiz yataqları sahələri (Cixix-Kasmala, Kasdağ-Filizçay və Katex anomaliyaları) və onların ətraflarında əmələ gəlmişdir. Ətraf mühitin çirklənməsinin yol verilən qatılıq həddindən aşağı olması və nisbətən intensiv çirklənmələrin yataq sahələrində əmələ gəlməsinə əsasən, regionun mövcud ekoloji şəraiti bütovlükdə qənaətbəxş hesab olunur. Ekoloji şəraitin yaxşılaşdırılması üçün kompleks tədbirlərin görülməsi məqsədəuyğun hesab edilir.

Artıq XXI əsrin əvvəllərində Yer kürəsində antropogen təsirə məruz qalmamış ərazilər xeyli azalmışdır. Hazırda ekoloji təhlükənin miqyası bəzən bütöv ölkələrin ərazisini əhatə edir. Təbiət hadisələri və istehsalat-təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqədar Yerin müxtəlif guşələrində baş verən lokal və regional krizislər yeni ekoloji yanaşma, qiymətləndirmə və ən başlıcası, zaman və məkanda proseslərin düzgün proqnozlaşdırılmasını tələb edir.

Təbii sərvətlərin mühüm hissəsi olan mineral ehtiyatlardan kortəbii və səmərəsiz istifadə olunması nəticəsində ətraf mühitə böyük ziyan dəyir. Dağ-mədən sənayesinin müəssisələri tullantılarında milyonlarla ton örtük və boş süxur yığımları toplanmışdır. Külək eroziyası və atmosfer yağıntıları ilə yuyulma səbəbindən həmin tullantılardan külli miqdarda ağır metallar daşınaraq böyük ərazilərdə təbii biosistemə xeyli ziyan vurur.

Respublikamızın təbii geoekoloji vəziyyəti əsas etibarilə arid iqlimlə, su ehtiyatlarının qıtlığı və qeyri-bərabər paylanması, geodinamik proseslərin fəallığı, palçıq vulkanları, ekzogen geoloji proseslərin - sürüşmələr, sellər, yarğan əmələgəlmə, subasma, ucqunlar, bataqlıqlaşma, torpaq şoranlaşması, suffoziya və torpaqların eroziyasının geniş yayılması ilə səciyyələnir.

Geoekoloji tətqiqatların əsas məqsədi geoloji mühitdə baş verən təbii və texnogen dəyişmələr barədə müfəssəl məlumat almaqla, insanın yaşadığı mühitin müvafiq səviyyədə saxlanılması və təbii ehtiyatlardan səmərəli istifadə olunmasından ibarətdir. Problemin ekoloji tərəfi sonralar faydalı qazıntıların hasilatı zamanı yeraltı üsuldan daha çox yerüstü üsula diqqət yetirildiyi vaxt üzə çıxır. Nəticədə pozulmuş torpaq sahələrinin və çirklənməyə məruz qalmış təbii mühitin böyüməsi təbiətdə geokimyəvi müvazinətin pozulmasına gətirib çıxarır. Dağ-mədən-xammal hasilatı müəssisələrinə yaxın ərazilərin çirklənmə dərəcəsi və səciyyəsi üç qrup faktorlarla müəyyən edilir: süxur və filizlərin ilkin kimyəvi və mineraloji tərkibi; iqlim və landşaft faktorları; yataqların sənaye cəhətdən mənimsənilmə mərhələsi və tipi (Куприянова, 2008).

Ötən əsrin ortalarından başlayaraq Böyuk Qafqazın cənub yamacının Azəbaycan hissəsində geoloji-kəsfiyyat işlərinin aparılması geniş vüsət almışdır. Burada ən intensiv, irihəcmli və uzunmüddətli geoloji-kəşfiyyat işləri Filizçay kolçedan-polimetal yatağında və onun yaxın ətraflarında aparılmış, dərinliyi 300 m-dən 1200 m-ə qədər olan yüzlərlə (300-dən artıq) buruq quyusu qazılmış, onlarla mağara keçilmişdir. Bu mağaraların en kəsiyi əsasən 3,6, 4,8, 5,1 və 6,4 kv.m olmuşdur. Bunlardan əlavə sahədə çox

böyük miqdarda yerüstü qazma işləri də (xəndəklər və şurflar) aparılmışdır.

Filizçay yatağından sonra daha çox geoloji-kəşfiyyat işləri aparılan sahə Kasdağ və Katex kolçedan-polimetal yataqları və onların yaxın ətrafları olmuşdur. Burada dərinliyi 300-1000 m olan yüzdən artıq buruq quyusu qazılmış, uzunluğu min metrlərlə ölçülən 50-yə qədər mağara, çox böyük həcmdə yerüstü dağ-mədən qazmaları keçilmişdir.

Cixix yatağının cənub cinahını təşkil edən Saqator sahəsində, Kasmala və Çeder filiz təzahürləri sahələrində də uzun müddət ərzində intensiv geoloji-axtarış və kəşfiyyat işləri aparılmış, mağaralar keçilmiş, müxtəlif dərinlikli onlarla buruq quyusu qazılmışdır. Yerüstü dağ-mədən qazmaları da kifayət qədər olmuşdur. Bulanıq, Gumbulçay, Tenros, Çuqak, Seltiqçay, Qaraçay, Balakənçay, Lətifolan, Salbandağ, Dəliçay və s. filiz təzahürlərində və filizləşmə zonalarında da müxtəlif vaxtlarda geoloji-axtarış və kəşfiyyat işləri aparılmış, çoxlu yerüstü dağ-mədən qazmaları keçilmiş və müxtəlif dərinlikli buruq quyuları qazılmışdır.

Təxmini hesablamalara görə, Balakən-Zaqatala filiz rayonunda keçən əsrin ikinci yarısında orta dərinliyi 300 m-dən 1000 m-ə qədər 1000-ə yaxın buruq quyusu qazılmış, ümumi uzunluğu 70–80 km olan 100-dən artıq mağara, külli miqdarda xəndək və şurflar qazılmışdır. Geoloji-kəşfiyyat işlərinin yerinə yetirilməsi üçün bu məsələlərlə bilavasitə əlaqəli və birbaşa əlaqəsi olmayan çoxlu köməkçi tikinti işləri həyata keçirilmişdir. Buraya kəşfiyyat sahələrində geoloji dəstələr üçün bazaların salınmasını, onlara yolların inşa edilməsini, buruq quyularına və yeraltı dağ qazmalarına yolların çəkilməsini, buruq meydançalarının hazırlanmasını, yerüstü və yeraltı su kəmərlərinin çəkilməsini, ara yolları və cığırların salınmasını və s. əlavə etmək olar.

Balakən-Zaqatala filiz rayonunda kolçedan-polimetal, mis-pirrotin, həmçinin dəmirli manqan filizlərinin çoxsaylı yataqları, təzahürləri və çıxışları, nəcib metalların zəif minerallaşma zonaları və nöqtələri vardır. Filizlərin mineraloji tərkibi əsasən pirit, pirrotin, sfalerit, qalenit, xalkopirit, həmçinin arsenopirit, maqnetit, mis-qurğuşun sulfoduzları, molibdenit, pirolüzit, psilomelan, manqanit və s. minerallardan ibarətdir.

Əsas filiz komponentləri S, Fe, Cu, Zn və Pb sayılır. Bunlardan başqa, filizlərin tərkibində müxtəlif miqdarda Co, Ag, Cd, Mn, As, Sb, Bi, Mo, Au, İn, Ga, Tl, Ge, Se, Te, Hg, Sn və s. elementlər də vardır. Cu, Zn, Pb, Fe öz mineralları ilə təmsil olunurlar. Au, Ag, Co, Ni, As, Sb, Bi, Te, Sn isə filizlərdə sulfidlərin tərkibində izomorf qarışıq və fərdi mineralları şəklində iştirak edir. Cd, İn, Ga, Tl, Ge, Se kimi nadir elementlər baş sulfid minerallarının tərkibində yalnız izomorf qarışıq olaraq yerləşirlər.

2003-cü ildən başlayaraq, Baş Qafqaz silsiləsinin Azərbaycan hissəsində aparılmış ekoloji-geokimyəvi tədqiqatlardan (Aslanov, 2006; Новрузов и др., 2009) aydın olmuşdur ki, rayonun filizliliyi təbii landşaftların geokimyəvi xüsusiyyətlərində də özünü göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, bu filiz rayonunda çoxlu yataqları və təzahürləri olan xalkofil və siderofil metalların və bir çox başqa mikroelementlərin ətraf mühit komponentlərindəki fon tutumları klarkdan xeyli aşağı səviyyədədir. Bununla belə, müxtəlif landşaft yarımzonalarında, rayonlarında və sahələrində müxtəlif mikroelementin və ya mikroelementlər qrupunun köklü və boş süxurlarda, torpaqlarda, yeraltı və yerüstü sularda və bitkilərdəki orta tutumları xeyli yüksələrək fondan seçilir və bəzi hallarda isə klarkdan dəfələrlə artıq olur. Nadir hallarda ayrı-ayrı nöqtələr və kiçik sahələr üzrə bu göstərici hətta yol verilən qatılıq həddi (YVQH) səviyyəsində və ondan da çox olur. Bu isə ətraf təbii mühitin həmin mikroelementlə və ya mikroelementlər qrup ilə - filizdən törəyən çirkləndirici inqredientlərlə (FTÇİ) çirklənməsi nəticəsində əmələ gəlmişdir. Belə çirklənmələr həm təbii, həm də antropogen yolla baş vermişdir. Bu çirklənmələr həm filiz yataqları və təzahürləri sahələrində, həm də onlardan uzaqlarda əmələ gəlmişdir. Aydındır ki, filiz sahələrində baş verən çirklənmələr daha intensiv olmuşdur. Bəzi tədqiqatçılara görə (Талипов, Шукуров, 2005), filiz yataqları ərazilərində əlvan, nadir və nəcib metallarla ətraf mühitin aşkar edilən çirklənmə göstəriciləri gizli filiz yatımlarının axtarışlarında geokimyəvi indikator kimi istifadə oluna bilər.

Məlumdur ki, ərazinin elə səhəsi geokimyəvi anomaliya hesab edilir ki, onu təşkil edən təbii cismlərin heç olmazsa birində kimyəvi elementlərin paylanmasının statistik parametrləri geokimyəvi fondan etibarlı dərəcədə fərqlənsin. Mənbələrinə və əmələgəlmə mexanizminə, geoloji faktorlarla əlaqəsinə, tərkibinə və s. görə təbii və texnogen anomaliyalar arasında kəskin fərq-

lər vardır. Belə ki, təbii anomaliyalar üçün kimyəvi elementlərin mənbəyi geoloji mühitdir. Bu anomaliyalar elementlər arasında əhəmiyyətli korrelyasiya əlaqəli təbii assosiasiyalara cavab - verən geokimyəvi oreollara malikdir. Texnogen anomaliyalar üçün kimyəvi elementlərin və istehsalat fəaliyyəti məhsullarının qaydasız yığımı səciyyəvidir. Kimyəvi elementlər arasında təbii paragenezislərə uyğun gələn davamlı korrelyasiya əlaqələrinin olmaması müşahidə edilir. Texnogen anomaliyaların əmələ gəlməsi ərazinin urbanizasiyası, onun sənaye cəhətdən istifadə edilməsi ilə əlaqədardır. Onlar üçün səthi inkişaf, texnogen çirklənmə mənbələri ətrafında ziddiyyətli oreollar səcyyəvidir. Texnogen anomaliyalar atmosferə atılan sənaye tullantılrı, səthi bərk tullantılar və s. hesabına əmələ gəlir (Заири и др., 2000).

Filiz yataqları və təzahürləri sahələrində və onların kənarlarında ətraf mühitin FTÇİ-lərlə çirklənməsi filiz cismləri və filiz yerləşən süxurların aşınması və eroziyası nəticəsində baş vermişdir. Filiz yataqları və təzahürlərindən uzaqlarda əmələ gəlmiş çirklənmələr isə filiz komponentlərinin mexaniki, fiziki-kimyəvi, biogen və texnogen miqrasiyası və münasib geokimyəvi maneə şəraitində çökməsi və akkumulyasiyası nəticəsində olmuşdur. Tədqiqat sahəsində ətraf təbii mühitin FTÇİ-lərlə çirklənmə anomaliyaları müəyyən edilərək hüdudlanmışdır. Bunlar kompleks anomaliyalardır və onları 3 qrupa ayırmaq olar: intensiv anomaliyalar, lokal anomaliyalar və genişsahəli (nisbətən zəif) anomaliyalar.

İntensiv çirkələnmə anomaliyaları filiz sahələri və qovşaqlarını əhatə etməklə onların ətraflarında yaranmışdır. Bunlar Cixix-Kasmala, Kasdağ-Filizçay və Katex anomaliyaları, FTÇİ-lərin nisbətən çoxsaylı olması, çirklənmənin intensivliyi ilə seçilir və nisbətən böyük sahələri əhatə edir (şək.).

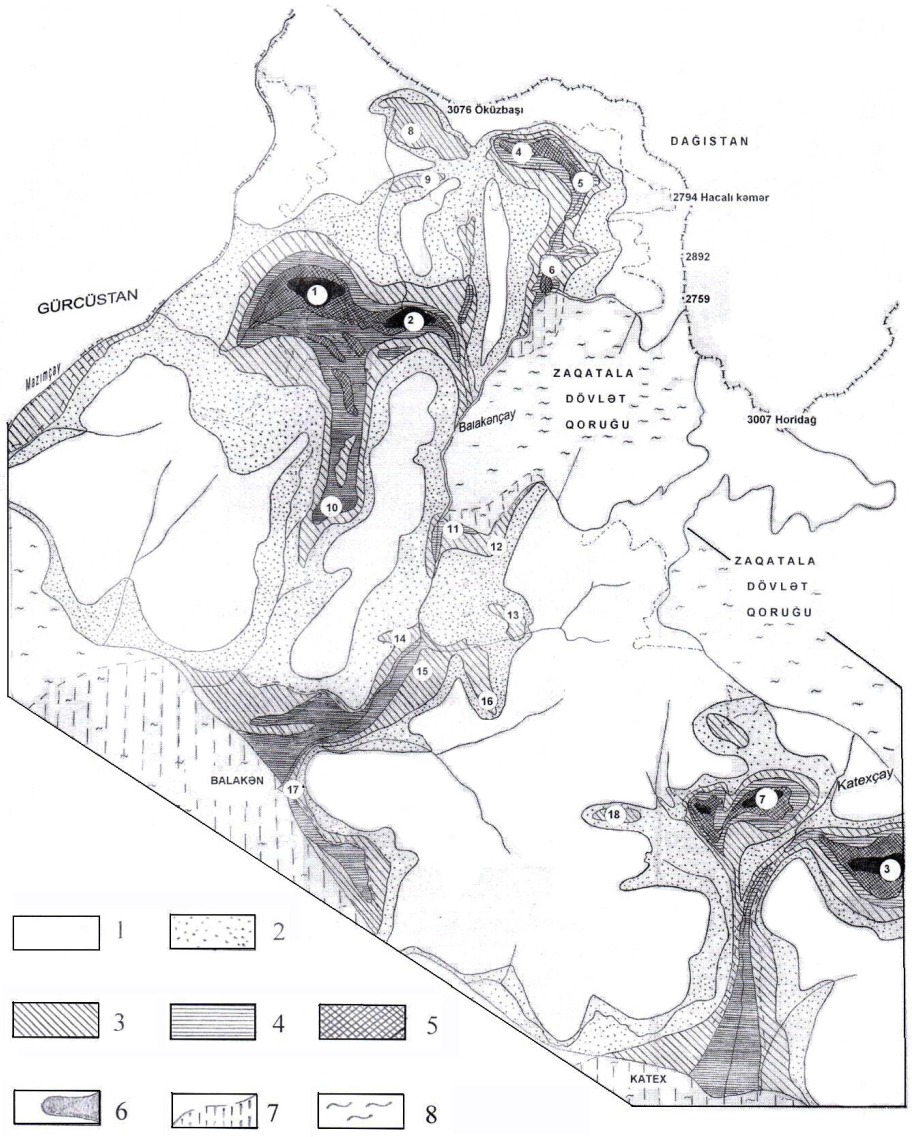
Cixix-Kasmala kompleks (Ag-Cu-Pb-Zn-Co-Mo) anomaliyası Çixix yatağı və Kasmala təzahürü sahələrini və ətraf əraziləri əhatə edir. Bu anomaliya planda yarımdairəyə bənzər formadadır. Onun ölçüləri 3-3,5 x 5-6 km təşkil edir. Anomaliya sahəsində Saqator və Kasmala təzahürlərini birləşdirən bu mərkəzi hissənin eni 0,5-0,8 km, uzunluğu isə 6 km-ə qədərdir. Cixix-Kasmala çirklənmə anomaliyasının mərkəzi hissəsindəki torpaqlarda Zn, Pb, Cu, Co, Ag, Mo klarklarla müqayisədə dəfələrlə çox miqdardadır (cədvəl).

