



УДК 504.422/423.054(262.81-17)

ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОЙ ЕМКОСТИ АКВАТОРИИ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА «СЕВЕРО-КАСПИЙСКАЯ ПЛОЩАДЬ» В ОТНОШЕНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО «СИНОПТИЧЕСКОГО» МЕТОДА

© 2011 Монахова Г.А.¹, Абдурахманов Г.М.¹, Ахмедова Г.А.¹, Магомедбеков У.Г.¹, Попова Н.В.², Есина О.И.³

¹ Дагестанский государственный университет,

² ООО «Каспийская нефтяная компания»,

³ ГУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»

Дана оценка ассимиляционной емкости лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь» в отношении нефтепродуктов и полициклических ароматических углеводородов, сделанная с помощью нового «синоптического» метода.

The article presents the assessment of assimilative capacity of the license area "North Caspian area" in relation to petroleum products and polycyclic aromatic hydrocarbons, implemented using the new "synoptic" method.

Ключевые слова: Северный Каспий, углеводороды, ассимиляционная емкость, методы оценки, лицензионный участок «Северо-каспийская площадь».

Keywords: North Caspian, hydrocarbons, assimilative capacity, assessment methods, license area "North Caspian area".

Загрязнение морской среды является основным видом воздействия нефтегазодобывающей деятельности на морские экосистемы [9, 10]. Для экологического нормирования сброса загрязняющих веществ (ЗВ) в морские водоемы предложено использовать концепцию ассимиляционной емкости морских экосистем, разработанную на основе анализа экологических последствий загрязнения Мирового океана [2-5], но не нашедшую пока широкого применения, так как для этого необходимо проведение всесторонних исследований конкретных водоемов.

Согласно определению, данному в [4], «ассимиляционная емкость морской экосистемы по данному загрязняющему веществу – это максимальная динамическая вместимость такого количества этого вещества, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за счет процессов седиментации, диффузии или любого другого процесса переноса за пределы экосистемы без нарушения ее нормального функционирования».

В таком понимании ассимиляционная емкость становится основой экологического нормирования, направленного на сохранения здоровья морских экосистем. В перспективе, когда охраны окружающей среды будет базироваться на экологическом нормировании, скорее всего именно ассимиляционная емкость станет нормативом антропогенной нагрузки на природные системы. Но уже сегодня она является одним из инструментов экологического обоснования хозяйственной деятельности.

Проблема оценки ассимиляционной емкости имеет два аспекта. Первый аспект связан с трудностями определения причинно-следственной связи между загрязнением и его биологическими последствиями. Второй аспект связан с трудностями прямого и обратного перехода от единиц потока (в которых измеряется ассимиляционная емкость) к единицам массы (в которых измеряется загрязнение среды).

Для преодоления трудностей первого порядка прибегают к поиску «самого уязвимого» звена в экосистеме, ориентируясь на которое, устанавливается порог уязвимости для всей экосистемы [3]. Для преодоления трудностей второго порядка используют балансовый метод [1, 6-8], что не всегда возможно из-за того, что наблюдения за загрязнением большинства объектов (в т.ч. морей) перестали носить регулярный характер, а перерывы между наблюдениями значительно превышают время обновления внутренней среды этих объектов.

Для оценки ассимиляционной емкости морских акваторий мы предлагаем использовать новый «синоптический» метод, разработанный совместно со специалистами ГУ «КаспМНИЦ». Для него не требуется длительных, даже повторных наблюдений, достаточно использовать данные одной океанографической съемки. В основе метода лежит предположение, что обнаруженное по результатам съемки неоднородное распределение загрязняющих веществ в однородной по физическим параметрам водной массе является следствием протекающих в ней процессов самоочищения, точкой отсчета времени для которых является прохождение последнего шторма на акватории (поэтому данный метод назван «синоптическим»).



В качестве материалов для апробации нового метода были выбраны три океанографические съемки, выполненные на акватории лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь» (владелец лицензии – ООО «Каспийская нефтяная компания») в период 2005-2006 гг., а именно летом и осенью 2005 г. и весной 2006 г. Данный участок расположен в северной части Каспийского моря, в мелководной зоне устьевых взморья Волги.

В качестве загрязняющих веществ были выбраны нефтепродукты (смесь углеводородов, извлекаемых из воды четыреххлористым углеродом и проходящих через активированную окись алюминия), сумма полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и нафталин, как наиболее распространенный компонент ПАУ.

