

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОРСКОЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА МОРСКОМ ШЕЛЬФЕ

С.К. Монахов, А.А. Курапов, Н.В. Попова, Г.А. Монахова, Л.В. Дегтярева, Е.В.Чуйко

Оценке качества окружающей среды всегда уделялось большое внимание в теоретической и прикладной экологии, так как она является мерилom эффективности природоохранных мероприятий и одним из звеньев обратной связи, регулирующей антропогенное воздействие (нагрузку) на экосистемы в зависимости от их состояния.

Как природоохранный инструмент данная оценка выступает в паре с нормированием окружающей среды, так как ее базовыми параметрами являются нормативы качества окружающей среды и, а результаты учитываются при нормировании воздействия (нагрузки) на окружающую среду. В связи с этим можно говорить о системе нормирования и оценки окружающей среды.

За время своего существования, совпавшее с периодом глобализации и актуализации экологических проблем, данная система претерпела определенные изменения, которые в основном коснулись понятия и нормативов качества окружающей среды. На первом этапе (рис. 1), который можно назвать *антропоцентрическим*, качество окружающей среды означало степень ее соответствия потребностям человека и технологическим требованиям [10], а нормативы качества подразделялись на санитарные и хозяйственные.

На втором этапе, который можно назвать *экоцентрическим* (рис. 1), пути теоретической экологии и прикладной экологии разошлись. В практическом плане по сравнению с предыдущим этапом плане ничего не изменилось (по крайней мере, в России), но теория развивалась быстрыми темпами, даже сформировались новые научные направления, такие как экологическая токсикология, экологическая химия и т.п.[4, 8]. В рамках экологической парадигмы у качества окружающей среды появилось множество расплывчатых синонимов, таких как здоровье экосистем, их устойчивость, саморегуляция и т.п.

На этом этапе также было предложено использовать экологические нормативы качества окружающей среды (наравне или взамен санитарных и хозяйственных нормативов), учитывающие особенности экосистем и потому носящие региональный характер. Для оценки качества окружающей среды или экологического статуса (этот термин получил широкое хождение за рубежом) было разработано множество экологических критериев и показателей [9]. Их количество продолжает расти вместе с числом попыток свести эти показатели воедино [2].