Qeyd etmək lazımdır ki, süxur, torpaq, bitki və sularda ayrı-ayrı elementlərin miqdarları müvafiq klarklarla (Беус, 1972; Войткевич и др., 1970; və s.) müqayisədə verilmişdir. Mərkəzi hissədən kənarlara getdikcə bu göstəricilər azalaraq klark səviyyəsinə və nəhayət, anomaliya sahəsinin qurtaracağında fon səviyyəsinə düşür. Tədqiqat rayonunun torpaqlarında FTÇİ-lərin fon tutumları klarka nisbətən xeyli az olduğuna görə anomaliya sahəsində onların miqdarı fona nisbətən daha yüksək olaraq, dəfələrlə və hətta on dəfələrlə artıqlıq təşkil edir. Cəmi çirklənmə göstəricisi – CÇG (çirkləndiricilərin tutumlarının klarklara nisbətləri cəmi) anomaliyanın mərkəzi hissələrində 6-9, kənar hissələrdə isə 2-5 arasında dəyişir. Yalnız Kasmala təzahürü sahəsindəki torpaqlarda CÇG - 10 və daha yüksək göstəriciyə malikdir.

Cixix-Kasmala kompleks anomaliyası sahəsində yayılmış boş süxurlarda - dib çöküntülərində Cu, Zn, Ag klarkdan dəfələrlə artıq, Pb və Co klarkdan yüksək, Mo və Sn isə fondan artıq və klarka yaxın səviyyədədir. Bu anomaliyanın yerüstü sularında Cu, Ag və Zn hidrogeokimyəvi fona nisbətən anomal tutumlu elementlər kimi ayrılır. Bitkilərdə qurğuşunun və nadir hallarda misin və gümüşün miqdarı klarkdan artıqdır. Cu, Ag və Mo-nin tutumları fona nisbətən yüksəkdir. Anomaliyanın yalnız mərkəzi hissəsindəki və ayrı-ayrı nöqtələrindəki torpaqlarda Pb və Cu-in tutumları YVQH-nı aşır.

Kasdağ-Filizçay çirklənmə anomaliyası tədqiqat sahəsində ən böyük və ən intensiv anomaliyadır. Bu anomaliya Kasdağ və Filizçay yataqlarının ərazilərini, Qarabçay, Yuxarı Filizçay, Bulanlıq, Qubaxaltı və Gumbulçay filizli sahələrini əhatə edir. Planda bu anomaliya T-şəkilli formaya malikdir. Onun ölçüləri 5-7 km, sahəsi 30 km^2-ə qədərdir. Anomaliyanın daha intensiv hissəsi onun şimalında, pazlaşan linzavari formada ayrılır. Bu hissə Filizçay və Kasdağ yataqları sahələrini, onların ətraflarını, şimal-qərb və cənub-şərq davamlarını və eləcə də həmin yataqlar arasındakı Qarabçay filizli sahəsini əhatə edir. Bu ərazidəki torpaqdalarda klarkla müqayisədə Zn, Pb, Cu, Ag və Co bir neçə dəfə artıqdır (cədvəl). İntensiv çirklənmiş linzavari sahə daxilində daha şiddətli dərəcədə çirklənmiş Kasdağ və Filizçay yataqlarının əraziləri ayrılır. Kasdağ-Filizçay çirklənmə anomaliyası nisbətən zəif intensivliklə Qubax dağ massivinin cənub yamaclarını və Qumbulçay hövzəsinin şimal-şərq hissəsini əhatə edir. Bu anomaliya sahəsində torpaqlar üzrə CÇG şiddətli çirk-

lənmiş yataq ərazilərində 10 və daha artıq, intensiv çirklənmiş hissələrdə 6-9, nisbətən zəif çirklənmiş sahələrdə isə 2-5 təşkil edir. Şiddətli və intensiv çirklənmiş torpaqlarda Pb və şiddətli çirklənmiş Kasdağ yatağı torpaqlarında Cu və Ag YVQH-dan artıq miqdarda toplanmışdır.



Mazımçay-Katexçay arası sahənin filiz komponentləri ilə çirklənmə xəritəsi

Şərti işarələr:
I . Filiz yataqları və təzahürləri: 1- 3 - filiz yataqları: 1- Kasdağ ; 2 - Filizçay ; 3 - Katex ; 4-7- iri filiz təzahürləri: 4 - Cixix; 5 - Saqator; 6-Kasmala; 7- Çeder ; 8-18 - kiçik filiz təzahürləri: 8-Tenros; 9-Cuqak; 10-Gumbulçay; 11-Seltiqçay; 12-Lətifolan; 13-Qaraçay; 14-Beşətəklər; 15-Salban; 16-Salbandağ; 17-Balakənçay; 18-Dəliçay *II. Torpaqların filizdən törəmə çirkləndirici inqredientlərlə (FTÇİ) çirklənmə sahələri:* 1 - metalların tutumları əsasən normadan və ya fondan az fərqli, CÇG ≤ 1 olan sahələr; 2 - FTÇİ - lərin tutumları əsasən fondan yüksək, norma səviyyədə və ya normadan az fərqli , 2>CÇG≥1 olan sahələr; 3 - FTÇİ - lərin tutumları normadan 2-3 dəfə artıq, YVQH-dən az , 3≥CÇG>2 olan sahələr; 4 - FTÇİ - lərin tutumları əsasən normadan 4-5 dəfə artıq, 5≥CÇG>3 olan sahələr; 5 - FTÇİ- lərin tutumları əsasən normadan 6-9 dəfə artıq və 9≥CÇG≥6 olan sahələr; 6 - FTÇİ- lərin tutumları əsasən normadan 10 dəfə və daha çox artıq, CÇG ≥ 10 olan sahələr; 7 - çirklənmə sahələrinin gözlənilən davamları; 8 - geoekoloji tədqiqatlar aparılması məqsədəuyğun sayılan ərazilər.

Kompleks anomaliyaların intensiv çirklənmiş torpaqlarında ağır metallarla çirklənmə mənzərəsi

Kompleks anomaliyalar	Cu, 10^{-3}	Zn, 10^{-2}	Pb, 10^{-3}	Ag, 10^{-4}	Co, 10^{-3}	Mo, 10^{-4}
Cixix-Kasmala	10,0 / 5	10,0 / 2,0	4,0 / 4	1,0 / 10	3,0 / 3	2,5 / 1,25
Kasdağ-Filizçay	14,8 / 7,4	12,4 / 2,48	10,6 / 10,6	0,2 / 2	4,2 / 4,2	5,5 / 2,75
Katex	3,53 / 1,76	19,4 / 3,88	18,47 / 18,47	1,17 / 11,7		10,0 / 5

Qeyd: kəsrlərin surətində – elementlərin orta miqdarı (%-lə), məxrəcdə müvafiq klarklarla müqayisədə torpaqların çirklənmə dərəcəsi (dəfələrlə).

Kasdağ-Filizçay anomaliyası sahəsində dağ-mədən qazmalarından və buruq quyularından çıxan sularda və yer səthinə çıxan yeraltı çat sularında da Cu, Ag, Zn və bəzən Mo, Pb, Co yerüstü çay sularındakı müvafiq klarklarına nisbətən dəfələrlə və on dəfələrlə artıq miqdardadır. Bu sularda Cu, Ag, Zn, Mo və Sr-un tutumları nəinki içməli, hətta suvarma üçün istifadə olunan sularda YVQH-dan yüksəkdir. Anomaliyanın şiddətli və intensiv çirklənmiş sahələrindəki bitkilərdə Pb (bəzən Cu, Ag) klarkdan artıq miqdarda, Cu, Ag (və bəzən Mo, Co) fondan artıq miqdarda, klark səviyyəsində toplanmışdır.

Katex çirklənmə anomaliyası eyniadlı filiz yatağını və onun ətraf sahələrini əhatə edir. Bu anomaliya planda düzgün olmayan ellips formasındadır. Onun ölçüləri 2,5 x 3 km-dir. Anomaliyanın şiddətli çirklənmiş mərkəzi hissəsi yataq sahəsinə, intensiv çirklənmiş hissəsi isə yataqətrafı ərazilərə düşür. Bu anomaliya da kompleks FTÇİ-lərlə - Pb, Zn, Cu, Ağ və Mo-lə ətraf təbii mühitin, xüsusilə də torpaqların və yeraltı suların çirklənmə anomaliyasıdır. Anomaliyanın şiddətli və intensiv çirklənmiş hissəsindəki torpaqlarda Zn, Pb, Cu, Ag və Mo normadan dəfələrlə artıq miqdarda toplanmışdır (cədvəl). Mərkəzi hissədən kənarlara getdikcə bu rəqəmlər tədricən azalaraq klark səviyyəsinə və daha sonra isə fonadək düşür.

Katex anomaliyası Cixix-Kasmala və Kasdağ-Filizçay anomaliyalarından torpaqların Pb və Zn-lə daha güclü çirklənməsi və əksinə mislə xeyli dərəcədə zəif çirklənməsi ilə seçilir. Bu isə həmin yataqların filizlərinin geokimyəvi spektrini (Новрузов, Мурадханова, 2008) tamamilə əks etdirir. Anomaliya üzrə şiddətli çirklənmiş yataq sahəsində torpaqlarda CÇG 10-dan artıq, intensiv çirklənmə sahələrində 5-10, nisbətən zəif çirklənmiş ərazilərdə isə 2-5 təşkil edir. Bu anomaliya sahəsində yeraltı dağ-mədən qazmalarından və buruq quyularından çıxan sularda da Zn, Pb, Ag və Co klarkdan artıq miqdarda toplanmışdır. Katex çirklənmə anomaliyası sahəsindəki bitkilərdə Pb normadan artıq dərəcədə, Co və Ag isə fondan artıq səviyyədə toplanmışdır.

Lokal çirklənmə anomaliyaları əsasən filiz təzahürləri sahələrində və minerallaşma zonalarında müəyyən edilmişdir. Bu anomaliyalar nisbətən kiçik sahələri əhatə edir və nisbətən zəif olmaları ilə fərqlənir. Onların içərisində Çeder çirklənmə anomaliyası öz intensivliyi ilə seçilir. Bu anomaliya Çeder filiz təzahürünü və ətraf sahələri əhatə edir. Planda yanları batıq ellips formasında olan bu anomaliyanın uzunluğu 3,5 km, eni 2-2,5 km-ə qədərdir. Anomaliyanın daha intensiv çirklənmiş hissələri filiz cismlərinin yer səthinə çıxışları olan və kəşfiyyat işləri aparılan sahələrə düşür. Anomaliya sahəsinin torpaqlarında CÇG 3 - 9 arasında dəyişir. Pb və Ag istisna olmaqla, FTÇİ-lərin torpaqda tutumları YVQH-dan aşağı səviyyədədir. Bitkilərdə Pb normadan artıq dərəcədədir.

Tenros və Çuqak çirklənmə anomaliyaları torpaqlarının Zn, Pb, Cu, Co, Ag və Mo-lə çirklənməsi ilə səciyyələnir. Seltiqçay anomaliyasının əhatə etdiyi çay vadilərindəki daha çox çirklənmiş torpaqlarda Zn, Cu, Ag və Mo klarka nisbətən artıq miqdarda toplanmışdır. Qaraçay, Salbandağ, Dəliçay çirklənmə anomaliyaları 100 metrlərlə ölçülür, Pb və Zn-lə zəif çirklənmələr qeydə alınmışdır.

Genişsahəli və nisbətən zəif çirklənmə anomaliyalara Balakən, Katex-Mazıx və Ma-

zımqara anomaliyaları aid edilir. Bu çirklənmə anomaliyaları alçaq dağlıq ərazinin aşağı hissələrindəki çay vadilərini (Mazımçay, Balakənçay və Katexçay) əhatə edərək, cənubda yerləşən dağətəyi maili düzənlik sahəyə doğru uzanır, cənuba - aşağıya doğru getdikcə onların intensivliyi artır və dağətəyi düzənlikdə birləşərək zəif, lakin böyük bir ərazini əhatə edən anomaliya sahəsi əmələ gətirir. Bu anomaliyaların nisbətən intensiv şimal hissələri gətirmə konuslarının yaratdığı allüvial-akkumulyativ çay terraslarında formalaşmışdır.

Balakən anomaliyası ətraf təbii mühit komponentlərinin Cu, Zn, Ag, Mo, Pb və Mn-la orta və zəif səviyyədə çirklənməsi ilə səciyyələnir. Torpaqlarda CÇG 2-5 arısındadır. Bütün FTÇİ-lər üzrə isə çirklənmə YVQH-dan aşağı səviyyədədir. Çirklənmə anomaliyasının şimal hissəsində dib çöküntülərində Cu, Zn, Ag, Mn klarkdan dəfələrlə artıq, Pb və Mo klark səviyyəsində, Ni və Co isə fondan artıq dərəcədə orta tutuma malikdir. Çay sularında Cu, Mn, Ag və Mo-nin çox zaman klarkdan xeyli yüksək olması qeydə alınmışdır. Qrunt sularında Cu və Mn hidrogeokimyəvi fona nisbətən anomal tutumlu elementlər sayılır. Bəzi bitkilərdə Pb və Ag normadan artıq orta tutuma malikdir. Katex-Mazıx anomaliyasında çirklənmənin, xüsusilə də mislə çirklənmənin səviyyəsi Balakən anomaliyasına nisbətən zəifdir. Anomaliya sahəsindəki torpaqlarda Zn, Cu, Ag, Mo, Co, Pb və Mn fona nisbətən xeyli yüksək miqdarda toplanmışdır. Dib çöküntülərində Zn və Ag klarkdan 2-3 dəfə, Cu və Mo – 2 dəfəyə qədər artıq, Pb və Co isə klarkdan az, fondan artıq olmuşdur. Buradakı yerüstü çay sularında da Mn və Ag əksər hallarda klarkdan yüksək miqdarda olur. Mazımqara anomaliyası sahəsindəki torpaqlarda Cu, Ag, Zn klarkdan dəfələrlə artıq, Pb, Mo və Co isə fondan artıq - klark səviyyəsindədir. Dib çöküntülərində Cu, Ag və Zn klarkdan dəfələrlə artıq, Co, Pb və Ni isə klark səviyyəsində toplanmışdır. Yerüstü sularda və qrunt sularında əksər hallarda Cu və Ag klarkdan artıq, Mo klark səviyyəsində, Ni, Mn, Co və Cr isə ətraf fondan yüksək miqdarda qeydə alınmışdır.

Beləliklə, keçən əsrin ikinci yarısında Balakən və Zaqatala rayonlarının dağlıq hissələrində geoloji-kəşfiyyat işlərinin geniş vüsət alması nəticəsində ətraf təbii mühitə xeyli ziyan dəymişdir. Əgər geoloji-kəşfiyyat işləri Filizçay, Kasdağ, Katex, Saqator və Kasmalada qısa müddət ərzində başa çatdırılmış olsaydı, bu yataq və təzahürlərin sahəsində texnogen-sənaye landşaftları belə mənzərəyə malik olmazdı, təbii landşaftların isə bərpa olunma ehtiyacı yaranmazdı. Bu sahələrdə dağ-mədən qazmalarının ağız hissəsi əksərən uçurulmuşdur və bu da təbii landşafta mənfi təsir edir.

Antropogen təsirlərdən başqa, bölgədə təbii proseslərlə də ətraf mühitin tarazlığının pozulması və təbii landşaftın dəyişməsi halları tez-tez baş verir. Burada sellər və daşqınlar, bir tərəfdən, sürüşmələrin və uçqunların əmələ gəlməsinə, dərələrin dərinləşməsinə, yeni dərələrin və su şırımlarının yaranmasına səbəb olur, digər tərəfdən isə, torpaqların eroziyaya uğramasını sürətləndirir. Balakən-Zaqatala filiz rayonunda güclü eroziya prosesləri gedir. Burada dərə-yarğan eroziyası və yamac müstəvisi boyu torpaqların yuyulması (eroziyası) intensivləşmişdir.

Bütün bunlarla bərabər, rayonun gözəl və zəngin təbiəti, ətraf mühitin çirklənmələrinin YVQH-dan aşağı olması və nisbətən intensiv çirklənmələrin yataq sahələrində əmələ gəlməsi əsas götürülərək, onun mövcud geoekoloji şəraitini bütövlükdə qənaətbəxş qiymətləndirmək olar. Lakin bu şəraitin gərginləşməməsi və daha da yaxşılaşması üçün kompleks tədbirlərin görülməsi vacibdir. Məlumdur ki, "...yeraltı qazıntılar təbii sərvətlərin bərpa olunmaz növünə aiddir, ...çıxarılan filizin yerində yataq yaranmır" (Əlizadə, Səmədov, 1979). Filiz yataqlarının və onlardan hər hansı birinin istismarının ətraf mühitə neqativ təsirləri gözlənilməndir. Ancaq ətraf təbii mühitin mühafizəsi və mümkün çirklənmələrin qarşısının alınması və yaxud azaldılması və zərəsizləşdirilməsi şəraitində, kifayət qədər ehtiyata malik olan bu filiz yataqlarının (Filizçay kolçedan-polimetal yatağı bütün Qafqaz regionunda bu tipli ən böyük filiz yatımına malikdir) yaxın gələcəkdə işlədilməsi nəinki mümkündür, həm də tamamilə realdır.