Как уже указывалось выше, данный метод основан на анализе неоднородного распределения загрязняющих веществ в водных массах, однородных в гидрологическом отношении. Для выделения таких масс по данным каждой съемки были построены точечные T, S -диаграммы, на которых водные массы представляются некими «облаками» точек, каждая из которых обозначает пробу воды, подвергнутую химанализу (для построения этих диаграмм использовались данные о температуре и солености воды в придонном и поверхностном слоях воды).

Всего было выделено 11 водных масс (по 4 – летом и осенью 2005 г., и 3 – весной 2006 г.). В отношении каждой водной массы проводился статистический анализ распределения каждого из пяти параметров.

В качестве показателя неоднородного распределения загрязняющих веществ использовалась разница между максимальной ($C_{\max}$) и минимальной ($C_{\min}$) концентрацией, вычисленная для каждого ЗВ и каждой водной массы. Причиной неоднородности являются процессы самоочищения, а точкой отсчета для этих процессов выступает дата последнего шторма. В наших расчетах эта дата была условной, обозначалась как N , и рассматривалась в нескольких вариантах: 5, 10, 15, 20 и 25 суток.

Исходя из сказанного выше, скорость потока загрязняющих веществ, проходящего через единицу объема воды определялась как отношение $(C_{\max} - C_{\min})/N$. Как было установлено нами ранее [1, 8], для того, чтобы установить скорость потока ЗВ, которая не приносит вреда экосистеме (это значение, собственно, и является ассимиляционной емкостью) данное отношение должно быть умножено на $C_{\text{пдк}}/C_{\max}$, где $C_{\text{пдк}}$ – предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде ($C_{\text{пдк}}$ используется тогда, когда практически не установлено максимальное значение в ряду концентраций, не оказывающих негативного воздействия на здоровье экосистемы). Расчет ассимиляционной емкости проводился по формуле:

$$A = [(C_{\max} - C_{\min})/N] \cdot C_{\text{пдк}}/C_{\max}$$

Размерность A в данном случае соответствует размерности концентрации загрязнителя в воде. Например, в случае если концентрация выражена в мкг/л, то размерность A , соответственно, будет мкг/л·сут. Рассчитанное таким образом значение A экстраполировалось на весь участок «Северо-Каспийская площадь» (объем воды на котором принимался равным 50 км^3) и на весь Северный Каспий (объем воды на котором принимался равным 400 км^3) и в обоих случаях на календарный год продолжительностью 365 суток. Ассимиляционная емкость лицензионного участка обозначалась как $A_{\text{КНК}}$, а Северного Каспия – как $A_{\text{СК}}$. Оба этих показателя имели размерность тонн/год.

Помимо ассимиляционной емкости рассчитывалась нагрузка загрязняющих веществ по формуле:

$$H = (C_{\max} - C_{\text{ср}})/N \text{ (размерность: мг/л·сутки)}$$

При $H > A$ делался вывод об экологическом неблагополучии водной массы, а при $H < A$, наоборот, об ее экологическом благополучии. Также рассчитывалось время (t , сутки), необходимое экосистеме для того, чтобы ассимилировать без ущерба для себя, массу ЗВ до уровня ПДК. Соответственно данный расчет проводился только при условии, что $C_{\max} > C_{\text{пдк}}$. Для этого использовалась формула:

$$t = (C_{\max} - C_{\text{пдк}})/A$$

Ниже в качестве примера приведены результаты расчетов всех названных показателей для каждой водной массы в отношении нефтепродуктов за летний сезон 2005 г. (табл. 1).



Таблица 1

**Результаты расчетов ассимиляционной емкости и нагрузки по нефтепродуктам
для лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь» летом 2005 г.**