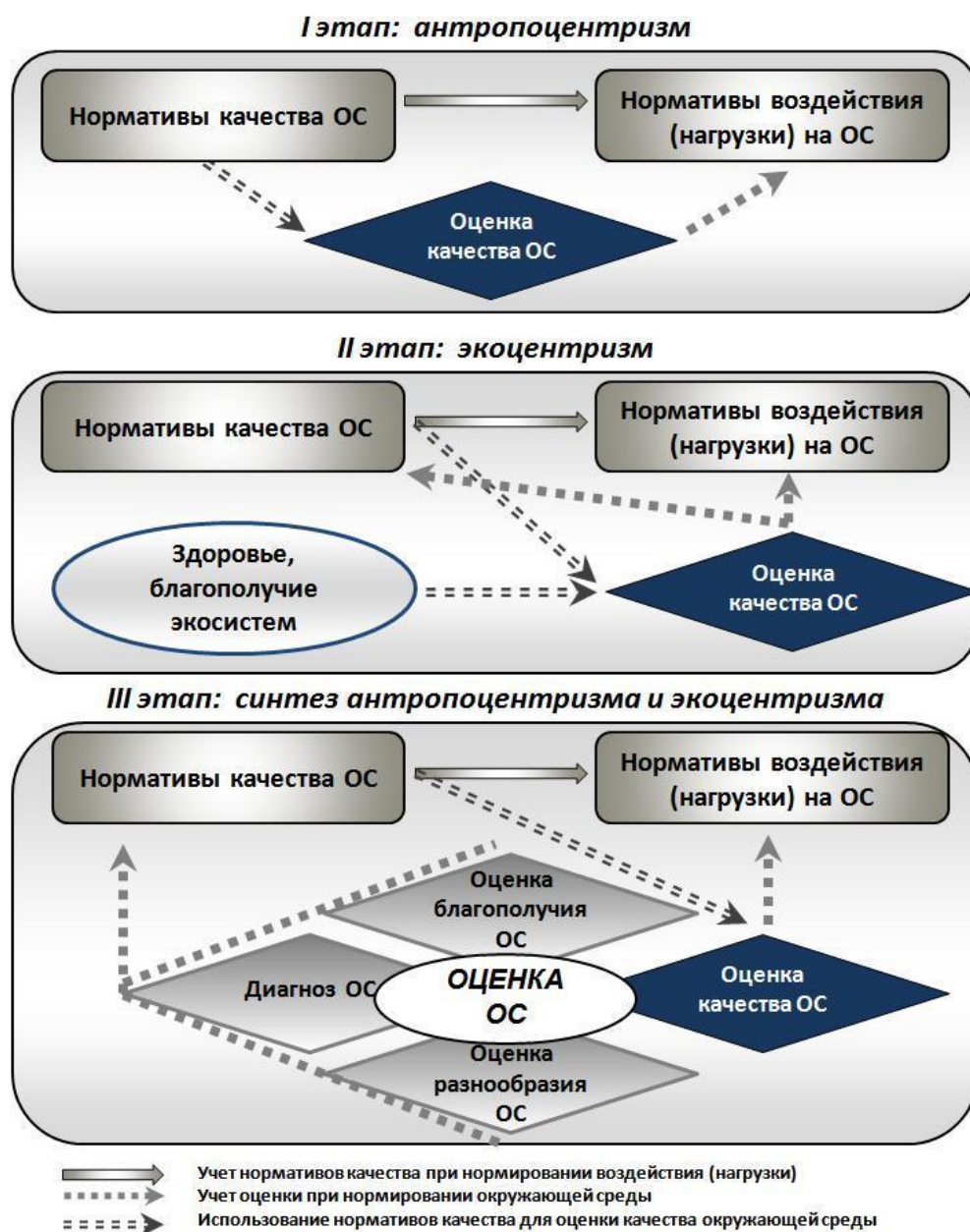


Рис. 1 Этапы эволюции системы нормирования и оценки окружающей среды

Между тем, как отмечает Т.И. Моисеенко, «несмотря на большое количество подобных исследований, успехов науки в понимании экологических последствий загрязнения ..., сохраняется устаревшая система нормирования, основанная более 50 лет назад» [4, стр. 348]. Будучи наиболее последовательным и активным сторонником экологического подхода к оценке и нормированию качества окружающей среды, Т.И. Моисеенко не может, однако, не признать, что предложенные в его рамках решения являются «нежизнеспособными» [там же, стр. 349].

По нашему мнению для того, чтобы вдохнуть новую жизнь в систему нормирования и оценки окружающей среды необходимо вернуться назад к узкому, но прагматичному понятию качества окружающей среды, как степени ее соответствия установленным нор-

мативам. При этом там, где санитарные и хозяйственные нормативы качества не обеспечивают сохранения природы, они должны быть заменены на экологические нормативы. Простым и удобным способом установления экологических нормативов является экологическая модификация санитарных и хозяйственных нормативов с использованием коэффициентов, значение которых устанавливается в зависимости от оценки окружающей среды, понятие которой по своему содержанию шире понятия оценки качества окружающей среды (см. нашу статью в предыдущем выпуске журнала).

Оценка окружающей среды складывается из диагноза экосистем и оценки их значимости, а оценка значимости из оценки качества, благополучия и разнообразия. Результаты диагноза, оценки благополучия и разнообразия экосистем предлагается использовать при установлении региональных экологических нормативов путем *экологической модификации* санитарных и хозяйственных нормативов. В свою очередь на основе региональных экологических нормативов качества должны разрабатываться нормативы предельно допустимой нагрузки на ту или иную территорию (акваторию). Оценка качества окружающей среды в этой системе выполняет только информационную функцию, она сигнализирует о том, соблюдаются ли установленные нормативы допустимой нагрузки, и все ли источники антропогенного воздействия учтены при этом.

Таковы по нашему мнению особенности третьего этапа эволюции системы нормирования и оценки окружающей среды – этапа *синтеза антропо- и экоцентризма* (рис. 1). Его отличия от предыдущего этапа минимальны. Все новое содержание, которое наука на втором этапе пыталась вложить в понятие оценки качества окружающей среды, «сливается» в понятие оценка окружающей среды. При этом установление экологических нормативов качества предложено проводить путем экологической модификации хозяйственных и санитарных нормативов с учетом результатов оценки окружающей среды. Как мало оказывается надо сделать для того, чтобы накопленный наукой арсенал методов в области диагноза и оценки состояния экосистем, повернуть в нужное для практики русло!