Böyük Qafqazın cənub yamacında aparılan ekoloji-geokimyəvi tədqiqatlarla əlaqədar olaraq yaxın gələcəkdə aşağıdakı məsələlərə xüsusi diqqət yetirilməsi məqsədəuyğun hesab edilir:

1. Filizlərin tərkibinin əsasən sulfidlərdən ibarət olması oksidləşmə şəraitində sulfat turşusunun ayrılmasına gətirib çıxarır və bu

sonuncu isə öz növbəsində hətta davamlı minerallarının belə həll olmasına imkan yaradır. Elementlərin torpaqlarda davranışına onun tərkibində gil hissəciklərinin olması da mühüm dərəcədə təsir edir: gil mineralları bir sıra elementləri adsorbsiya edərək özündə toplayır.

2. Regionda texnogen çirklənmənin ümumi səviyyəsi hələlik çox böyük olmadığından təbiətdən istifadənin (dağ-mədən qazmalarının yerləşdiyi və tullantılarının toplandığı ərazidən enən yarğanların vadilərində malqaranın otarılması, biçin və s.) yalnız cüzi dərəcədə məhdudlaşdırılması tələb olunur. Lakin filiz yataqlarının istismarına başlandıqda istehsal proseslərinin nəticəsi olaraq kənd təsərrüfatına və tikinti üçün ayrılan yaxındakı ərazilərə texnogen təsirin yüksələcəyi nəzərdən qaçırılmamalıdır. Ərazinin çirklənmə səviyyəsi inşa ediləcək müəssisənin miqyasından, istismar müddətindən və işin xarakterindən asılı olacaqdır. Dağ-mədən işlərinin genişlənməsi və filizlərin işlənmə dərəcəsinin dərinləşməsi ilə əlaqədar ekoloji təhlükənin yüksələcəyini nəzərə alaraq qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsi (müəssisənin müasir texnologiyalara cavab verməsi, onun tikinti yerinin düzgün seçilməsi və s.) mühüm əhəmiyyət daşıyır.

3. Tədqiqat rayonunun ekoloji şəraitinin daha dolğun və daha dəqiq qiymətləndirilməsi üçün dağətəyi düzənlik sahədə ətraf təbii mühitin – torpaqların, süxurların, yerüstü və yeraltı suların və bitkilərin FTÇİ-lərlə, başqa ağır metallarla, qalıq pestisidlərlə və digər aqrokimyəvi maddələrlə mümkün çirklənməsi üzrə geoekoloji tədqiqatların davam etdirilməsi məqsədəuyğundur.

ƏDƏBİYYAT

ASLANOV, H.P. 2006. 2003-2006-cı illərdə Böyük Qafqazın cənub yamacının Mazımçay-Katexçay arası sahəsində geoekoloji şəraitin qiymət- ləndirilməsi işlərinin nəticələri haqda hesabat. Ətraf Mühit və Təbii Sərvətlər üzrə Dövlət İnformasiya-Arxiv Fondu. Bakı. 151.

ƏLİZADƏ, Ak. A., SƏMƏDOV, A. M. 1979. Böyük Qafqazın təbii sərvətləri və onlardan səmərəli istifadə məsələləri.Azərbaycan SSR «Bilik» cəmiyyəti. Bakı. 24.

БЕУС, А. А. 1972. Геохимия литосферы. Недра. Москва. 296.

ВОЙТКЕВИЧ, Г. В. и др. 1977. Краткий справочник по геохимии. 2-ое изд. Недра. Москва. 42 – 64.

ЗАИРИ, Н.М., ГАНГНУС, Н.П., ВИЛЕНКИНА, Ю.В. и др. 2000. Методика изотопно-геохимического мониторинга ареалов воздействия золото-добывающих предприятий на окружающую среду. ЗАО Геинформмарк. Москва. 55.

КУПРИЯНОВА, И. И. 2008. Экологическая ситуация на территории Кижингинского карьера. *Разведка и охрана недр,* 7, 65 – 68.

НОВРУЗОВ, Н. А., МУРАДХАНОВА, Г. А. 2008. Некоторые особенности геохимического спектра колчеданных месторождений филизчайского типа (Восточный Кавказ). В материалах международной конф.: *Месторождения природного и техногенного мин. сырья: геология, геохимия, геохим. и геофиз. методы поисков, экологич. геология.* Воронежпечать, 167 – 169.

НОВРУЗОВ, Н. А., АСЛАНОВ, Г. П., САМЕДОВ, А. М. 2009. Эколого-геохимические исследования в азербайджанской части Южного склона Большого Кавказа. В материалах международной научно-практической конф.: *Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономико-правовые аспекты,* Воронежпечать.

ТАЛИПОВ, Р. М., ШУКУРОВ, Н. Э. 2005. Геохимические особенности распределения благородных и цветных металлов в биосфере на рудных и промышленных объектах северных склонов Кураминского хребта. *Geologiya və mineal resurslar,* 1, 36 – 41.

Məqaləyə Azərbaycan MEA müxbir üzvü H.V.Mustafayev rəy vermişdir

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© Г.М.Эфендиев, К.А.Джафаров, 2009

ОЦЕНКА И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ АВАРИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Г.М.Эфендиев[1], К.А.Джафаров[2]

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

2 – *Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*
AZ1010, Баку, просп. Азадлыг, 20

Статья посвящена анализу аварийности при бурении и оценке на этой основе риска. В результате статистического анализа и нечёткого кластер-анализа по времени, затраченному на ликвидацию аварий, и материальному ущербу для рассматриваемого случая установлено пять классов, каждый из которых характеризуется степенью тяжести аварий. Предложен обобщённый показатель последствий аварий и получена зависимость частоты аварий от данного показателя. Установлен показатель риска, численно равный произведению частоты (вероятности) возникновения аварии на обобщённую характеристику последствий с показателем степени, равным степени гиперболической зависимости, описывающей кривую риска. Дана классификация аварийных ситуаций по вероятности их возникновения, последствиям и риску.

Введение

В последнее время в различных областях широко используют понятие риска (Хенли, Кумамото, 1984; Караев, 2000). Вопросам риска посвящено большое количество работ, приводятся различные определения. Обычно риск выражается вероятностью и последствием неконтролируемых случайных происшествий. При этом риск невозможно количественно выразить только одной величиной, он должен содержать как минимум две отдельные величины (обычно частоту происшествий и их последствия) (Караев, 2000). К настоящему времени накопилось большое количество исследований, посвященных анализу различных аварийных ситуаций, их динамики, прогнозированию и борьбе с ними. Несмотря на это, при оценке рисков вследствие характеристики последствий, выраженной в ряде случаев не одним, а более признаками возникают трудности. Поэтому в таких случаях последствия целесообразно выражать с помощью объединённого параметра, учитывающего эти признаки, и на этой основе производить анализ риска возникновения аварий.

Постановка задачи и методика исследований

Один из основных принципов оценки риска был сформулирован в 1967 году Фармером, (Farmer,1967). Согласно данному принципу, строится зависимость частоты (вероятности) аварий от их последствий. При этом предложена зависимость между средним количеством выброса радиоактивных веществ в атмосферу и вероятностью возникновения события в виде гиперболической кривой, которая названа граничной или кривой постоянного риска (она также называется по имени автора «кривой Фармера») (Хенли, Кумамото, 1984). Настоящая кривая делит координатную плоскость на две области и позволяет отделить область недопустимого, большого риска, расположенную выше и правее линии постоянного риска, от области допустимого риска, расположенной ниже и левее упомянутой линии.

Таким образом, кривую можно использовать в качестве критерия безопасности, определяющего верхнюю границу допустимой вероятности. Согласно исследованиям, посвящённым оценке и анализу риска (Хенли, Кумамото, 1984; Караев, 2000), анализ риска предусматривает:

- установление вероятности возникновения аварийной ситуации;
- оценку возможных причин аварий;
- оценку возможных последствий аварий.

Первый этап позволяет идентифицировать риск на основе статистических данных, теоретическим и экспериментальным путем, методом опросов и т.д. Большое значение имеет моделирование аварийных ситуаций с целью изучения причин их возникновения, характера развития во времени и других обстоятельств, способных повлиять на безопасность эксплуатации технических средств и вероятность аварийных ситуаций. На основе анализа частот аварийных ситуаций и последствий проводится классификация рисков по категориям. С целью оценки риска от аварий при бурении скважин с учётом положений, отмеченных в различных, в частности вышеприведенных, исследованиях, нами предлагается следующий подход:

- сбор и статистическая обработка данных; проведение классификации по комплексу признаков, характеризующих последствия аварийных ситуаций; объединение признаков в единый параметр с учётом весового вклада каждого признака следующим образом:

$$N=\alpha_1 t+\alpha_2 c, \qquad (1)$$

где N – обобщённая характеристика последствий аварий, α_1 и α_2 – весовые коэффициенты временных и материальных затрат соответственно; t – относительное время, затраченное на ликвидацию аварий; c – материальные затраты на ликвидацию аварий;

- построение зависимости частоты явлений (аварий) от параметра, характеризующего последствия (обобщённой характеристики последствий); аппроксимация данной зависимости, анализ и интерпретация.

В процессе такого анализа производится также классификация вероятностей (частот) последствий и рисков. Риск рассчитывается как произведение вероятности возникновения аварийной ситуации на обобщённую характеристику последствий с показателем степени, равным степени гиперболической зависимости, описывающей кривую риска.

Результаты исследований

По собранным фактическим данным об авариях при бурении скважин на морских месторождениях предварительно проведена статистическая обработка с анализом законов распределения. Анализу были подвергнуты значения удельных материальных расходов на ликвидацию аварий, т.е. затрат, приходящихся на одни сутки. Ранее были изложены результаты данного анализа и приведены значения отмеченных интервалов, соответствующая частота аварий, материальные затраты, а также рассчитанные значения рисков (Эфендиев, Джафаров, 2008). Такая оценка риска способствует наиболее обоснованному выбору техники и технологии бурения скважин, а также планированию необходимых мероприятий по снижению риска ещё на стадии проектирования, позволяя наиболее правильно спланировать распределение материальных средств. Однако, как показывает анализ аварийности при бурении скважин, в данном случае целесообразно рассмотрение в качестве последствий двух признаков (времени, затраченного на ликвидацию аварий, и материальных затрат на эти мероприятия) одновременно. В связи с этим на основе данных об авариях произведена классификация методом нечёткого кластер-анализа по двум отмеченным признакам, выражающим последствия аварий. При этом данные были разделены на пять кластеров (однородных групп). Для этого была использована программа нечёткого кластер-анализа (Bezdek, 1984). Реализация данной программы позволяет с помощью функций принадлежности отнести данные к тому или иному классу (Хисметов и др., 2009).

Выделенные таким образом кластеры показывают степень тяжести аварии. Степени тяжести аварий для каждого кластера можно выразить следующими словами: очень серьезные, серьезные, значительные, большие,

незначительные. В таблице 1 показаны границы значений классификационных признаков для каждого класса. Исходя из того, что последствия аварий выражаются двумя признаками, при анализе и оценке риска целесообразно их одновременное использование. В связи с этим нами предлагается рассмотрение обобщённого показателя, выражающего последствия аварий и одновременно учитывающего как затраты времени, так и средств на их ликвидацию.

Результаты расчётов обобщённого показателя последствий аварий для рассматриваемых данных приведены в таблице 2. В этой же таблице приведены значения остальных характеристик, рассчитанных в процессе статистического анализа.

На рисунке 1 показана зависимость частоты (вероятности) аварий от обобщённого показателя последствий.

Таблица 1

Границы значений классификационных признаков для различных кластеров

Классификационные признаки / Последствия аварий	Относительное время ликвидации аварий, %	Материальные затраты на ликвидацию аварий, AZN
Незначительные	0,1 - 6,2	6040 - 49767,6
Большие	0,888	588363,6
Значительные	5,7 – 16,6	56371,2 - 326629,8
Серьезные	23,64	720056
Очень серьезные	15,934 – 19,535	981331,6 - 1100126,6

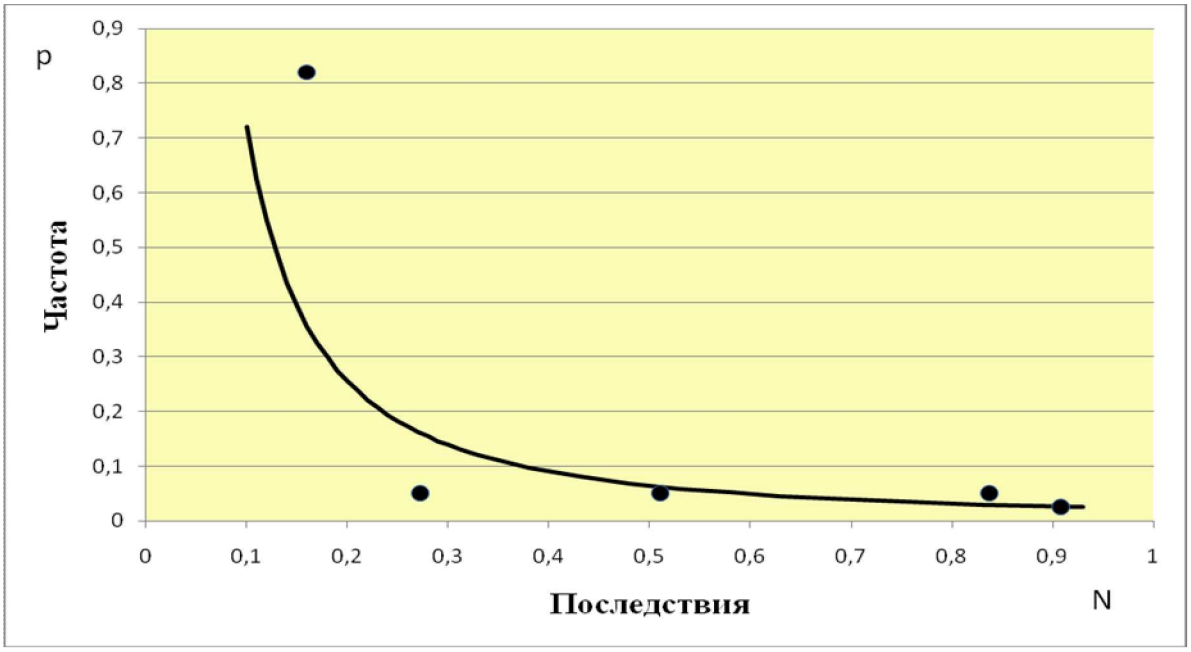


Рис. 1. Зависимость частоты аварий от обобщённого показателя последствий (кривая постоянного риска)

Таблица 2

Результаты расчетов риска аварий при бурении скважин

Относительное время ликвидации аварий		Расходы на ликвидацию аварий		Обобщённый показатель $N=\alpha_1 t+\alpha_2 c$	Частота аварий	Относ. частота аварий,p	$K=N^{1,4982}$	Риск, Kp
Абс. значения	Отн. значения, t	Абс. значения	Отн. значения, c					
6,2	0,26	49767,6	0,05	0,16	32	0,82	0,07	0,05
0,888	0,04	588363,6	0,54	0,27	2	0,05	0,14	0,007
16,6	0,70	326629,8	0,297	0,51	2	0,05	0,37	0,02
23,64	1	720056	0,66	0,84	2	0,05	0,77	0,04
19,535	0,83	1100126,6	1	0,91	1	0,03	0,87	0,02
Σt	2,83	Σc	2,55					

Отмеченная зависимость аналитически аппроксимируется следующим образом:

$$p = 0{,}0229\, N^{-1{,}4982} \qquad (2)$$

В таблице 2 приведены также результаты расчётов риска аварий при бурении скважин. Для этого параметр K умножается на вероятность аварий. С целью дальнейшей классификации рисков аварий данный показатель риска был рассчитан для всех возможных вариантов сочетаний последствий и вероятностей.

Отмеченные выше категории степени тяжести аварий (последствия) характеризуются следующим образом. **Очень серьёзными** называются последствия, характеризующиеся полным нарушением технологического процесса, материальными затратами на ликвидацию аварий на сумму более 1 млн. долл. и относительными временными затратами более 15%. **К серьёзным** относятся последствия, характеризующиеся существенным нарушением технологического процесса, материальными затратами на сумму 0,5-1,0 млн.$, при относительных затратах времени на ликвидацию аварий 17-24%. К **значительным** относятся последствия, характеризующиеся нарушениями технологического процесса, приводящими к материальным и временным затратам до 0,2 млн.$ и 5-13% соответственно. **Большой тяжести** считаются последствия, характеризующиеся относительно незначительным нарушением технологического процесса, при материальных затратах 0,2-0,5 млн.$ и небольших затратах времени на ликвидацию. **К незначительным** относятся легко устранимые и требующие небольших финансовых и временных затрат (до 0,05 млн.$ и 7% соответственно) последствия. Для характеристики вероятности (частоты) аварий при бурении целесообразно использовать не только количественные, но и качественные оценки.