Загрязнитель	Нефтепродукты, мкг/л			$C_{ПДК} = 50$ мкг/л	
Сезон	Лето	Год	2005		
Показатели	N				
	5	10	15	20	25
Водная масса 1, $C_{max} = 230$; $C_{min} = 19,0$					
A , мкг/л сут	9,2	4,6	3,1	2,3	1,8
H , мкг/л сут	26,16	13,08	8,72	6,54	5,23
t , сутки	19,62	39,24	58,86	78,48	98,10
$A_{КНК}$, тонн/год	167424	83712	55808	41856	33485
$A_{СК}$, тонн/год	1339391	669696	446464	334848	267878
Водная масса 2, $C_{max} = 61,0$; $C_{min} = 11,0$					
A , мкг/л сут	8,2	4,1	2,7	2,0	1,6
H , мкг/л сут	5,85	2,93	1,95	1,46	1,17
t , сутки	1,34	2,68	4,03	5,37	6,71
$A_{КНК}$, тонн/год	149590	74795	49863	37398	29918
$A_{СК}$, тонн/год	1196721	598361	398907	299180	239344
Водная масса 3, $C_{max} = 33,0$; $C_{min} = 0$					
A , мкг/л сут	10,0	5,0	3,3	2,5	2,0
H , мкг/л сут	3,89	1,94	1,30	0,97	0,78
t , сутки	-	-	-	-	-
$A_{КНК}$, тонн/год	182500	91250	60833	45625	36500
$A_{СК}$, тонн/год	1460000	730000	486667	365000	292000
Водная масса 4, $C_{max} = 51,0$; $C_{min} = 0$					
A , мкг/л сут	10,0	5,0	3,3	2,5	2,0
H , мкг/л сут	7,15	3,58	2,38	1,79	1,43
t , сутки	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
$A_{КНК}$, тонн/год	182500	91250	60833	45625	36500
$A_{СК}$, тонн/год	1460000	730000	486667	365000	292000

Наши расчеты показывают, что концентрация ПАУ (в т.ч. нафталина) в воде лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь» значительно ниже ПДК (на порядок и более), поэтому его акватория по данному виду загрязнения априори является благополучной. Иное дело нефтепродукты, содержание которых в воде сопоставимо с ПДК. Из диаграмм, приведенных на рис. 1 следует, что по уровню загрязнения нефтепродуктами участок «Северо-Каспийская площадь» осенью 2005 г. и весной 2006 г. был неблагополучным ($H > A$). То же самое можно сказать и о первой водной массе летом 2005 г. (табл. 1), когда остальные три водные массы по уровню нефтяного загрязнения оценивались как благополучные.

Результаты расчетов ассимиляционной емкости с использованием «синоптического» метода указывают, что ее значения существенно превышают таковые, полученные с помощью балансового метода. Так при $N=10$, максимальное значение ассимиляционной емкости по нефтепродуктам составило 5,0 мкг/л-сут, или 91 тыс. тонн/год (для лицензионного участка), или 730 тыс. тонн (для Северного Каспия). Минимальное значение A по нефтепродуктам составило 4,1 мкг/л-сут, или 75 тыс. тонн/год (для лицензионного участка), или 598 тыс. тонн (для Северного Каспия).

Также при $N=10$, максимальное значение ассимиляционной емкости по нафталину составило 0,4 мкг/л сут, или 7,3 тыс. тонн/год (для лицензионного участка), или 58,4 тыс. тонн (для Северного Каспия). Минимальное значение A по нафталину составило 0,3 мкг/л-сут, или 6,0 тыс. тонн/год (для лицензионного участка), или 48 тыс. тонн (для Северного Каспия).