Целью наших исследований является комплексная оценка качества морской среды в районах разведки и разработки нефтегазовых месторождений на морском шельфе. На первом этапе эволюции системы нормирования и оценки окружающей среды для комплексной оценки качества морских вод (а также поверхностных вод суши) использовались гидрохимические показатели, число которых было строго ограничено, при этом в качестве критерия оценки выступала предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в воде [1]. Комплексная оценка качества вод, использующая однородные показатели, далее именуется *комбинаторной*.

На втором этапе наряду с гидрохимическими показателями для оценки качества вод было предложено использовать биологические и токсикологические показатели, часть которых была снабжена критериями, позволяющими сопоставить значение этих показателей с категориями качества воды. Количество научных публикаций на эту тему не поддается обзору [9], наиболее фундаментальные работы, такие как [3], несомненно, будут востребованы для экологической модификации нормативов качества окружающей среды. Комплексная оценка качества вод, использующая разные критерии, далее именуется *многокритериальной*. Логическим продолжением многокритериальной оценки является *интегральная* оценка [2], преобразующая частные (единичные) оценки в сводную (общую) оценку качества вод.

На третьем этапе, как об этом уже говорилось выше, предлагается весь арсенал методов диагноза и оценки водных экосистем (в т.ч. биологические и токсикологические методы) направить на решение задачи по установлению региональных экологических ПДК путем экологической модификации санитарных и хозяйственных нормативов. Очевидно, что в этом случае ПДК вновь станет основным критерием оценки качества вод и отпадет необходимость в использовании при этом каких-либо других показателей, кроме гидрохимических.

Однако, наряду с ПДК в качестве гидрохимических критериев оценки качества вод можно использовать *фоновую*, а также *типичную* и *характерную* концентрацию. При этом типичной концентрацией считается концентрация свойственная данному типу вод, а характерной – концентрация свойственная локальной водной массе. Комплексная оценка качества вод, сочетающая в себе комбинаторную и многокритериальную оценку, далее именуется *ансамблевой* оценкой. Очевидно, что методология этой оценки должна быть схожа с методологией интегральной оценки.

Далее в настоящей работе на конкретном примере рассматривается применение ансамблевого метода для оценки качества морской среды в районах разведки и разработки нефтегазовых месторождений на морском шельфе. Объектом исследований явилась акватория лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь», расположенного вблизи устья Волги в мелководной зоне Северного Каспия. Материалами для работы послужили данные инженерно-экологических изысканий и производственного экологического мониторинга, проводившихся на данном участке в период 2001-2009 гг.

В качестве гидрохимических критериев (C_k) ансамблевой оценки качества морской среды нами используются:

- а) предельно допустимая концентрация (ПДК, C_1) загрязняющих веществ (ЗВ);
- б) фоновая концентрация ЗВ (C_f) и разность между ней и ПДК ($\Delta_{If} = C_1 - C_f$);

в) типичная концентрация ЗВ (C_t) и разность между ней и ПДК ($\Delta_{It} = C_1 - C_t$);

г) характерная концентрация ЗВ (C_{ch}) и разность между ней и ПДК ($\Delta_{Ich} = C_1 - C_{ch}$).

Следует отметить, что ансамблевый метод можно применять к оценке качества как морских вод, так и донных отложений. Препятствием тому является только то, что качество морских донных отложений в Российской Федерации не нормируется, но его легко обойти, если использовать ПДК, установленные за рубежом.

К российской специфике следует отнести и то, что термин «фоновая концентрация» здесь используется в двух значениях [5, 6]. Для нормирования сбросов вредных веществ в водные объекты используется *нормативная* фоновая концентрация, выбираемая из области наибольших значений в соответствии с официально установленными методами [7]. Для характеристики внешнего загрязнения (относительно данного водоема или участка акватории) используется *естественная* фоновая концентрация, методы расчета которой строго не определены. Здесь следует отметить, что загрязненность водоема или его участка складывается из естественной фоновой и *локальной* концентрации загрязняющего вещества, при этом локальная концентрация формируется за счет местных (в пределах водоема или участка) источников загрязнения. Для ансамблевой оценки за естественную фоновую концентрацию (C_f) принимается медиана – статистический параметр выборки, наиболее устойчивый к «выбросам» на ее краях.