Приняты следующие категории вероятностей: высшая (частое), средняя (вероятное), умеренная (возможное), малая (редкое), очень малая (невероятное).К высшей категории относятся события (аварии), происходящие довольно часто на протяжении времени ведения буровых работ с вероятностью 0,81-1,0; к средней категории относятся аварии, происходящие несколько раз в процессе бурения скважин с вероятностью 0,61-0,81; к умеренной категории относятся события, когда, возможно, могут иметь место аварии, но в небольшом количестве, с вероятностью 0,42-0,61; к малой категории относятся события (авария), которые вряд ли произойдут за время бурения скважины, однако возникновение их не исключается, с вероятностью 0,22-0,42; к очень малой категории относятся события, при которых возникновение аварии – событие весьма неправдоподобное, в данном случае ситуация не относится к аварийной, вероятность данного события 0,03-0,22. С учётом отмеченного и использованием фактических данных устанавливается соответствие последствий и вероятностей, оценивается категория риска (Хисметов и др.,

2009) и согласно этому выделяется пять категорий (очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий). Очень высокий уровень риска, например, может быть идентифицирован для очень серьёзных последствий частых и вероятных событий (коэффициенты равны 1 и 3 соответственно, рис.2) или для серьёзных последствий частого события (коэффициент равен 2). Выше было отмечено, что участок, расположенный выше относительно кривой постоянного риска, является зоной недопустимого риска, а ниже расположена зона допустимого риска. Однако и в данном случае могут иметь место различные градации риска, то есть точки, попавшие в область недопустимого риска, не всегда будут относиться к одной категории риска. Согласно классификации рисков в пределах каждой из этих зон также выделяются разные категории рисков, что видно из рисунка 2. Здесь на фоне кривой постоянного риска отчётливо видны участки, соответствующие отдельным категориям рисков.

Выводы

1. Предложен вероятностно-нечеткостный подход к оценке риска возникновения аварийных ситуаций при нескольких признаках, характеризующих последствия аварий.

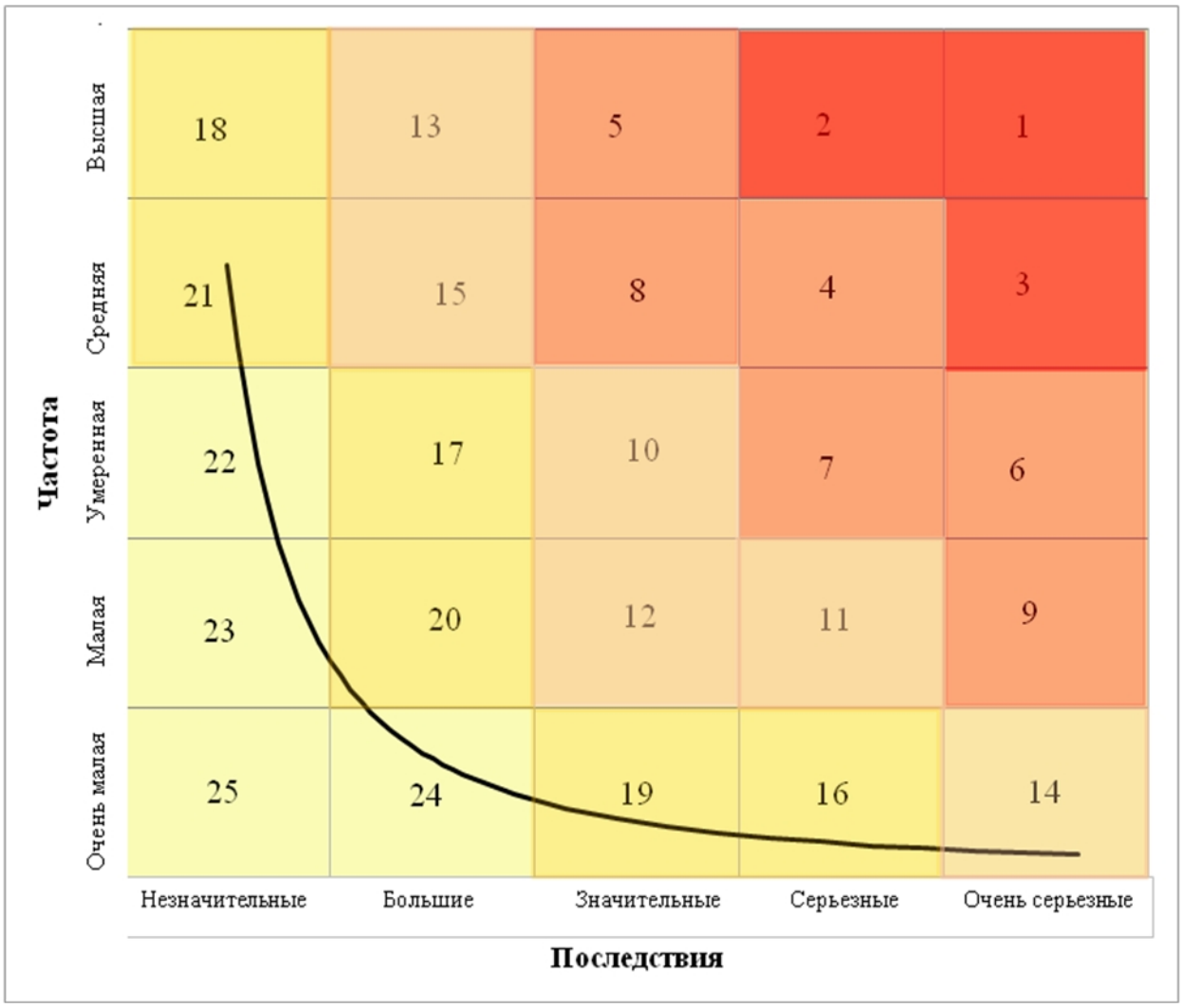


Рис. 2. Взаимное соответствие частоты и степени тяжести (последствий) аварий при бурении скважин

2. В результате статистического анализа и нечёткого кластер-анализа по двум признакам, определяющим последствия аварии, установлено пять классов по степени опасности аварии, предложен обобщённый показатель последствий аварий и получена зависимость частоты аварий от данного показателя.

3. Предложен показатель риска, численно равный произведению частоты (вероятности) возникновения аварии на обобщённую характеристику последствий с показателем степени, равным степени гиперболической зависимости, описывающей кривую риска.

4. Предложена классификация аварийных ситуаций по вероятности их возникновения, последствиям и риску.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность академику М.Т. Абасову за полезные в процессе обсуждения статьи советы и замечания.

ЛИТЕРАТУРА

КАРАЕВ, Р.Н. 2000. Выживание на море. Элм. Баку. 192.

ПУСТОВОЙТЕНКО, И.П. 1988. Предупреждение и ликвидация аварий в бурении. Недра. Москва.276.

ХЕНЛИ, Э.Дж., КУМАМОТО, Х. 1984. Надежность технических систем и оценка риска. Машиностроение. Москва. 528.

ХИСМЕТОВ, Т.В., ЭФЕНДИЕВ, Г.М., ДЖАФАРОВ, К.А., АБДИРОВ, А.А. 2009. Анализ и оценка степени риска аварий при бурении скважин. *Нефтяное хозяйство*, 10.

ЭФЕНДИЕВ, Г.М., ДЖАФАРОВ, К.А. 2008. Анализ аварий при бурении и оценка риска их возникновения. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 3, 52-55.

BEZDEK J. C., EHRLICH, FULL W. 1984. The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers and Geosciences*, 10, 191-203.

FARMER, F.R. (ed.) 1967. Siting criteria – a new approach. In: *Containment and siting nuclear power plants.* International Atomic Energy Agency, Vienna, 303 -329.

© А.С.Стреков, Е.Н.Мамалов, А.А.Мовсумзаде, 2009

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ НЕФТИ

А.С.Стреков, Е.Н.Мамалов, А.А.Мовсумзаде

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

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния электрохимической обработки на физико-химические свойства природных вод Азербайджана различной минерализации. Установлена возможность использования исследованных вод для их электрохимической активации.

Введение

В настоящее время основные нефтяные месторождения Азербайджана находятся на поздней стадии разработки и характеризуются ухудшением структуры нефтяных запасов, снижением дебита скважин, ростом степени обводненности добываемой продукции. Данное обстоятельство накладывает особые экономические, технические и технологические требования к организации процесса добычи нефти, связанные с постоянным ростом затрат на извлечение, транспортировку, подготовку нефти и утилизацию попутно добываемой пластовой воды.

В связи с тем, что применяемые методы разработки нефтяных месторождений не позволяют осуществлять добычу нефти без извлечения попутной пластовой воды, последняя после соответствующей очистки и подготовки используется в системе поддержания пластового давления и является основой для получения растворов реагентов различного назначения в процессах обработки призабойной зоны скважин (ПЗС) и добычи нефти.

Постановка задачи

Одним из эффективных направлений, связанных с решением упомянутой выше проблемы, может стать использование комплекса технологий, основанных на электрохимическом активировании природных вод.

Особенностью этих технологий является возможность их применения как на добывающих, так и на нагнетательных скважинах, при этом обеспечивается сочетание положительных свойств, присущих реагентным физико-химическим технологиям воздействия на пласт и ПЗС.

Электрохимически активированную воду получают путем обработки воды или исходных водных разбавленных растворов минеральных солей в катодной или анодной камерах диафрагменного электрохимического реактора. У электрода со знаком плюс (анода) наблюдается подкисление, а у электрода со знаком минус (катода) – подщелачивание воды, таким образом получают анолит и католит соответственно (Бахир, и др. 1981; Томилов, 2002).

В свете изложенного разработка физико-химических методов целенаправленного модифицирования природных вод и их эффективного использования при воздействии на ПЗС и в МУН представляется чрезвычайно актуальной.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Лабораторные исследования проводились на специально разработанной экспериментальной установке. Основными ее элементами являются источник постоянного тока, емкость с электролитом, полупроницаемая перегородка, электроды.

Исследования были проведены на водопроводной, морской, жесткой и щелочной промысловых водах, отобранных из месторождения НГДУ Балаханынефть. Химический состав вод приведен в табл.1.

Важным параметром при электрохимиче-

ской активации воды является водородный показатель pH, который характеризует концентрацию (активность) ионов водорода в растворах.

На рис.1 показана зависимость водородного показателя от величины напряжения для исследуемых вод. При этом необходимо отметить, что каждый раз электрохимической активации при различных напряжениях подвергались новые исходные образцы исследуемых вод в течение фиксированного времени (5 мин).

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что изменение водородного показателя происходит до достижения определенной величины напряжения на электродах. Для всех исследуемых вод оно равно 40-50 вольт. При дальнейшем росте напряжения происходит выполаживание кривых этой зависимости. Из рисунка также видно, что величина водородного показателя для католита и анолита зависит от свойств водной среды, подвергаемой электрохимической активации, т.е. от того, какая используется вода: пресная, жесткая и щелочная промысловые или морская. Причем значения водородного показателя для анолита (ср. кр. 5,6,7,8) в большей степени, чем для католита (ср. кр. 1,2,3,4) зависят от свойств водной среды.

С целью оценки влияния длительности электрохимического воздействия на свойства раствора, исследования были осуществлены на пресной воде при постоянном напряжении на концах электродов, равном 60 вольт. На рис. 2 приведены графики зависимости pH анолита, католита, а также температуры от времени. Из рисунка видно, что изменение pH анолита и католита наблюдается лишь в первые три часа процесса электролиза. Достигнув максимального значения, кривые выполаживаются и в дальнейшем не зависят от времени действия электрического тока. Одновременно с этим наблюдается рост температуры раствора с 22°C до 27°C. Данный характер изменения pH анолита, католита и температуры в процессе электролиза был отмечен и при использовании других вод. Отличие проявляется лишь в цифровых значениях.

Таблица 1

Химический состав природных вод

Тип воды	Водородный показатель, pH	Плотность, кг/м^3	Соленость, ^{0}Be	Химический состав, мг-экв						Общая минерализация, мг-экв
				Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	HK^-	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	$Na^+ + K^+$	
Пресная	7	1002	0,4	0,49	0,19	0,64	-	0,49	0,83	2,64
Морская	7,15	1008	1,5	15,3	6,25	0,32	-	7,19	14,68	43,74
Щелочная	7,5	1012	1,91	15,6	-	6,9	0,7	0,2	23	46,4
Жесткая	6,2	1095	12,9	218,9	0,81	0,19	0,6	34	186,5	441

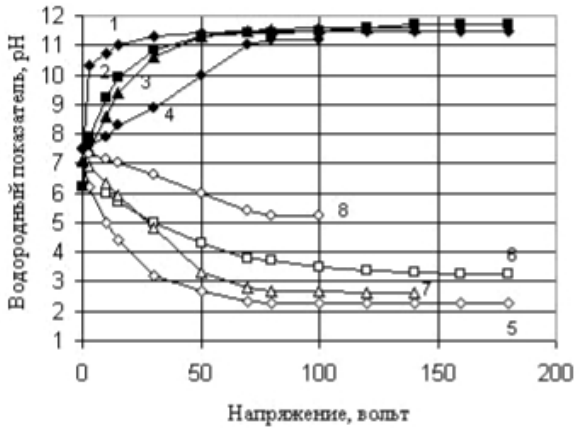


Рис. 1. Зависимость изменения исходного водородного показателя от напряжения соответственно для католита (залитые фигуры) и анолита: 1,5 – водопроводная вода с pH=7; 2,6 – жесткая промысловая вода соответственно с pH=6,2; 3,7 – морская вода с pH= 7,1; 4,8 – щелочная промысловая вода с pH=7,5

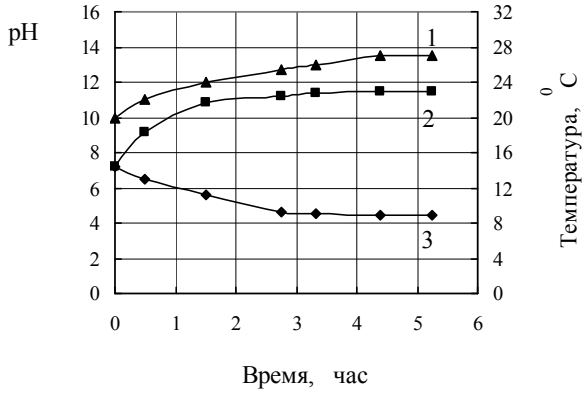


Рис. 2. Влияние времени электролиза на pH и температуру раствора 1 – температура, 2 и 3 – водородный показатель соответственно для католита и анолита

Известно, что в результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, характеризующееся аномальными значениями физико-химических параметров, которые не являются постоянными, стабильными во времени. По истечению некоторого времени (времени релаксации) физико-химические параметры активированной воды (анолит и католит), самопроизвольно изменяясь, достигают равновесных значений приблизительно равных таковым, которые предшествовали электрохимической обработке.

При применении электрохимически активированной воды в нефтяной промышленности важным является определение времени релаксации физико-химических параметров активированной воды.

Результаты определения времени релаксации для анолита и католита, полученных из пресной воды (pH=7), приведены на рис. 3. Эксперименты проводились следующим образом. Пресная вода подвергалась электрохимической активации. После того, как достигались максимальные изменения Δ pH, определялись напряжение на электродах и изменение pH для анолита и католита во времени.

Как видно из рис.3, наиболее интенсивные изменения pH происходят в первые десять дней, затем свойства анолита и католита не меняются в течение длительного времени. Причем необходимо отметить, что pH анолита и католита в течение рассмотренного периода времени не достигает исходных значений pH для пресной воды. Такой характер изменения pH наблюдается и для других вод (морской и промысловых).

Так, для сравнения результатов электрохимической активации природных вод был проведен эксперимент электрохимической активации модельного раствора поваренной соли в дистиллированной воде с экспериментально найденной концентрацией 0,25 г/л. Параметры анолита и католита, полученных электрохимической активацией модельного раствора поваренной соли в дистиллированной воде, и условия их получения приведены в таблице 2.

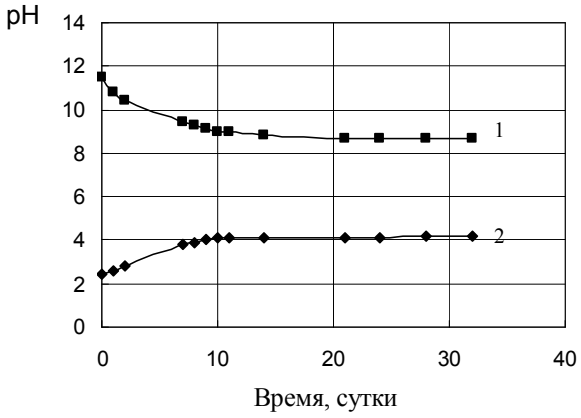


Рис. 3. Время релаксации для пресной воды 1, 2 – водородный показатель соответственно для католита и анолита

Таблица 2

Параметры анолита и католита и условия их получения

Условия получения анолита и католита			Водородный показатель, pH	
сила тока, А	напряжение, В	время, с	анолита	католита
0,1	1,5	2000	3,6	11

Сравнение результатов электрохимической активации природных вод (рис.1) с результатами электрохимической активации модельного раствора поваренной соли (табл.2) показали, что для получения приблизительно одних и тех же результатов при электрохимической активации модельного раствора необходимо ввести в дистиллированную воду 0,25 г/л поваренной соли. А по данным работы (Мангэн, 1981)известно, что для получения щелочного раствора с pH = 12 необходимо ввести в воду 0,5 г/л щелочи (NaOH). Следовательно, использование электрохимической активации природных вод позволяет сократить применение химических реагентов при сохранении положительных свойств реагентных физико-химических технологий воздействия на пласт и ПЗС.