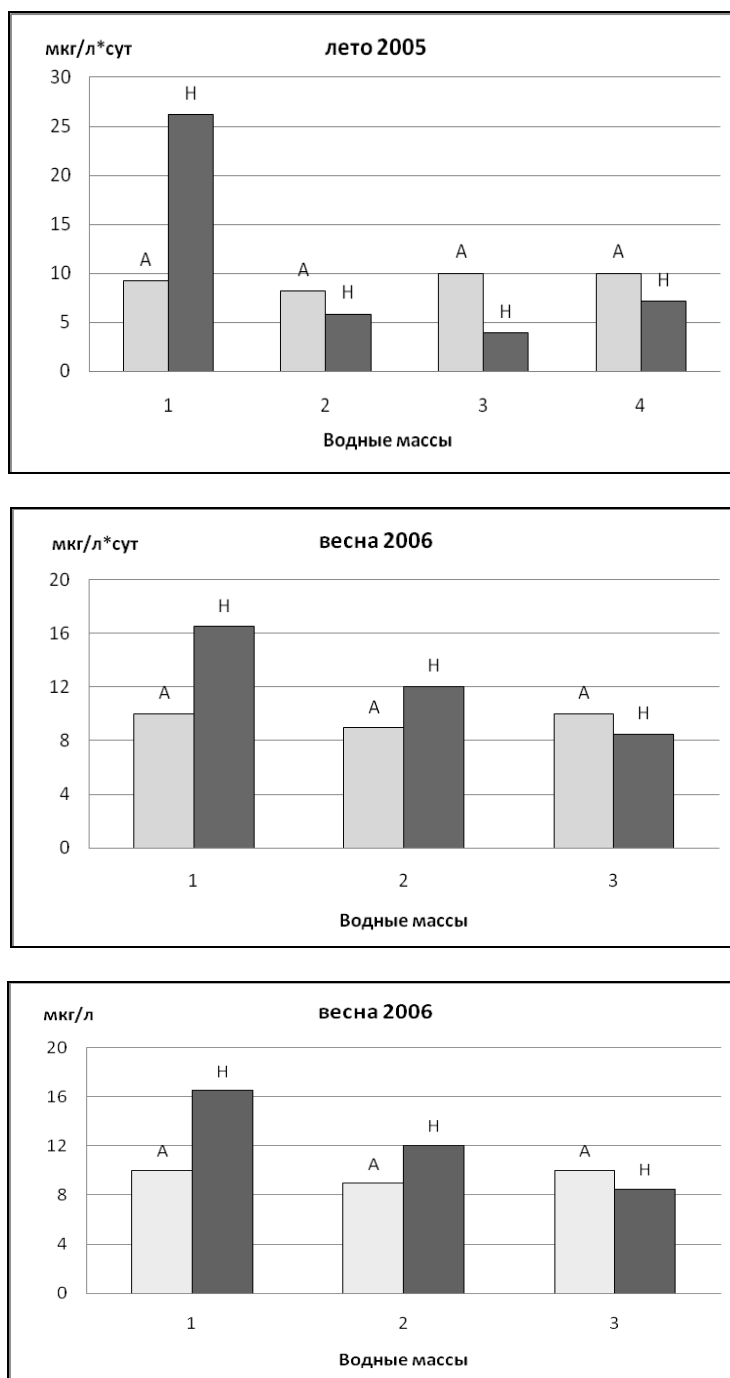


Рис. 1. Ассимиляционная емкость (A, мкг/л*сут) и нагрузка (H, мкг/л*сут) по нефтепродуктам на лицензионный участок «Северо-Каспийская площадь» в 2005-2006 гг.

Аналогичным образом при $N=10$, максимальное значение ассимиляционной емкости по сумме ПАУ составило 4,7 мкг/л*сут , или 85,2 тыс. тонн/год (для лицензионного участка), или 682 тыс. тонн (для Северного Каспия). Минимальное значение A по сумме ПАУ составило 2,8 мкг/л*сут , или 50,8 тыс. тонн/год (для лицензионного участка), или 406 тыс. тонн (для Северного Каспия).

Указанные цифры следует принять к сведению, хотя, вероятно, они существенно завышены (по ориентировочной оценке ассимиляционная емкость Северного Каспия составляет: по нефтепродуктам – 50 тыс. тонн; по сумме ПАУ – 5 тыс. тонн, по нафталину – 1 тыс. тонн). Причиной завышения значений A является то обстоятельство, что в генерации неоднородности водной среды на



лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» помимо процессов самоочищения принимают участие другие процессы, скорее всего ими являются процессы смешения речных и морских вод. Об этом в частности свидетельствует обнаруженная нами положительная зависимость ассимиляционной емкости от коэффициента вариации солености водных масс (рис. 2).

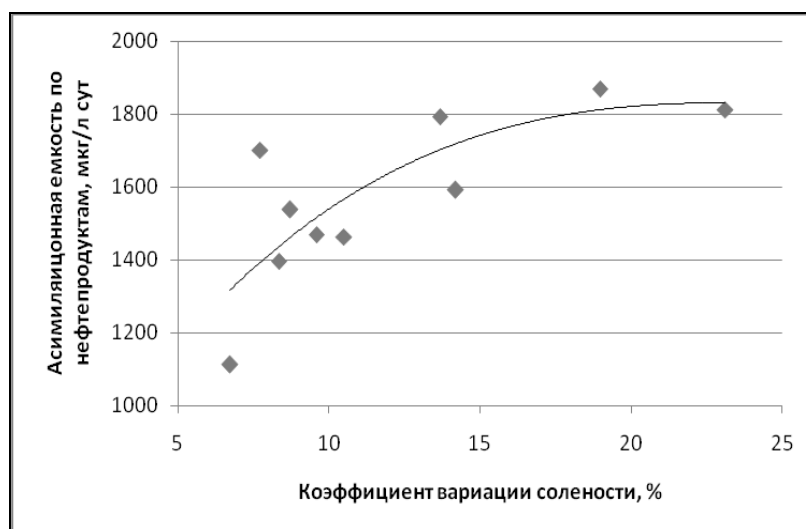


Рис. 2. Зависимость ассимиляционной емкости по нефтепродуктам (мкг/л·сут) от коэффициента вариации солености водных масс (%)

Результаты исследований указывают, что для лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь», расположенного в мелководной зоне устьевое взморья Волги, балансовый метод оценки ассимиляционной емкости подходит лучше, чем новый «синоптический» метод, завышающий значения емкости из-за участия процессов смешения речных и морских вод в генерации химической неоднородности водной среды.