За типичную концентрацию (C_t) принимается средняя концентрация ЗВ в том или ином типе вод или донных отложений. Типы вод в Каспийском море установлены по солености, а типы донных отложений – по содержанию ила (либо органического углерода или железа). За характерную концентрацию (C_{ch}) принимается средняя концентрация в той или иной локальной водной массе или массе донных отложений. Локальные массы выделяются как «облака» на диаграмме «температура-соленость» (для морских вод) или диаграмме «песок-ил» (для донных отложений).

На первой стадии оценки качества морской среды фактическая концентрация *i-go* загрязняющего вещества в *j-й* точке пространственно-временного континуума (C_{ij}) сравнивается с критерием оценки качества морской среды (результат это сравнения предлагается обозначить как D_{ij}). В основном, как известно, практикуется три метода сравнения: а) разность $[a - b]$; б) относительная разность $[(a - b)/b]$; в) отношение $[a / b]$. Не говоря о достоинствах и недостатках каждого из этих методов, отметим, что для ансамблевой оценки рекомендуется использовать только третий метод (табл.1).

Таблица 1

Методы сравнения фактической концентрации загрязняющих веществ с критериями оценки качества морской среды

№ пп	Критерий	Метод сравнения
1	C_1	C_{ij}/C_1
2	C_f	C_{ij}/C_f
3	C_t	C_{ij}/C_t
4	C_{ch}	C_{ij}/C_{ch}
5	Δ_{lf}	$(C_{ij} - C_f) / (C_1 - C_f)$
6	Δ_{lt}	$(C_{ij} - C_t) / (C_1 - C_t)$
7	Δ_{lch}	$(C_{ij} - C_{ch}) / (C_1 - C_{ch})$

На второй стадии полученные значения D_{ij} усредняются для временного ряда (**T**) и/или пространственного поля (**S**) путем расчета среднего кубического значения (G_i) для каждого из критериев в отдельности. Этот способ усреднения выбран потому, что D_{ij} может принимать положительные, нулевые и отрицательные значения, а также с целью уплотнения распределения D_{ij} .

Следует отметить, что G_i по сути уже является оценкой качества морской среды, но однокритериальной и однопараметрической. Для того, чтобы перейти от однокритериальных к многокритериальной оценке, необходимо воспользоваться единой шкалой, которая по нашему мнению должна быть пятибалльной (табл. 2). Следующей операцией является расчет многокритериальной оценки E_k , в ходе которого полученные с помощью различных методов баллы складываются и делятся на число использованных методов.

Таблица 2

Единая шкала для перевода однокритериальных оценок в многокритериальную оценку

Вербальная оценка	Оценка в баллах	Интервалы изменений G_i			
		G_i по C_1	G_i по C_f	G_i по Δ_1^*	
				При $C_1 > \Delta_1$	При $C_1 < \Delta_1$
<i>Чистая</i>	0	$G_i \leq 1,0$	$G_i \leq 2,0$	$G_i^{**} \leq 1,0$	$G_i \geq 1,0$
<i>Умеренно загрязненная</i>	1	$1,0 < G_i \leq 2,0$	$2,0 < G_i \leq 3,0$	$1,0 < G_i \leq 2,0$	$-1,0 \leq G_i < 1,0$
<i>Загрязненная</i>	2	$2,0 < G_i \leq 3,0$	$3,0 < G_i \leq 4,0$	$2,0 < G_i \leq 3,0$	$-1,0 \leq G_i < -3,0$
<i>Грязная</i>	3	$3,0 < G_i \leq 5,0$	$4,0 < G_i \leq 5,0$	$3,0 < G_i \leq 5,0$	$-3,0 \leq G_i < -5,0$
<i>Очень грязная</i>	4	$G_i > 5,0$	$G_i > 5,0$	$G_i > 5,0$	$G_i < -5,0$

Примечание: Δ_1^* означает Δ_{lf} или Δ_{lt} или Δ_{lch} ; ** G_i в данном случае может принимать отрицательные значения

На завершающей стадии однопараметрические многокритериальные оценки E_{ki} преобразуется в многопараметрическую (комбинаторную) оценку E_{kn} , которая, по сути, является ансамблевой оценкой качества морской среды (E), поскольку сочетает в себе комбинаторную и многокритериальную оценки. Для полноты оценки качества морской среды рекомендуется представлять E в трех видах: 1) $E_1 = E_{ki}/n$; 2) $E_2 = E_{ki}/N$; 3) $E = \max E_{ki}$, где n – общее число гидрохимических показателей; N – число гидрохимических показателей, у которых $E_{ki} > 1$; $\max E_{ki}$ – максимальное значение E_{ki} .