Таким образом, проведенные исследования показали, что электрохимическое модифицирование минерализованных природных вод для последующего заводнения нефтяных пластов или обработки ПЗС позволяет получать активные водные растворы с необходимыми щелочными или кислотными свойствами без дополнительного использования химических реагентов, повышая тем самым экологическую безопасность технологий и их экономическую эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

БАХИР, В.М., АТАДЖАНОВ, А.Р., МАМАДЖАНОВ, У.Д., АЛЕХИН, С.А., МАРИАМПОЛЬСКИЙ, Н.А., НАДЖИМИТДИНОВ, А.Х. 1981. Активированные вещества. Некоторые вопросы теории и практики. *Изв. АН УзССР. Сер.техн.наук*, 5, 68-72.

ТОМИЛОВ, А.П. 2002, Электрохимическая активация – новое направление прикладной электрохимии. *Жизнь и безопасность*, 3, 302 – 307.

МАНГЭН, Н. 1981. Прогрессивные методы добычи нефти. Ч.4. Основы щелочного заводнения. *Нефть и газ и нефтехимия за рубежом*, 6, 19-25.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Е.М.Рамазанова

© Р.А.Мусаев, А.И.Асадов, Р.Г.Аллахвердиева, 2009

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА АДСОРБЕНТА НА АДСОРБЦИЮ И ДЕСОРБЦИЮ ПАВ

Р.А.Мусаев, А.И.Асадов, Р.Г.Аллахвердиева

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

В статье рассмотрено влияние минералогического состава пористой среды и полей электрического тока на динамическую адсорбцию и десорбцию различного типа водорастворимых поверхностно-активных веществ.

В качестве адсорбента были использованы чистый кварцевый песок и порода из кирмакинской свиты продуктивной толщи Абшерона, содержащая глинистые и карбонатные минералы. Экспериментально выявлено, что поля постоянного и переменного тока в зависимости от минералогического состава адсорбента по-разному влияют на величину адсорбции и десорбции ПАВ.

Как известно, на вновь открываемых или же разрабатываемых месторождениях Азербайджана возрастает доля высоковязких и по геолого-минералогическим характеристикам трудно-извлекаемых нефтей (Абасов и др., 2007). В связи с этим извлечение нефти из пластов в условиях высокодисперсной системы с большой поверхностью границ раздела фаз и огромным скоплением капиллярных каналов, в которых движутся сильно отличающиеся по вязкостям, образующие мениски взаимнонерастворимые жидкости, осложняется. При этом их взаимное вытеснение в значительной мере определяется молекулярно-поверхностными явлениями, начиная с межфазного натяжения на границе двух несмешивающихся жидкостей и кончая адсорбцией на поверхности зерен песка нефтяного коллектора.

Известно, что для интенсификации добычи нефти наиболее эффективно применение вторичных и третичных методов, а также физических, химических и физико-химических способов воздействия на призабойную зону скважин.

Внедрение физико-химических методов воздействия на пласт и призабойную зону скважин связано с использованием химических продуктов, адсорбцией их молекул из раствора на поверхность зерен песка нефтяного пласта, их десорбируемостью в процессе разработки, что существенно влияет на эффективность проводимых мероприятий. Исходя из изложенного, большой интерес представляет изучение влияния электрического поля и минералогического состава адсорбента на динамику адсорбции и десорбции поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В теоретическом аспекте влияние электрического поля на изменение проводимости среды и дебита добывающих скважин рассмотрено, например, в работах (Симкин, 1979; Кедровский и др., 1986). В работе (Салаватов, 2002) рассмотрено влияние активированной полем постоянного электрического тока пресной воды на коэффициент вытеснения неполярного трансформаторного масла. Отмечается, что в этом случае прирост коэффициента вытеснения углеводородной жидкости из пористой среды – кварцевого песка составляет примерно 20% по сравнению с опытами, проведенными без активизации воды, вытесняющей нефть.

Экспериментально установлено, что наличие внешнего электрического поля оказывает существенное влияние на значение водородного показателя и величину межфазного натяжения водных электролитов, что приводит к увеличению фильтрационной способности пористой среды и коэффициента вытеснения нефти водой (Абасов и др., 2006).

В работе (Абасов и др., 2009) исследовано влияние электрического поля на механизм вытеснения нефти водой. Установлено, что ощутимое влияние поля электрического тока на процесс вытеснения нефти водой из трудно-извлекаемого коллектора происходит

на начальной водной стадии фильтрации. Электрополе в пористой среде способствует взаимодействию водного электролита с кислородными соединениями нефти, в результате чего улучшаются физико-химические характеристики пластовой воды, вытесняющей нефть. Опытно-промышленное применение технологии электровоздействия на месторождениях " Казахойлэмба " показало, что ее эффективность также зависит и от выбора объекта (Батырбаев и др., 2000).

Эксперименты по адсорбции и десорбции проводились на специально собранной установке, позволяющей производить измерения как в постоянном, так и в переменном электрическом поле, с учетом перепада давления. Корпус модели пласта изготовлен из органического стекла длиной 0,1м и диаметром 0,025м, с объемом пор 20см^3. На ее входе и выходе были установлены круглые электропроводящие электроды из нержавеющей стали. В качестве адсорбента был использован кварцевый песок и порода из поверхностного обнажения Кирмакинской долины месторождения Балаханы. Следует отметить, что кирмакинская свита (КС), являющаяся одним из основных объектов разработки продуктивной толщи Абшеронского полуострова, содержит большие запасы неизвлеченной нефти.

В использованных при опытах образцах породы содержание глины и карбонатов составляло соответственно 27,0 и 14,7 %. Во всех опытах вес песка в модели был постоянным. Это давало возможность получить модель пласта с практически равной пористостью (26-27%), проницаемостью (0,3мкм^2), что важно для проведения опытов.

В качестве поверхностно-активных веществ использованы неионогенный алфенол, катионоактивный дмабах и анионоактивная сульфокислота. Их растворы приготавливались в дистиллированной воде.

Выбор концентраций химических продуктов при исследованиях имеет большое значение и влияет на эффективность и экономичность проводимых мероприятий. Исходя из этого, 0,05%-ная концентрация ПАВ в дистиллированной воде для проведения опытов по динамической адсорбции определялась на основе критической концентрации мицеллообразования.

В наших экспериментах изменение концентрации растворов ПАВ до и после адсорбции определялось по поверхностному натяжению методом наибольшего давления. Этот метод, несмотря на то, что эти вещества не являются индивидуальными химическими соединениями, широко применяется в практике и дает относительно небольшие расхождения по сравнению с другими известными методами.

На рис.1-3 приведены результаты исследований, где по оси ординат отложены величины адсорбции ПАВ из водного раствора в мг/г, а по оси абсцисс – объем профильтрованных водных растворов ПАВ сквозь модели пористой среды.

На рис.1 показано влияние постоянного и переменного электрического полей с напряжением 50В на величину адсорбции не диссоциирующего на ионы поверхностно-активного вещества алфенола при фильтрации его 0,05%-ного водного раствора через кварцевый песок (кривые 1,2,3) и породы кирмакинской свиты (кривые 4,5,6).

Как видно из представленных кривых зависимостей, с увеличением объема раствора, проходящего через модель, составленную из кварцевого песка, адсорбция молекул алфенола увеличивается и достигает предельных значений.

Сопоставление кривых 1, 2 и 3 показывает, что адсорбционная активность молекулы алфенола зависит от поля электрического тока. При наличии постоянного тока величина предельной адсорбции алфенола уменьшается. При воздействии же на модель пористой среды переменным током адсорбция увеличивается. При этом через адсорбент кварцевого песка потребовалось профильтровать на 2,0 объема пор раствора больше, чем при отсутствии электрического поля. В случае, когда в качестве адсорбента использованы породы кирмакинской свиты, как при наличии, так и при отсутствии электрического поля величины предельных значений адсорбции не были достигнуты. Сопоставление представленных кривых зависимостей показывает, что при фильтрации одного и того же объема раствора величина равновесной адсорбции алфенола породами кирмакинской свиты больше, чем кварцевым песком.

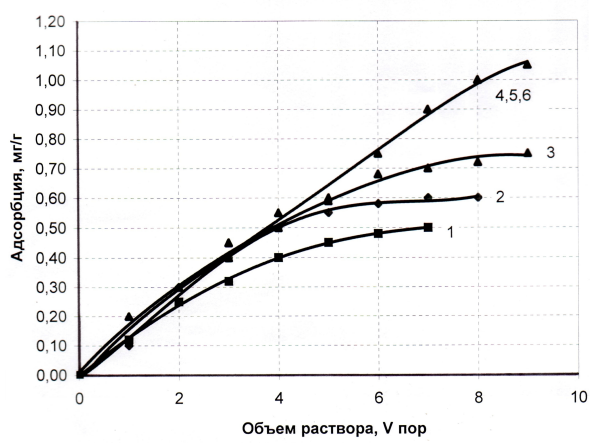


Рис. 1. Влияние постоянного и переменного электрических полей на величину адсорбции алфенола из раствора различными адсорбентами.
Адсорбция при наличии постоянного (1,4), переменного (3,5) и при отсутствии (2,6) тока адсорбентами – кварцем (1,2,3) и породами КС (4,5,6).

Большая его адсорбция из водного раствора адсорбентом – породами кирмакинской свиты связана с высокой удельной поверхностью и наличием в нем глинистых и карбонатных пород. Проведенными исследованиями (Мусаев и др., 1998) показано, что поверхность карбонатных частиц обладает меньшей степенью гидрофильности по сравнению с кварцем. Кроме того, карбонатные частицы обладают естественными микротрещинами. Наличие последних сильно увеличивает удельную поверхность.

Как видно из данных, приведенных на рис.1, течение постоянного и переменного токов практически не влияет на величину равновесной адсорбции алфенола на поверхности зерен пород кирмакинской свиты.

На рис.2 представлены изотермы адсорбции в случае фильтрации через кварцевый песок и породы кирмакинской свиты 0,05%-ного раствора катионоактивного дмабаха. Сопоставление этих изотерм показывает, что максимальная предельная адсорбция дмабаха на кварцевом песке наблюдается при воздействии на модель постоянным электрическим полем. При закачке 5, 10, 15 и 20 объемов пор раствора его адсорбция составила соответственно 0,6; 1,1; 1,4; 1,6 мг/г породы. Очевидно, в сравнении с переменным током при воздействии на модель постоянным электрическим полем улучшается и ускоряется сближение положительных зарядов молекул дмабаха на поверхности кварцевого песка. В случае же, когда в качестве твердого адсорбента была использована порода кирмакинской свиты при наличии и отсутствии электрических полей предельные значения адсорбции дмабаха из его 0,05%-ного раствора также не были достигнуты. Во всех случаях после фильтрации раствора в количестве 20 объемов пор величина равновесной адсорбции дмабаха практически составляет 2мг/г. Она значительно больше, чем при использовании в качестве адсорбента кварцевого песка. Большую разницу между величинами адсорбции дмабаха кварцевым песком и породами КС можно объяснить наличием в породах глинистых и карбонатных минералов. Кроме того, не исключена химическая адсорбция дмабаха на карбонатных породах и глине, содержащей различные алюмосиликаты.

На рис.3 приведены изотермы адсорбции кварцевым песком и породами КС анионоактивной сульфокислоты из ее 0,05%-ного водного раствора. Сопоставление изотерм адсорбции показывает, что в отсутствие и при наличии постоянного и переменного электрического полей высокая адсорбция наблюдается на поверхности пород кирмакинской свиты.

Результаты полученных экспериментальных данных показывают, что динамика адсорбции ПАВ из его раствора на поверхности адсорбента, содержащего карбонатные и глинистые минералы, при прочих равных условиях практически не зависит от полей электрического тока.

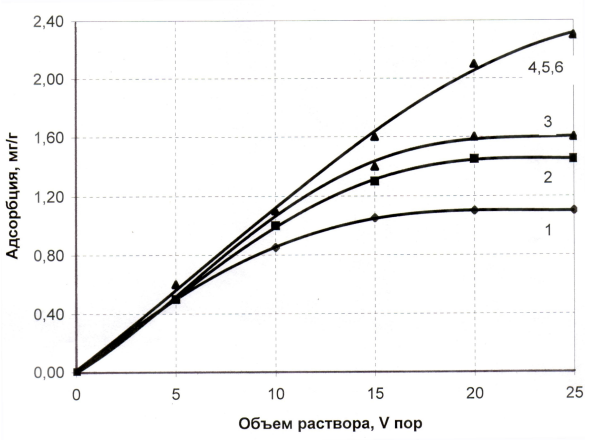


Рис.2. Влияние переменного и постоянного электрических полей на величину предельной адсорбции дмабаха из раствора различными адсорбентами.
Адсорбция при наличии постоянного (3,4), переменного (2,5) и при отсутствии (1,6) тока адсорбентами – кварцем (1,2,3) и породами КС (4,5,6).

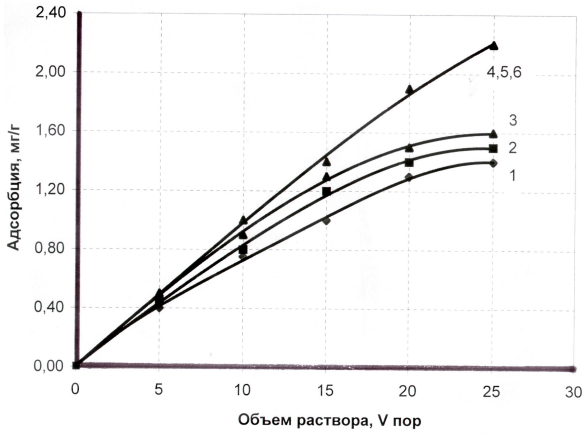


Рис. 3. Влияние переменного и постоянного электрических полей на величину предельной адсорбции сульфокислоты из раствора кварцевым песком.
Адсорбция при наличии постоянного (2,4), переменного (3,5) и при отсутствии (1,6) тока адсорбентами – кварцем (1,2,3) и породами КС (4,5,6).

Опыты по изучению влияния электрического поля на десорбцию адсорбированного ПАВ фильтрацией дистиллированной воды при перепаде давлений 0,01МПа проводились на модели пласта из кварцевого песка и пород кирмакинской свиты.

Спустя сутки после достижения предельных или же равновесных величин адсорбции растворов ПАВ через модели фильтровалась дистиллированная вода; при этом происходила десорбция адсорбированных ПАВ (табл.1 и 2). Анализ полученных результатов показывает, что десорбируемость молекулы неионогенного алфенола в условиях постоянного и переменного токов с поверхности адсорбента кварца увеличивается соответственно на 9,5 и 12,8%. При этом стабилизированная величина десорбции достигается при фильтрации через модель 30 объемов пор воды.

Как показали исследования, во всех случаях адсорбированные молекулы катионоактивного дмабаха практически десорбируются примерно на 36,0%.

Таблица 1

Влияние электрического поля на десорбцию ПАВ с поверхности адсорбента кварца

Десорбирующий ПАВ	Десорбция в разных условиях	Величины десорбции (мг/г) в зависимости от объема профильтрованной ($V_{пор}$) воды							Величины десорбции из адсорбированных ПАВ, %
		5	10	15	20	25	30	35	
Алфенол	в отсут. тока	0,12	0,22	0,28	0,31	0,31	0,32	0,32	36,5
	при пост. токе	0,12	0,18	0,21	0,23	0,23	0,23	0,23	46,0
	при перем. токе	0,19	0,27	0,34	0,36	0,36	0,37	0,37	49,3
Дмабах	в отсут. тока	0,17	0,28	0,35	0,39	0,39	0,39	0,39	35,4
	при пост. токе	0,19	0,30	0,38	0,53	0,53	0,57	0,57	35,6
	при перем. токе	0,12	0,23	0,35	0,48	0,48	0,55	0,55	37,0
Сульфокислота	в отсут. тока	0,65	0,1	0,13	0,16	0,16	0,17	0,17	13,0
	при пост. токе	0,4	0,76	0,87	0,95	0,95	0,98	0,98	65,3
	при перем. токе	0,38	0,73	0,81	0,90	0,90	0,92	0,92	56,1

Совершенно другой характер носит десорбируемость анионоактивной сульфокислоты. В отсутствие электрических полей ее молекулы с поверхности кварцевого песка при фильтрации 30 объемов пор дистиллированной воды десорбируются лишь на 13%, при наличии постоянного и переменного токов указанная величина десорбции возрастает соответственно в 5 и 4,3 раза.