Однако для практической реализации балансового метода необходимо организация и проведение океанографических съемок на участке не менее 6 раз в год в течение, как минимум, 5 лет, что практически невозможно. Альтернативой тому может быть только дальнейшее совершенствование «синоптического» метода, адаптация его к специфическим условиям лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь». Эту адаптацию предлагается сделать целью дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007-2013 годы», ГК №16.552.11.7051.

Исследования выполнены в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., Государственные контракты №П1285, П1440.

Библиографический список

1. Абдурахманов Г.М., Монахов С.К., Монахова Г.А. и др. Экологическая оценка загрязнения западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами. Атлас. Астрахань, 2006. 50 с.
2. Израэль Ю.А. Экология и контроль природной среды. М: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
3. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. Л: Гидрометеиздат, 1989. 530 с.
4. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Об ассимиляционной емкости Мирового океана // Доклады АН СССР, 1983, т. 272, № 3. С. 702-704.
5. Израэль Ю.А., Цыбань А.В., Вентцель М.В., Шигаев В.В. Обобщенная модель ассимиляционной емкости морской экосистемы // Доклады АН СССР, 1988, т. 272, № 2. С. 459-462.
6. Монахов С.К., Делия С.В., Курапов А.А. и др. Экологическая оценка загрязнения западной части Северного Каспия нефтяными углеводородами. Атлас. Астрахань: ООО «Новая артель», 2005. 52 с.
7. Монахов С.К., Курапов А.А., Попова Н.В., Ныров Д.А., Татарников В.О. Новые методы и технологии оценки состояния морской среды для экологического обоснования нефтегазодобывающей деятельности на акватории Каспийского моря // Материалы первой международной научно-практической конференции «Про-



- блемы сохранения Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». Астрахань: Изд-во Касп-НИРХ, 2005. С. 150-154.
8. Монахова Г.А., Расулова М.М. Экологическая оценка загрязнения Дагестанского шельфа Каспийского моря нефтяными углеводородами // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. №3, 2010. С. 65-72.
 9. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М: Изд-во ВНИРО, 1997. 350 с.
 10. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М: Изд-во ВНИРО, 1997. 350 с.

Bibliography

1. Abdurakhmanov G.M, Monakhov S.K, Monakhova G.A. and others. Environmental assessment of contamination of the western part of the Middle Caspian by oil hydrocarbons. The atlas. Astrakhan, 2006. 50 p.
2. Izrael Y.A. Ecology and Environmental Control. M: Pub. Gidrometeoizdat, 1984. 560 p.
3. Izrael Y.A., Tsyban A.V. Anthropogenic ecology of ocean. L: Pub. Gidrometeoizdat, 1989. 530 p.
4. Izrael Y.A., Tsyban A.V. About the assimilative capacity of the oceans. // Academy of Sciences of SSSR, 1983, Vol. 272, № 3. Pp.702-704.
5. Izrael Y.A., Tsyban A.V., Wentzel M.V., Shigaev V.V. Generalized model of assimilative capacity of marine ecosystems. // Academy of Sciences of SSSR, 1988, V. 272, № 2 . Pp. 459-462.
6. Monakhov S.K., Delia S.V., Kurapov A.A. and other. Environmental assessment of contamination of the western part of the Northern Caspian by oil hydrocarbons. The atlas. Astrakhan: Ltd. "The new co-operative", 2005. 52 p.
7. Monakhov S.K., Kurapov A.A., Popova N.V., Nyrov D.A., Tatarnikov V.O. New methods and technology assessment of the marine environment for the ecological substantiation of oil and gas exploration in the Caspian Sea // Proceedings of the First International Scientific-practical conference "Problems of conservation Caspian Sea in condition of develop oil and gas deposits". Astrakhan: Pub. Caspian Institute of Fisheries 2005. - p. 150-154.
8. Monakhova G.A., Rasulova M.M. Ecological assessment of pollution of the shelf of Dagestan of the Caspian Sea by oil hydrocarbons. // Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. № 3, 2010. Pp. 65-72.
9. Patin S.A. Oil and ecology of the continental shelf. // M: Pub. Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, 1997. 350 p.
10. Patin S.A. Ecological problems of oil and gas resources of the sea shelf. Moscow: Pub. Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, 1997. 350 p.