Результаты ансамблевой оценки качества морской среды лучше всего представлять в виде матрицы, столбцами которой являются критерии, а строками показатели загрязнения. При этом число критериев должно быть не менее 3, а число показателей не менее 5. Результаты ансамблевой оценки, выраженные в численном виде, носят дробный характер. Для сопоставления целочисленной и вербальной оценки (табл. 2) с дробной оценкой качества используется шкала, представленная в табл. 3.

Таблица 3

Шкала для соотнесения дробной, вербальной и целочисленной оценок качества морской среды

Класс качества	Вербальная оценка качества	Дробная оценка качества
Первый	Чистая среда	менее 0,50
Второй	Умеренно загрязненная среда	от 0,51 до 1,50
Третий	Загрязненная среда	от 1,51 до 2,50
Четвертый	Грязная среда	от 2,51 до 3,50
Пятый	Очень грязная среда	Более 3,50

В качестве примера таблице 4 приведены результаты ансамблевой оценки качества морской воды на участке Северо-Каспийская площадь весной 2002 года. Для оценки качества при этом использовались 8 гидрохимических показателей, концентрация которых нормируется в морских рыбохозяйственных водоемах, а также три критерия (C_i , C_f и Δ_{if}). Наряду с табличной формой представления результатов оценки их можно записать в следующей форме: 3(0,89)/8(0,46): нефтепродукты (1,67); ДДТ (1,33), свинец (0,67). Словесное описание при этом выглядит следующим образом: «Морские воды на участке «Северо-Каспийская площадь» весной 2002 г. по комплексу гидрохимических показателей, в состав которого входят 8 загрязняющих веществ, оцениваются как чистые. При этом содержание в воде 3-х загрязняющих веществ не соответствует установленным критериям, по комплексу этих показателей воды относятся к умеренно загрязненным. По уровню загрязнения нефтепродуктами воды оцениваются как загрязненные, а по уровню загрязнения ДДТ и свинцом – как умеренно загрязненные».

Таблица 4

Результаты ансамблевой оценки качества морской воды на участке
«Северо-Каспийская площадь» весной 2002 года

Показатель	Результаты оценки по критериям			E _{ki}
	G _i по C ₁	G _i по C _f	G _i по Δ _{lf}	
Нефтепродукты	3	1	1	1,67
Сумма ГХЦГ	0	0	0	0,00
Сумма ДДТ	0	4	0	1,33
Цинк	0	0	0	0,00
Никель	0	0	0	0,00
Медь	0	0	0	0,00
Свинец	0	2	0	0,67
Кадмий	0	0	0	0,00
E₁				0,46
E₂				0,89
E₃				1,67

Напомним, что по нашему мнению оценка качества морской среды должна использоваться для регулирования антропогенной нагрузки (в данном случае суммарного загрязнения акватории). На необходимость снижения нагрузки указывают условия, при которых $E_2 > 1,50$ и/или $E_3 > 2,50$. Срочные меры должны приниматься при $E_2 > 2,50$ и/или $E_3 > 3,50$, а экстренные меры – при $E_2 > 3,50$. При условии $E_2 \leq 0,50$ нагрузка на акваторию, наоборот, может быть повышена.

На рис. 2 изображены графики многолетних изменений качества морских вод в поверхностном (пов) и придонном (дно) слоях воды, а также качества донных отложений (ДО) на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» в весенне-летний сезон по результатам ансамблевой оценки. Анализ графиков указывает на колебания качества морской среды, при этом по всему комплексу гидрохимических показателей (E_1) она, как правило, относилась к классу чистой; по комплексу показателей, не соответствующих критериям (E_2) – к классу умеренно загрязненных; а по показателю с наиболее высоким уровнем загрязнения (E_3) – к классу загрязненных (в отдельные годы).

Обращает на себя внимание еще два обстоятельства, во-первых, это синхронные изменения качества морских вод и донных отложений, причиной чего, очевидно, является мелководность рассматриваемого района и единый для обоих компонентов среды источник загрязнения, каковым, по-видимому, является речной сток. Второе обстоятельство связано с постепенным улучшением качества вод в рассматриваемый период времени. В последние три года (2007-2009 гг.) уровень загрязнения морской среды снизился до отметки, когда стало возможной дополнительная нагрузка на акваторию лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь».