Несколько иные результаты получены при исследовании влияния электрических полей на десорбируемость изученных поверхностно-активных веществ с поверхности адсорбента, содержащего глинистые и карбонатные породы. Как видно из таблицы 2, при наличии постоянного и переменного электрических полей десорбируемость неионогенного алфенола с поверхности породы КС уменьшается соответственно в 2,39 и 2,22 раза. Сопоставление данных таблиц 1 и 2 показывает, что при отсутствии электрических полей адсорбированные молекулы алфенола по сравнению с кварцем, в большей степени десорбируются с поверхности зерен породы КС.

Из данных по десорбции, приведенных в табл.2, видно, что вещество катионоактивного характера – дмабах как при отсутствии, так и при наличии электрических полей значительно меньше десорбируется с поверхности пород кирмакинской свиты. Не исключено, что в процессе фильтрации раствора дмабаха происходит смешанная адсорбция. При хемосорбции его молекулы путем ковалентных связей образуют поверхностные химические соединения с глинистыми и карбонатными частицами адсорбента кирмакинской свиты. Поэтому десорбируемость адсорбированных молекул дмабаха по сравнению с кварцем с поверхности зерен пород кирмакинской свиты значительно меньше.

В отличие от хемосорбции при физической адсорбции молекулы химических веществ сохраняют свою индивидуальность и удерживаются на поверхности адсорбента Ван-дер-Ваальсовыми силами. В связи с этим при фильтрации растворителя адсорбированные молекулы ПАВ с поверхности адсорбента интенсивно десорбируются.

Таблица 2

Влияние электрического поля на десорбцию ПАВ с поверхности адсорбента кирмакинской свиты

Десорбирующий ПАВ	Десорбция в разных условиях	Величина десорбции (мг/г) в зависимости от объема профильтрованной ($V_{пор}$) воды										Величина десорбции ПАВ, %
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Алфенол	в отсут. тока	0,1	0,19	0,28	0,35	0,41	0,5	0,55	0,61	0,65	0,70	46,4
	при пост. токе	0,07	0,17	0,25	0,34	0,38	0,44	0,50	0,55	0,58	0,60	19,4
	при перем. токе	0,15	0,26	0,36	0,45	0,50	0,53	0,57	0,62	0,67	0,73	20,9
Дмабах	в отсут. тока	0,09	0,15	0,20	0,25	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,42	12,9
	при пост. токе	0,02	0,038	0,066	0,09	0,1	0,12	0,14	0,17	0,19	0,23	5,8
	при перем. токе	0,04	0,06	0,09	0,1	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	4,2
Сульфокислота	в отсут. тока	0,10	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	14,5
	при пост. токе	0,16	0,28	0,35	0,42	0,47	0,52	0,55	0,60	0,62	0,63	30,0
	при перем. токе	0,13	0,21	0,27	0,31	0,35	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	17,6

Исследования, проведенные с растворами анионоактивной сульфокислоты, показали, что наиболее интенсивная ее десорбция с поверхности адсорбента кирмакинской свиты имеет место в случае воздействия на пористую среду постоянным электрическим полем. При наличии переменного тока десорбция снижается примерно на 12,0%.

Выводы

Экспериментально исследовано влияние электрического тока и минералогического состава адсорбента на адсорбцию и десорбцию различного класса водорастворимых поверхностно-активных веществ. При этом установлено:

-течение постоянного и переменного тока через пористую среду, содержащую глинистые и карбонатные породы, практически не влияет на величину динамической адсорбции ПАВ;

- при наличии адсорбента – кварцевого песка поля электрического тока оказывают существенное влияние на адсорбционную активность в зависимости от типа ПАВ, величина адсорбции ионогенных (дмабах и сульфокислота) ПАВ при постоянном и переменном токах увеличивается, а неионогенных (алфенол) при постоянном токе уменьшается;

- десорбируемость молекул неионогенного и анионоактивного ПАВ с поверхности адсорбента кварца в условиях постоянного и переменного токов увеличивается, а величина десорбции катионоактивного ПАВ практически во всех случаях остается постоянной;

- наличие поля электрического тока в адсорбентах, содержащих глинистые и карбонатные породы, способствует уменьшению десорбции неионогенных и катионоактивных ПАВ, а в случае анионоактивных, наоборот, − увеличению ее величины.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., КОНДРУШКИН, Ю.М., АЛИЯРОВ Р.Ю., КРУТЫХ, Л.Г. 2007. Изучение и прогнозирование параметров сложных природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской впадины. Нафтапресс. Баку. 217.

АБАСОВ, М.Т., МУСАЕВ, Р.А., АСАДОВ А.И., АЛЛАХВЕРДИЕВА, Р.Г. 2006. Исследование влияния электрического поля на повышение эффекивности извлечения запасов нефти из сильноглинистых пластов. *Известия НАНА. Науки о Земле,* 2, 75-79.

АБАСОВ, М.Т., МУСАЕВ, Р.А., АСАДОВ, А.И., АЛЛАХВЕРДИЕВА, Р.Г. 2009. Исследование влияния электрического поля на механизм вытеснения нефти водой. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 3, 27-31.

БАТЫРБАЕВ, М.Д, БУЛАВИН, В.Д., МАРДАНОВ, И.А., РЫБАКОВ, А.Д., СЕЛЯКОВ, В.И. 2000. Результаты применения технологии электровоздействия на месторождениях Казахойлэмба. *Нефтяное хозяйство*, 10, 65-68.

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

МУСАЕВ, Р.А., ХАЛИЛОВ, Э.Г., ТАИРОВ Н.Д., АСАДОВ А.И., АБУТАЛЫБОВА, Р.Н. 1970. Влияние температуры на адсорбцию и десорбцию ПАВ и нефтеотдачу пластов. В: *Труды Всесоюзного совещания по использованию ПАВ и других химических реагентов в нефтедобывающей промышленности*, IV, Недра, Москва, 65-71.

МУСАЕВ, Р.А., КЕРИМОВА, Ф.Г., ГАШИМОВ, А.Ф. 1998. Влияние смачиваемости породы на фазовую проницаемость. *Известия НАНА. Науки о Земле*, 2, 64-79.

САЛАВАТОВ, Т.Ш. 2002. О возможности применения электрообработки в процессах добычи нефти. *Нефтяное хозяйство*, 2, 65-67.

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

Рецензент: д.т.н. А.С.Стреков

ГЕОГРАФИЯ

© R.M.Mammadov, R.A.Ibrayev, Ch.N.K.Moors, M.A.Salmanov, 2009

IMPACT OF CLIMATIC CHANGES ON THE PHYSICAL STATE OF THE CASPIAN SEA IN REGULATING THE PRIMARY PRODUCTION

R.M.Mammadov[1], R.A.Ibrayev[2], Ch.N.K.Moors[3], M.A.Salmanov[4]

1 – *Institute of Geography ANAS*
2 – *Institute of Numerical Mathematics, RAS*
3 – *Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science University of Miami*
4 – *Institute of Microbiology ANAS*
ramiz.mamedov@geo.ab.az

The main goal of the study is to understand the role of climatic changes of the physical state of the sea in regulating the primary production. The methodology of the project made combined use of modeling and observations as tools to diagnose and understand the interactions between physical and ecological states of the Caspian Sea. The most important result of the study is development of the coupled 3-dimensional physical-biochemical (ecosystem) model of the Caspian Sea. The ecosystem model was used for understanding seasonal dynamics of low-trophic biochemical cycles of the Caspian Sea.

Introduction

The Caspian Sea is fundamentally a unique reservoir of relic flora and fauna, which are mostly endemic (Dumont, 1998). It has rich food resources for the riparian countries as well as the world markets. Caviar and sturgeon, as well as kilka, are among the economically important food resources seriously affected by the environmental crisis in the Caspian Sea. Compared to other European seas, the Caspian Sea is a highly productive water basin as is seen from estimates of annual mean primary productivity ($gC*m^{-2}*day^{-1}$): Mediterranean Sea – 0.235; Black Sea – 0.58; Azov Sea – 0.97; Caspian Sea – 1.3 (Zaika, 2000; Salmanov, 1999).

At the top of the Caspian Sea trophic chain there are sturgeon, sevryuga, beluga fishes and Caspian seals. These fish species, which are living fossils, are now on the verge of extinction due to the reduction of reproduction grounds, overfishing and water pollution by pesticides, heavy metals and oil products. In recent years, sturgeon landings have decreased dramatically: from 30,000 tons in 1985 to only 5,672 tons in 1995. At its peak, the Caspian supplied more than 80% of the world's sturgeon stock.

Ecological deterioration has started in regions of great economical value such as near the Volga river delta and the adjoining North Caspian Sea (Kosarev, Yablonskaya, 1994). On top of these changes, the recent increase in invasive species, in particular of *Mnemiopsis*, having been introduced from the Black Sea via the Volga-Don canal, is causing great concern, because of its effect on the biodiversity of the sea and its fisheries yield (CEP, 2002). In addition to these immediate environmental signals, there is a longer term threat, which may lead to rather rapid, precipitous collapse of the ecosystem: the threat of eutrophication in an enclosed sea, as has been recently experienced in the neighboring Black Sea (Ozsoy, 2001).

During the last 30 years, important shifts in the biochemical cycles of the Sea have been determined. The anthropogenic eutrophication is in progress; this process has been detected in various phenomena: (i) the areas of maximum bacteria plankton production have shifted from shallow water (25-30 m) to deepwater (50-100 m) regions; (ii) in deepwater areas, biological consumption of the dissolved oxygen has intensified;, furthermore,

anaerobic processes are in progress in the benthic layers and deposits. Due to the reduction of fodder stock, in the western coast of South Caspian sub-basin, trophic links of the commercial units have been broken (Salmanov, 1999).

Long-term observations of biochemical parameters at different parts of the Sea clearly show a positive trend in plankton production (PP), **Figure 1**. The same tendency is observed in other regions of the Sea. On the other hand, the dynamics of primary production in the extremely polluted Baku bay (**Figure 1**, curve 6) has been depressed, due to excessive pollution of the bay by oil products.

As an example of dramatic changes in low level trophic dynamics, an Anomalous Algal Bloom (AAB) occurred in the Southern Caspian in 2005 with an affected area of 20,000 km^2, **Figure 2**. The unprecedented bloom developed in the beginning of the second decade of August and existed until the end of September.

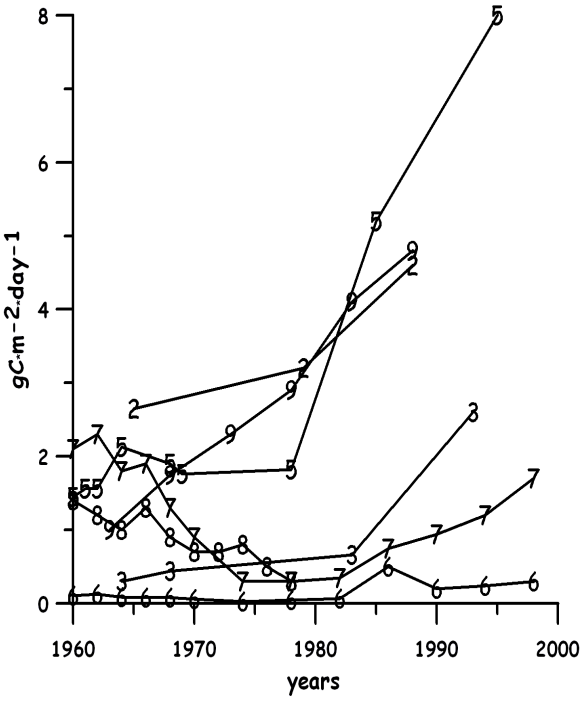


Figure 1. Change of phytoplankton production at the different locations of the Caspian Sea: 2 – yearly mean PP at Derbent (western coast of Middle Caspian sub-basin); 3 – spring-summer PP at Peschannyi cape (eastern coast of Middle Caspian sub-basin); 5 – June PP at western coast of South Caspian sub-basin; 6 – June-July PP at Baku bay (station 2); 7 – June-July PP at Baku bay outlet (station 17); 8 – summer PP at Baku archipelago; 9 – summer PP at North Caspian sub-basin. Data after *Salmanov, 1999*.

The development process was very fast – the phenomenon was first registered in the satellite image on August 12 and reached its maximum on September 1. Analysis of the satellite images for the same season in the previous five years confirmed that a phenomenon of such scale has never occurred before. (*CEP, http://www.caspianenvironment.org/newsite/Caspian-AAB.htm*)

At the same time, the period from late 70s until the present is characterized by a decrease in oxygen concentration in all parts of the Sea. Anthropogenic eutrophication, presence of sufficient concentration of sulfate – sulfide and an increase in biological consumption of oxygen create real conditions for development of anaerobic processes and hydrogen sulfide increases. In the deepwater part of the Middle Caspian sub-basin, at a depth of 700-750 m, total oxygen has been reduced by 40-45% during 1984-99. In the Southern Caspian sub-basin, at a depth of 995 m, the 1.6-2.0 mg/l oxygen available in 70s had disappeared by 1995.

Anthropogenic eutrophication being an important phenomenon is not the only factor in ecological changes of the Caspian Sea. The physical state of the Sea in the past 30 years has also undergone dramatic changes. The less obvious and poorly understood climatic mechanism that affects the Caspian Sea is the observed changes in the ventilation of its deep waters, which in turn determines its biochemical regime.

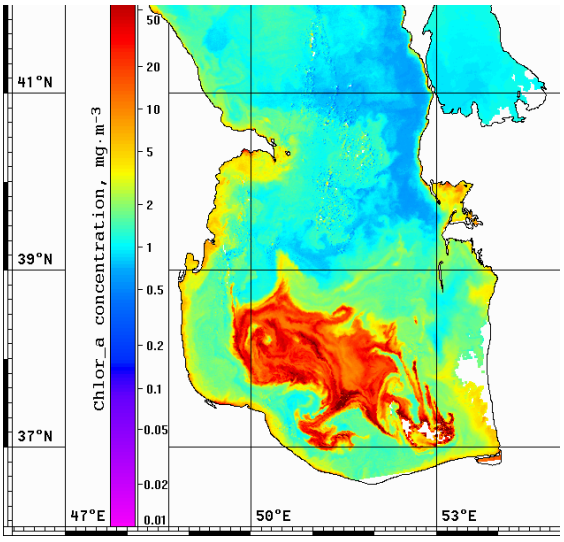


Figure 2. Chlorophyll-a concentration maps for September 01, 2005

The Caspian Sea is an isolated, complex realm influenced by large rivers, heterogeneous precipitation and evaporation, and atmosphere-ocean-land interactions in a region of rapid transition between the sea, deserts, flat lands, and high mountains. It lies in a region of mid-latitude climatic variability. Its surface level is below the level of the World Ocean and it links a large watershed area with such different rivers as the Volga, Ural, Kura, and Terek, as well as several small rivers in Iran. With such a low sea level, its evaporation is the greatest in all internal lakes on Earth. An immediate consequence of climatic variability is the observed abrupt changes in sea level, which have a major influence on the stability of the Caspian Sea and the surrounding lands. Most recently, the sea level has abruptly started to rise by more than 2.6 m in the period 1977-96, following an earlier rapid drop in the 1930's, and the subsequent gradual lowering in the following 30 years. The rapid sea level rise has led to great socio-economic losses in the region, as it has occurred numerous times in history (Mammadov, 2001; Radionov, 1994). On the other hand, it is known that the change in sea level has a large anthropogenic component related to water retention schemes (Kosarev, Yablonskaya, 1994).

The latest increase in sea level occurred as a result of a significant change in the climate of the Caspian Sea basin (Mammadov, 2001). Beginning in 1978, a change in the general circulation of the atmosphere occurred, the number of cyclones in the Atlantic and Western Europe increased with a simultaneous increase of their water capacity by 35% and 18%, respectively. As a result of the appearance of these climatic conditions, evaporation from the surface of the sea reached *948 km^3/yr* with a simultaneous increase in precipitation over the surface of the sea (up to *22.5cm/yr*). The development of this state of affairs tipped the balance towards a positive net gain. The last sea level rise during the 1978-1995 period flooded about *400 km^2* in territories of the Azerbaijan coastal zone and resulted in economic losses of 2 billion USA dollars (Mammadov, Hadiyev, 1998; Mammadov, 2001).

Sea level changes appear to have important consequences on the vertical circulation. For example, there is evidence for the presence of hydrogen sulfide near the bottom of the Middle Caspian sub-basin prior to 1930 when the sea level was higher than the last epoch of low sea level in the 1930-77 period. A number of studies suggest that the ventilation of deep waters sensitively depend on the sea level (Kosarev, Yablonskaya, 1994). Denser water is expected to be formed in the shelf area during periods of lower sea level, consequently increasing the degree of ventilation of deep waters. With increased sea level since 1977, conditions conducive to hydrogen sulfide formation, similar to those prior to 1930's, could be approached once again in the near future. Such changes have disastrous consequences for the ecosystem, leading to adverse changes under conditions of environmental stress. Though there have been very few recent oceanographic surveys in the Caspian Sea, observations show a notable decrease in deep oxygen content (see below).

Recent hydrological data analyses support the idea that the intensity of vertical ventilation depends on sea level changes, and they show dramatic changes in the vertical stratification of the thermohaline fields before and after the sea level minimum period in 1977 (Kosarev et al., 2004).

Goals and methodology of study

The main goal of the study is to understand the role of climatic changes on the physical state of the sea in regulating the primary production.

One of the main aims of the NATO Science for Peace Programme project SFP–981063 'Multi-disciplinary Analysis of the Caspian Sea Ecosystem' (MACE) project was the study of physical processes connected with regional climate change.

Model hindcasts were used to identify key physical processes of change and their climatic controls, such as periods of intensive convection depending on air-sea interaction and water budgets. The Model of Enclosed Sea Hydrodynamics (MESH), 2001), which includes 3-D PE OGCM with a free surface condition, an air-sea interaction model and a sea ice thermodynamic model, was shown to be able to simulate the Caspian Sea intra-annual variability of the three-dimensional

circulation and of the water budget and hence of sea level. The accuracy is sensitive to uncertainties in the model physics (Ibrayev et al., 2002). The model also has shown the critical importance of simulated sea surface temperature in producing reasonable air-sea fluxes, e.g. of evaporation and consequently the water budget of the Sea. The sigma-z version of MESH (s-z MESH) was developed to make it possible to simulate large (up to 5 m) inter-annual variations of mean sea level.

The methodology of the study makes combined use of modeling and observations as tools to diagnose and understand the interactions between physical and ecological states of the Caspian Sea. The following tasks encompass the logical steps of the project methodology, and was conducted step-by-step.

Study of seasonal variability of the Caspian Sea low-trophic food web. This task is aimed at studying the characteristics of seasonal and spatial variability of biochemical processes of the Sea. The 3-D physical-biochemical models of low-trophic food web for the Caspian Sea were developed. The study was concentrate on simulations and analyses of primary productivity seasonal cycle for a 'normal' year prior to 1977, when the sea level was at a low level, and preceding the invasion of *Mnemiopsis*.

The physical models, which were used in the project are the 3-D PE OGCM Princeton Ocean Model (POM) (used by the USA Team) and s-z Model of Enclosed Sea Hydrodynamics (s-z MESH) (see above). POM has a coupled biochemical sub-model. S-z MESH was coupled with the ecological module of ECOSMO (ECOSystem MOdel) (Schrum et al., 2006). The biological module of ECOSMO is based on lower trophic level interactions between two phyto- and two zooplankton components. The dynamics of the different phytoplankton components is governed by the availability of the macro nutrients: nitrogen, phosphate and silicate as well as light. Zooplankton production is simulated based on the consumption of the different phytoplankton groups and detritus. For simulation of primary production under different nutrient limiting conditions occurring in the different parts of the Caspian Sea (Salmanov, 1999), the ecosystem module of ECOSMO is quite good, because it includes all three nutrients as limiting factors. ECOSMO includes interactions between 12 state variables. The basis of the model are three nutrient cycles: the nitrogen cycle, the phosphorus cycle and the silica cycle, covering the main macro nutrients limiting phytoplankton production in shelf seas.

Spatial resolution of the coupled models was 9 km horizontally and 21 vertical levels. The resolution, which is not fine enough to simulate some local dynamic features, but still is good enough to reproduce main features of the Sea circulation and was used at the next step, where it is planned to run the model for 40 years.

Analysis of observed data of bio-chemical constituents of the Sea

The data arrays, which are available in the Institute of Geography and the Institute of Microbiology of the Azerbaijan National Academy of Sciences, were used for validation of the models. Data include time series of physical (sea level, temperature, salinity, currents and meteorological variables from coastal stations) and biochemical (concentration of phyto-, zoo- and bacteria- planktons, of nitrogen, phosphate, silicate and their various forms) variables. The analyzed data was also used for defining initial and boundary conditions in the model.

Validation of coupled ecosystem models is critical for assessing their ability to capture the dynamics of the ecosystem they are designed to study. A first step in this validation process is a comparison of simulation outputs with existing climatic data as well as other simulation estimates. One-dimensional version of coupled physical-biochemical model was tested in regimes with different limiting nutrients (nitrogen, phosphate and silicate) and in different physical conditions (shallow brackish water of the North Caspian sub-basin, deep sea of South Caspian sub-basin). For the deep-sea regions of the South Caspian sub-basin the dynamics of biochemical cycles, i.e. primary production, phytoplankton biomass and nutrient dynamics shows patterns close to what has been studied in other seas, like North and Black, see **Figure 3**.

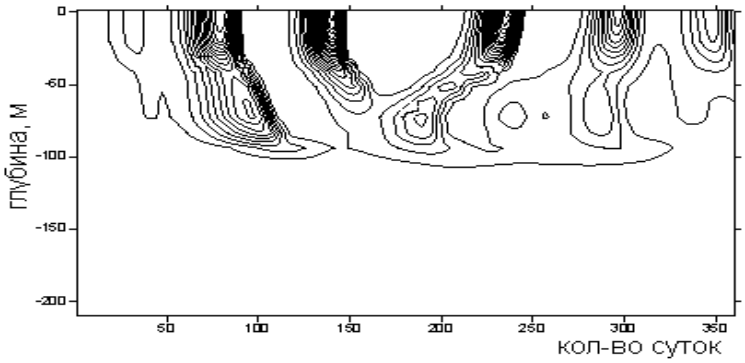


Figure 3. Phytoplankton dynamics (time – abscissas, depth - ordinates) under solar radiation.

The spatial structure of predicted primary production (**Figure 4**) illustrates the regional differences in ecosystem dynamics. Primary production in the Northern Caspian sub-basin is the highest through out the year. In this shallow region mixing processes, nutrients input from Volga and Ural rivers make nutrients available during the year. The high primary production along the coastal belt of Middle and South sub-basins show hydrodynamical control of biochemical cycles, when highly nutrified waters of the North sub-basin are transported by coastal southward currents, the well known feature of the Sea circulation. In our simulation for 1982, the Caspian Sea depth-integrated annual primary production was predicted to vary between 20-140 gC m^{-2} yr^{-1} with the lowest production occurring in the central parts of the Sea and the highest values in the coastal areas e.g. Northern sub-basin, western coast and Turkmen shelf. A comparison of our results with field observations (as reviewed in Kosarev, Yablonskaya, 1994) show similar magnitudes.

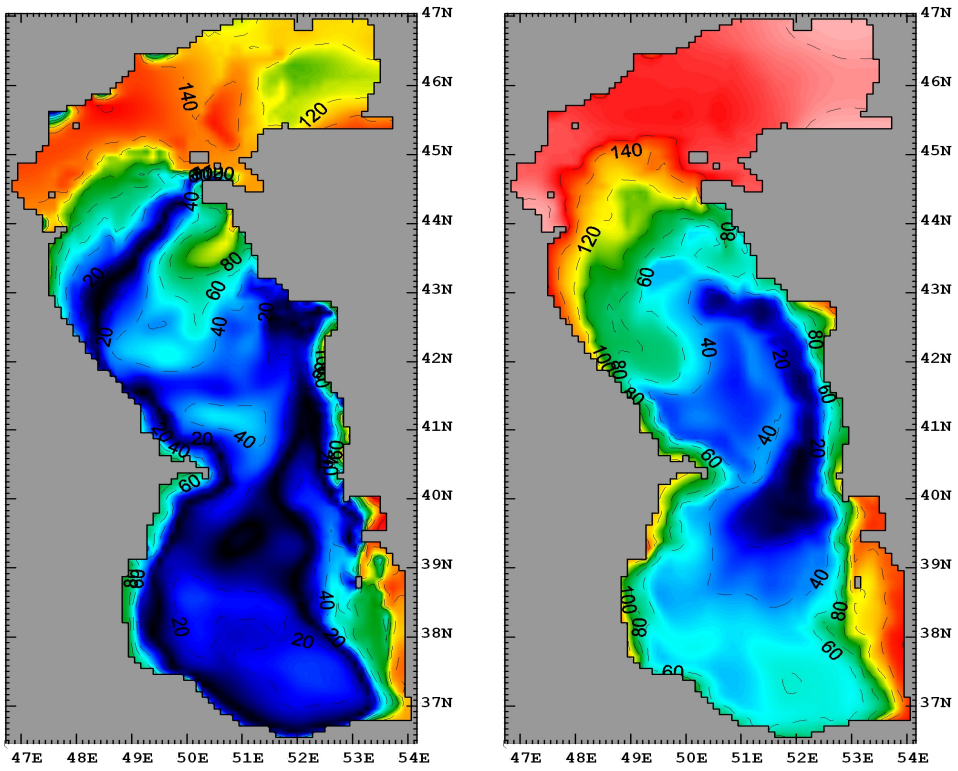


Figure 4. Model simulated monthly averaged primary production for December (left) and June (right) [gC m^{-2} yr^{-1}].

For 1982, the simulated temporal development of total phytoplankton biomass over the entire deep-sea regions of the Caspian Sea are presented in **Figure 5**. A spring phytoplankton bloom commences at the end of February and reaches its maximum with values up to 4 mgC m^{-2} day^{-1} in the beginning of March. This first phytoplankton maximum consists mainly of diatoms, with low flagellate biomass. Diatoms remain being the dominant phytoplankton group until silicate limitation is reached and diatoms biomass starts to decrease. The following second peak of phytoplankton biomass occurring in August is then based mainly on flagellates. During summer phytoplankton biomass ranges from 1,0 to 1,5 mgC m^{-2} day^{-1} dominated by flagellates biomass. In the fall, flagellates biomass shows a rapid decrease in October and November with a small fall bloom of diatoms. Significant phytoplankton biomass was predicted to occur until end of November. For mesozooplankton biomass two peaks occur in April and September. Microzooplankton biomass is relatively low during the entire season, partially in response to grazing by mesozooplankton.

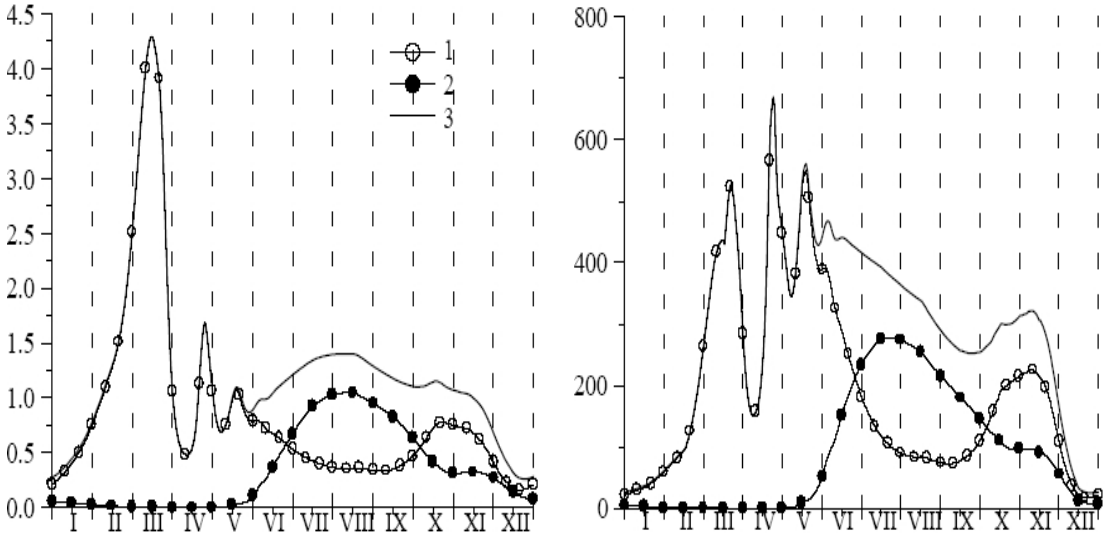


Figure 5. Annual cycle of phytoplankton biomass (mgC m^{-2}) (left) and of primary production (mgC m^{-2} day^{-1}) (right) in upper 100 m of deep-sea region of the Caspian Sea. 1 – phytoplankton diatoms; 2 – flagellates ; 3 – total phytoplankton.

This study was carrying out by grant support ANSF and CRDF Bilateral Grants Program (award number: AZG1-3109-BA-08), which we would like to express our sincere thanks.

REFERENCES

CEP. 2002. Transboundary diagnostic analysis for the Caspian Sea. *Caspian environment programme,* 1, 2 and 3, Baku, 36; 132; 163.

DUMONT, H. J. 1998. The Caspian Lake: History, Biota, Structure and Function. *Limnol. Oceanogr.,* 43, 44-52.

IBRAYEV, R. A., ÖZSOY, E., SCHRUM, C. 2002. Seasonal variability of the Caspian Sea circulation and sea level: analysis of model results and observed data. *Caspian Floating University Research Bulletin, 3,* Casp-NIRKH Publ., Astrakhan, Russia, 8-19.

KOSAREV, A.N., TUZHILKIN, V.S., KOSTIANOY, A.G. 2004. Main features of the Caspian Sea hydrology. In: *Dying and Dead Seas*. Kluver Academic Publishers, Dordrecht, 159-184.

KOSAREV, A.N., YABLONSKAYA, E.A. 1994. The Caspian Sea. Backhuys Publishers. Haague. 259.

MAMMADOV, R. M. 1996. Long-Term prognosis of the Caspian Sea level. In Regional workshop on *Integrated coastal zone management*, Chabahar-I.R.Iran, 24-29 February, 79-84.

MAMMADOV, R. M. 2001. Caspian Sea level and ecological problems. *International Symposium on the Problems of the Regional Seas*. Istanbul.Turkey, 1-11.

MAMMADOV, R. M., HADİYEV, Y. K. 1998. Impact of climate anomalies on the level of Caspian Sea. Second Int. Conference on *Climate and Water,* Espoo, Finland, 17-20 August, 972-980.

ÖZSOY, E. 2001. A Review of Caspian Sea environment, climate variability and air-sea interaction. Planetary emergencies meeting *Workshop on Environmental Pollution in the Caspian Sea.* Erice, Italy.

RADIONOV, S. N. 1994. Global and regional climate interaction: the Caspian Sea experience. *Ser. Water and Technology Library,* 11, Kluwer Academic Publishers, 241.

SALMANOV, M.A. 1999. Ecology and biological productivity of the Caspian Sea. Ismail Publ. Baku. 400.

SCHRUM, C., ALEKSEEVA, I. St., JOHN, M.A. 2006. Development of a coupled physical-biological ecosystem model ECOSMO. Part I: Model description and validation for the North Sea. *Journal of Marine Systems,* 61, 79-99.

ZAIKA, V.E. 2000. Marine biodiversity of the Black Sea and Eastern Mediterranean. *Ecologiya moray*, 51, 59-62.

© С.Г.Сафаров, 2009

ПРОТИВОГРАДОВАЯ ЗАЩИТА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

С.Г.Сафаров

Национальный Департамент по Гидрометеорологии
Министерства Экологии и Природных Ресурсов
AZ1154 Баку, просп. Г.Алиева, 50
E-mail: safarov53@mail.ru

В работе анализируются результаты противоградовых операций, проводимых на территории Азербайджана за период 1967-1990 гг., и оценивается их физическая и экономическая эффективность. С использованием наиболее информативных показателей эффективности доказывается, что в противоградовых операциях было достигнуто значительное сокращение потерь от града и затраты на организацию и проведение защиты окупались в среднем 6 – 7 раз. Показывается, что в случае возобновления противоградовых работ с применением современных технологий активного воздействия можно добиться значительного экономического эффекта и дальнейшего развития сельского хозяйства.

Сложность рельефа, высокие температуры подстилающей поверхности, а также большое влагосодержание воздушных масс, вторгающихся из разных широт, обуславливают возникновение из года в год в тех или иных местах территории Азербайджана интенсивных градовых процессов, которые наносят значительный ущерб хозяйствам республики.

Учитывая высокие темпы развития сельского хозяйства, в том числе виноградарства, начиная с 1967 г., было организовано военизированное противоградовое подразделение и до 1991 г. в некоторых градоопасных регионах республики проводились противоградовые мероприятия.

Целью настоящей работы является статистический анализ результатов противоградовых работ, проводимых на территории Азербайджана, и оценка их эффективности. В работе использовались материалы годовых отчетов о производственной деятельности бывшей противоградовой службы республики.

Основные результаты противоградовых работ

Работы по защите от града осуществлялись на площади 1330000 га с помощью 12 военизированных противоградовых отрядов и 94 пунктов активного воздействия.

Защищаемая территория (ЗТ) характеризовалась достаточно большой грозоградовой активностью.

Продолжительность сезона противоградовых работ составляла 184 (с 15 апреля по 15 октября) дня.

При среднегодовом числе дней с засевом облаков, равном 56, в 89 % случаев засев проведен успешно и на ЗТ не был отмечен ущерб от градобития, а в 11 % случаев – неуспешно или не полностью успешно, так как на ЗТ отмечалось выпадение града с ущербом.

Среднегодовое количество засеянных объектов воздействия (ОВ) составляло 387, варьируя от 251 до 561. При этом число с успешным засевом (т. е. без пропуска града на ЗТ) достигало 75%, а с неуспешным (с пропуском града) – 25%.