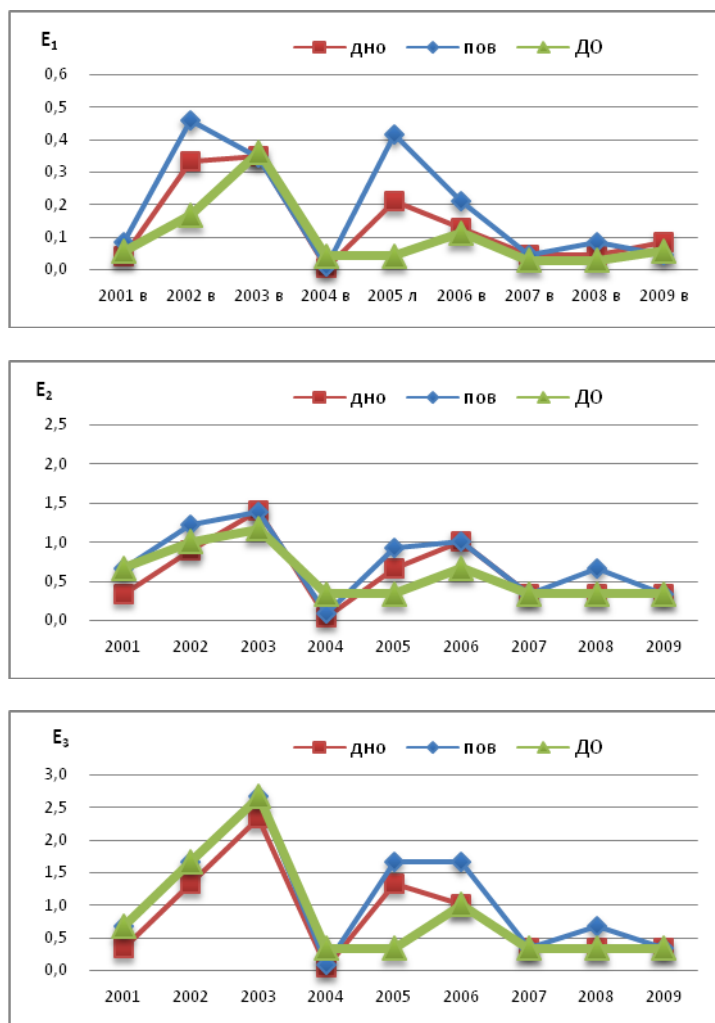


Рис. 2 Многолетние изменения качества морских вод в поверхностном (пов) и придонном (дно) слоях воды, а также качества донных отложений (ДО) на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» в весенне-летний сезон по результатам ансамблевой оценки

Подводя итоги данной работы, следует отметить, что предложенный в ней ансамблевый метод оценки качества морской среды в районах разведки и разработки нефтегазовых месторождений на морском шельфе, с одной стороны, в полной мере соответствует современному состоянию системы оценки и нормирования окружающей среды, а с другой стороны полностью отвечает потребностям нефтегазовых компаний, действующих на морском шельфе, в экологическом обосновании намечаемой деятельности, в оценке экологической обстановки в районах проведения работ и их экологических последствий.

Список литературы

1. *Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям.* – М.: Госкомгидромет, 1986 – 7 с.
2. *Дмитриев В.В. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы // Общество. Среда. Развитие («TERRA HUMANA»), 2009, №4, С. 146-165*
3. *Левич А.П., Булгаков В.Н., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга – М: НИИ-Природа, 2004 – 271 с.*
4. *Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты – М: Наука, 2009. – 400 с.*
5. *Монахова Г.А., Татарников В.О., Попова Н.В. Термины и методы расчета фоновой концентрации загрязняющих веществ в морской воде. // Вестник Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. Махачкала: Изд-во ДГПУ, №2, 2010. С. 64-69.*
6. *Монахова Г.А. О методах расчета фоновой концентрации загрязняющих веществ в морской воде. // Тезисы докладов XVII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2010". Секция биология. М.: МАКС Пресс. С.104.*
7. *РД 52.24.622-2001 Методические указания по расчету фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков*
8. *Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г. , Мизити А., Введение в экологическую химию М: Высшая школа, 1994 – 400 с.*
9. *Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003 – 463 с.*
10. *Экологический энциклопедический словарь – М: Издательский дом «Ноосфера», 1999 – 930 с.*