Детальный анализ материалов неуспешных воздействий показал, что основными причинами пропуска градобитий на ЗТ являлись следующие:

- ошибки персонала при выборе площадок засева или опоздание с началом воздействия;
- отказ радиолокационной техники, средств связи или средств доставки кристаллизирующего реагента в облако в процессе активного воздействия (АВ);
- недостаточно интенсивный и единовременный засев сверхмощных градовых облаков из-за слабой скорострельности используемых ракетно-артиллерийских комплексов;

- недостатки технологии воздействия;
- запреты органов авиации и другие организационно-технические неполадки, которые были сведены к минимуму, но иногда имели место.

В среднем годовое число ОВ на 1 млн. га составляло 330, с расходом противоградовых изделий (ПГИ) 7680 единиц, варьируя в зависимости от градоопасности года от 4434 до 11456. Средний расход на 1 ОВ составлял 23,2 ПГИ, при этом сильно варьируя в зависимости от категории ОВ. В отдельных случаях на одно сверхмощное градовое облако было израсходовано более 200 ПГИ. В среднем за год на засев градоопасных облаков было использовано 76,4 кг кристаллизирующего реагента ***AgI*** *(йодистое серебро)***.**

В годы защиты от градобития потери урожая сократились в несколько раз (табл.). Наибольшее сокращение потерь наблюдалось в годы низкой градоопасности, когда мощные крупномасштабные градобития отмечались относительно редко. Анализ материалов активного воздействия (АВ) показывает, что эффективность защиты повышалась с годами по мере совершенствования техники и технологии защиты.

Методика и технология активного воздействия

Для обнаружения градоопасных ячеек и выделения площадок засева в основном были использованы метеорологические радиолокаторы МРЛ-5. Противоградовые операции проводились по советской технологии активного воздействия. До 1982 года методы активного воздействия основывались на концепции ***конкуренции естественных и искусственных центров кристаллизации*** (Сулаквелидзе, 1967). Однако в дальнейшем она была заменена более перспективной и научно обоснованной концепцией ***ускорения осадкообразования*** (Абшаев,1990).

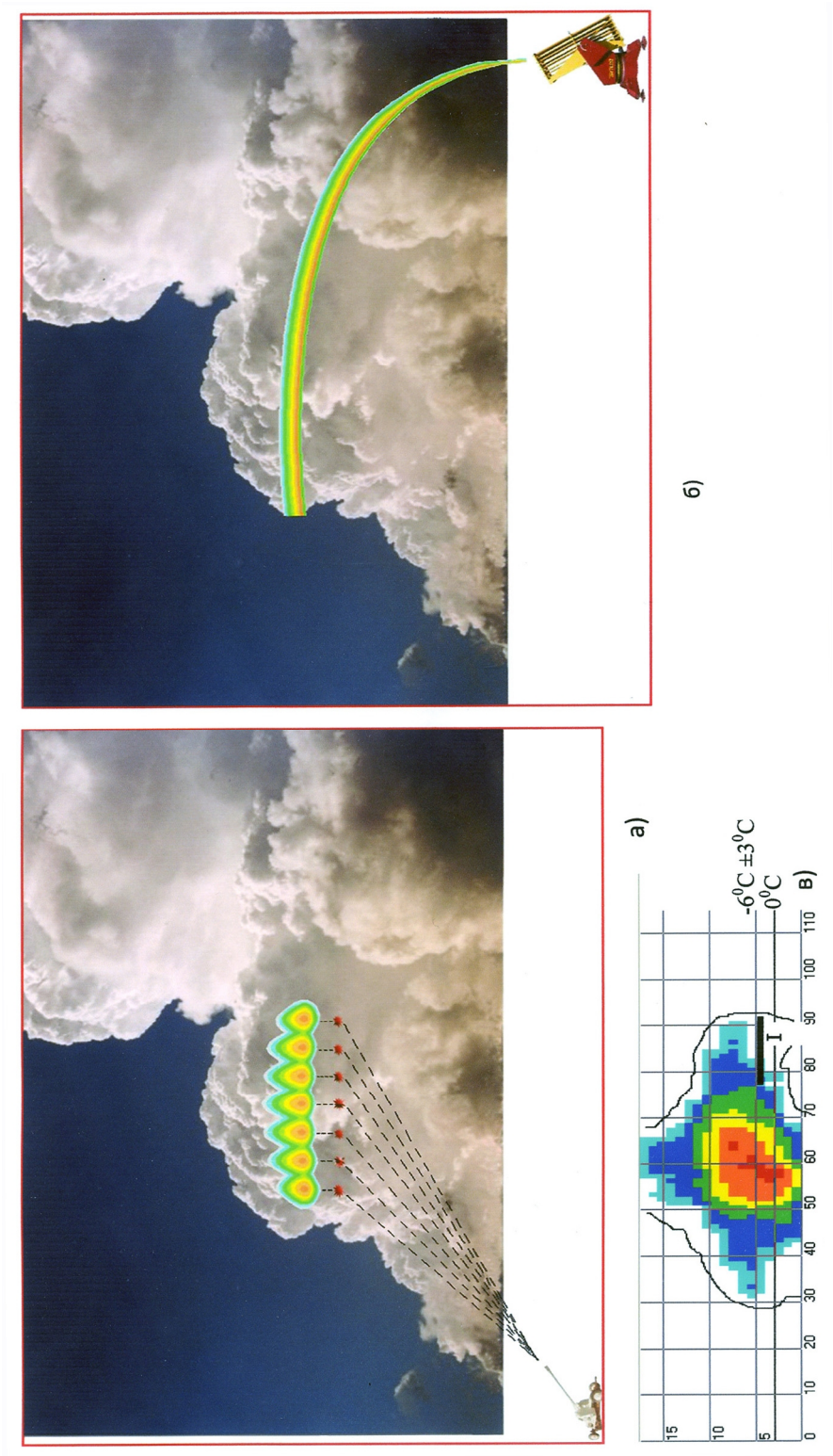
Эта концепция предусматривала преждевременное стимулирование выпадение осадков из зоны формирования условий зарождения града до начала градообразования и вымывания этой зоны искусственными осадками. В результате такого воздействия на вновь развивающиеся градоопасные ячейки естественный процесс градообразования разрешается выпадением дождя, а при воздействии на несимметричные градовые процессы с непрерывным распространением градообразования в пространстве нарушается непрерывность процесса зарождения, роста и выпадения града. Для ускорения осадкообразования рекомендовалось прямое и единовременное введение льдообразующего реагента по всей площади горизонтального сечения зоны формирования условий зарождения града на уровне изотермы -6°C ± 3°C (рис. в).

Методика воздействия, основанная на вышеизложенной концепции, была дифференцирована с учетом стадии развития и типа градовых процессов (иначе говоря, с учетом их структуры, динамики развития и характера распространения процесса градообразования в пространстве). Схемы засева облаков различных типов существенно различались. Однако независимо от типа процесса АВ с целью прерывания и предотвращения града рекомендовалось проводить на зону формирования условий градообразования (рис. в). Воздействие на зону локализации града в стадии его роста считалось неэффективным.

Потери урожая (N, %) до защиты (выделено жирным шрифтом) и в период защиты от градобитий

Годы	Потери	Годы	Потери	Годы	Потери	Годы	Потери	Годы	Потери
1961	**4,20**	1967	0,01	1973	0,29	1979	0,10	1985	0,46
1962	**1,80**	1968	0,00	1974	0,20	1980	0,12	1986	0,34
1963	**5,80**	1969	0,00	1975	0,04	1981	0,09	1987	0,02
1964	**3,40**	1970	0,75	1976	0,23	1982	0,13	1988	0,08
1965	**1,40**	1971	0,01	1977	0,04	1983	0,40	1989	0,19
1966	**4,10**	1972	0,00	1978	0,05	1984	0,26	1990	0,87
Среднее	**3,45**								0,20
σ	1,64								0,23

Примечание: σ – среднее квадратичное отклонение



Визуальный вид облака **Cu cong** (а,б), схема артиллерийского (а) и ракетного (б) методов засева, вертикальное сечение радиоэха градового облака (в) и область засева (I).

Операции по воздействию на объекты различных категорий осуществлялись по методике, изложенной в (Абшаев и др., 1986) с помощью противоградовых ракетно-артиллерийских комплексов "Эльбрус" (рис. а) и "Алазань"(рис.б).

Анализ эволюции объектов воздействия – облаков проведен по данным радиолокационных наблюдений и фоторегистрации структуры радиоэха ячеек на индикаторе кругового обзора (ИКО) и на индикаторе дальность-высота (ИДВ) радиолокатора МРЛ-5.

Методы оценки физической и экономической эффективности противоградовых работ

Эффективность и себестоимость противоградовых работ в значительной степени зависят от градоопасности региона, ценности защищаемых культур, повторяемости града и других неблагоприятных для сельского хозяйства атмосферных явлений, интенсивности и специализации сельскохозяйственного производства, особенностей применяемой агротехники, характеристик ущерба от разных стихийных явлений и в том числе от града.

Оценка эффективности противоградовых работ имеет некоторые аспекты:

– оценка физической эффективности АВ на конкретные градовые облака и поиск причинно-следственных связей эволюции параметров облаков с засевом;

– статистическая оценка физической эффективности ПГЗ;

– оценка экономической эффективности и рентабельности ПГЗ.

Оперативная радиолокационная оценка эффективности АВ на отдельный объект имеет большое значение в оперативной работе для корректировки стратегии в ходе воздействия на объект, принятия решения о необходимости продолжения или прекращения воздействия и определения очередности обработки объектов воздействия.

Под термином «физическая эффективность» здесь понимается способность применяемой технологии ПГЗ предотвращать градобития, уменьшать площадь градобитий, ущерб от града в *n* раз (или на *n %)* в отличие от термина «экономическая эффективность», под которым понимается экономическая выгода и окупаемость затрат на применение той или иной технологии.

Статистическая оценка физической эффективности противоградовых работ, в целом, представляет интерес для анализа качества технологии и технических средств воздействия, определения их предельных возможностей и должна предшествовать оценке экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности противоградовых работ служит для определения экономической выгоды и целесообразности их проведения. Она является наиболее сложной, так как включает в себя как физические (площадь и интенсивность градобития), биологические (степень повреждения, выживаемость растений после градобития) и экономические (ущерб, затраты на пересев и т.д.) категории при неудовлетворительном информационном обеспечении о сложном случайном процессе со значительной пространственно-временной изменчивостью.

При проведении этих работ оценка физической эффективности осуществляется путем сравнения ожидаемого, без проведения противоградовых работ, значения показателя эффективности с фактическим:

$$E_f = \left(1 - \frac{X_ф}{X_{ож}}\right) \cdot 100\% \qquad (1)$$

где $X_ф$ – фактическое, а $X_{ож}$ – ожидаемое значения показателя эффективности, в качестве которых может быть использовано множество метеорологических и физических параметров: частота выпадения градовых осадков; $S_г$ (га) – площадь выпадения града; Е (дж/м^2) – кинетическая энергия градовых осадков на единицу площади; S_z (га) – площадь повреждения от градобития сельхозкультур; К (%) – степень повреждения сельхозкультур от градобития; S (га) – площадь повреждения сельхозкультур в пересчете на 100% повреждения; процент потерь урожая *N* (%) и др.

В последние годы наиболее информативным показателем эффективности считается процент потерь урожая *N* (%) (Абшаев и др., 2006). Этот параметр включает в себя

степень повреждений, площадь повреждений, площадь культивируемой территории и обеспечивает получение однородных рядов данных независимо от изменений площади ЗТ по годам:

$$N = \frac{S_{100}}{S_k} \cdot 100\,\% \qquad (2)$$

где S_{100} – площадь градобитий в пересчете на 100 % повреждения; S_K – площадь культивируемой территории на ЗТ.

Оценку экономической эффективности можно осуществлять по следующей формуле:

$$E_e = Y_c - Y_s = \left(\overline{N}_c - N_s\right) \cdot S_k \overline{C} \qquad (3)$$

где N_S – потери урожая в год (или период) защиты, $\overline{N}_c$ – среднемноголетние потери до защиты, %; $Y_c = \overline{N}_c S_k \overline{C}$ – потенциальный ущерб от градобитий на ЗТ в год защиты; $Y_s = \overline{N}_s S_k \overline{C}$ – фактический ущерб от градобитий на ЗТ в год защиты; $\overline{C}$ – средняя стоимость урожая (манат/га).

Оценка эффективности противоградовых работ на территории Азербайджана за период 1981-1990 гг.

Природная изменчивость потерь от града

Однородный ряд данных о потерях на ЗТ до защиты от градобития имеется для периода 1961-1966 гг. Как видно из таблицы, несмотря на довольно короткий период, до защиты потери от града имеют большую временную изменчивость. Потери от града в годы максимума градоопасности в более чем 4 раза превышают потери в годы минимума: $1{,}4 < N_C < 5{,}8$ %. Средняя потеря от града составляет 3,45%, а среднеквадратичное отклонение составляет примерно половину значения среднего – 1,64.

Коэффициент вариации $\chi_c = \frac{\sigma_c}{\overline{N}_c} \cdot 100\%$ имеет значение 0,48. Это свидетельствует о том, что нельзя достоверно оценивать эффективность ПГЗ в отдельном году (или коротком периоде) без учета градоопасности региона и года (периода).

Изменчивость потерь от града, модифицированная засевом облаков

В таблице приводятся данные о потерях от града за период 1967-1990 гг. Как видно из таблицы, за этот период среднегодовое значение потерь от града составляет 0,20 %, со среднеквадратичным отклонением 0,23%. Наибольшие потери от града наблюдались в 1970 и 1990 гг. Однако, если в первом случае значительные потери были связаны с большой градоопасностью года и низкой скорострельностью средств доставки кристаллизирующего реагента, то во втором случае они были связаны в основном с нехваткой ПГИ и невозможностью нормально проводить противоградовые операции из-за военного конфликта с Арменией.

Из таблицы следует, что в годы защиты от градобития потери сельхозпродукции по ЗТ значительно меньше, чем до защиты, и в зависимости от градоопасности года варьируют в пределах $0{,}0 < \overline{N}_s < 0{,}87\%$.

В период проведения защиты потери от градобития в среднем сократились в 18 раз, а значение среднеквадратичного отклонения в 7 раз. Коэффициент вариации увеличился в 2,5 раза. Такое увеличение в первую очередь связано с тем, что наряду с близкими к нулю потерями в отдельные годы отмечались пропуски серьезных градобитий, они реже наблюдались в 1981 - 1990 гг., когда использовалась унифицированная технология.

Таким образом, проведение противоградовой защиты в Азербайджане существенно трансформировало статистические характеристики потерь от града. Эффективность защиты повышалась с годами по мере совершенствования техники и технологии защиты.

Физико-статистическая и экономическая эффективность противоградовых работ

Оценка физической и экономической эффективностей ПГЗ осуществлялась по формулам (1) и (3). Эта оценка показала, что за период 1981-90 гг. физическая эффективность противоградовых работ в среднем составила 93%, варьируя в пределах $75 < E_f < 99\%$. Среднеквадратичное отклонение составило всего 4,9%, что свидетельствует об устойчивом и

надежном эффекте противоградовых работ.

Ежегодная экономическая эффективность противоградовых работ за вычетом затрат в среднем составила 8,7 млн. руб., варьируя в пределах $6{,}6 < \boldsymbol{E}_e < 10{,}6$ млн. руб. в закупочных ценах сельхозпродукции на 31.12.1990 г. Ежегодные затраты на проведение противоградовой защиты составили 1,0 ÷ 1,5 млн. руб., т.е. затраты на организацию и проведение защиты окупались в среднем 6 – 7 раз.

Таким образом, в противоградовых операциях, проводимых на территории Азербайджана, достигнуто значительное сокращение потерь от града. По эффективности противоградовой защиты служба Азербайджана занимала одно из ведущих мест в бывшем СССР.

Вышеизложенное доказывает, что в случае возобновления противоградовых работ с применением современных технологий активного воздействия можно добиться значительного экономического эффекта, роста объема сельхозпродукции, открытия новых рабочих мест и таким образом содействовать экономическому развитию градоопасных регионов республики.

ЛИТЕРАТУРА

АБШАЕВ, М.Т. 1990. Новый метод воздействия на градовые процессы.В: *Тр. Всес. конф. по АВ на гидромет. проц.* Гидрометеоиздат, Ленинград, 118 - 126.

АБШАЕВ, М.Т., МАЛКАРОВА, А.М. 2006. Оценка эффективности предотвращения града. Гидрометеоиздат. Санкт-Петербург. 279.

АБШАЕВ, М.Т., БУРЦЕВ, И.И., ЗАХАРОВ, В.Г., МИХЕЕВ, М.Д. (под ред). 1986. Временные методические указания по воздействию на градовые процессы. ВНИИ МЦД. Обнинск. 43.

СУЛАКВЕЛИДЗЕ, Г.К. 1967. Ливневые осадки и град. Гидрометеоиздат. Ленинград. 412.

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