

Проблемы оценки экологического состояния донных отложений и субмаринная разгрузка подземных вод / Ю.Г. Юровский, Т.Н. Юровская, А.В. Прусов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.- Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012.- вып.26.- С.116-126.

УДК 556.5

Ю.Г. Юровский*, Т.Н. Юровская**, А.В. Прусов***

* *Национальная Академия природоохранного и курортного строительства (г. Симферополь)*

** *(ООО Ленводпроект, (г. Санкт-Петербург))*

*** *Морской гидрофизический институт НАН Украины (г. Севастополь)*

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СУБМАРИННАЯ РАЗГРУЗКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

Оценка экологического состояния донных отложений до сих пор остается дискуссионной. В статье рассматриваются различные варианты оценок: гидрохимических, геохимических, гидробиологических, основанных на различных принципах и критериях. Предлагается учитывать различные факторы загрязнения - естественные, техногенные - связанные с субмаринной разгрузкой загрязненных подземных вод. Обсуждаются вопросы создания нормативных документов, как региональных, так и общегосударственных. В выводах предлагается оценивать экологическое состояние донных грунтов с практическим уклоном: отдельно в естественном залегании, отдельно на территориях польдеров, отдельно для намывных берегов и тех случаев, когда они используются в качестве строительных материалов.

Ключевые слова: Донные отложения, подземные воды, биотестирование, нормативы..

Анализ экологической обстановки в морских акваториях нельзя считать достоверным без оценки степени загрязнения современных донных отложений и поровых вод. Официальных документов, регламентирующих загрязненность морских донных отложений, в Украине пока не создано. Между тем, донные отложения являются своеобразным депо для накопления целого ряда токсических элементов и соединений, как естественного, так и антропогенного происхождения. В их число входят тяжелые металлы, пестициды, гербициды и некоторые другие. В областях субмаринной разгрузки подземных вод и зонах дисперсии возникают геохимические барьеры, способствующие накоплению токсических веществ в системе вода – порода. Широко известны примеры такого накопления тяжелых металлов в донных отложениях у о. Лонг-Айленд (США), нитратов в лагуне у г. Перт (Австралия) и др.

В настоящее время в Украине разрабатываются различные подходы к оценке экологической безопасности донных отложений, в том числе методами биотестирования [1,2,3]. Чаще всего, специалисты ИнБЮМа (г. Севастополь, филиал г. Одесса) для оценки качества донных отложений используют «фактор загрязнения» (ФЗ) и «индекс степени загрязнения»

(ИСЗ). Первый рассчитывается как соотношение концентраций загрязняющего компонента (C_i) и фоновой (C_{ϕ}), второй как средняя геометрическая величина факторов загрязнения (главным образом для нефтяных углеводородов и хлороформэкстрагируемых соединений).

К существенным недостаткам таких оценок можно отнести:

1. В них не учитывается природный состав донных отложений и постоянные его изменения, вызванными литодинамическими процессами. Действительно, различные типы донных отложений (пески различного литологического состава, глины, илы и пелитовые отложения, ракушняк и детрит) по-разному адсорбируют, накапливают и десорбируют загрязняющие вещества, что вносит неопределенность при сравнительной оценке их загрязненности.

2. Необходимость использования фоновых концентраций токсикантов, которые трудно определить из-за повсеместного распространения загрязнений. По нашему мнению это касается, главным образом, локальных участков морских акваторий, таких как Севастопольские бухты, Одесский залив, акваторий ряда других портов и рейдовых стоянок. Загрязнение донных осадков в отдельных частях Севастопольских бухт уже таково, что, по мнению специалистов Морского гидрофизического института, граничит с экологическим бедствием [4]

В практике морских экологических исследований некоторые авторы пытаются оценить загрязнение донных осадков в естественном залегании по нормативам загрязнения почвенного слоя на суше. Такой подход представляется принципиально неверным. Аргументировать это можно следующим образом:

1. В отличие от водной среды для донных отложений практически отсутствуют нормативы, аналогичные ПДК

2. Процессы миграции и накопления токсичных химических веществ в почвах и донных грунтах кардинально отличаются по механизму, а также способу воздействия на живые организмы. Например, в отличие от наземных растений, макрофиты (водоросли) получают питание из морской воды, а к грунту они только прикрепляются. Корневой системы они не имеют. Аналогично существуют и ряд моллюсков (мидии, баянусы и другие). Из зообентоса непосредственное влияние на жизнедеятельность загрязненных грунтов могут испытывать только роющие организмы, псаммофилы, заглатывающие и очищающие песок.

Учитывая современное состояние проблемы, отсутствие нормативных документов в Украине, качество морских донных отложений, в том числе в областях субмаринной разгрузки подземных вод, предлагается оценивать, используя ряд геолого-геохимических критериев [5].

1. Критерий, основанный на изменении величины соотношений площадей дна с преимущественно алевритовыми и алевритоглинистыми донными отложениями с площадями, представленными преимущественно песчаными и песчано-гравелистыми отложениями.

2. Критерий, основанный на увеличении содержания Сорг в верхней части разреза донных отложений.

3. Критерий накопления в глинистых фракциях донных осадков токсичных веществ.

Последний (третий) критерий следует рассматривать в двух вариантах. В первом варианте, для глубоководной части шельфа накопление тяжелых металлов (аномально высокие содержания) определяется как

$$C_i > C_{i\phi} + 2 \sigma ; \quad (1)$$

где C_i - аномальная концентрация i – металла, $C_{i\phi}$ – фоновое содержание металла, σ – среднеквадратическое отклонение.

Определение фоновых концентраций следует проводить отдельно для каждого субаквального геохимического ландшафта [6]. Методика выделения субаквальных ландшафтов подробно изложена в рукописной работе (Степаняк Ю.Д., Шулакова Т.И., 2008). При картировании следует учитывать, что в зонах лавинной седиментации принос в донные отложения токсикантов может быть на порядки выше, чем в зонах размыва и транзита. Отдельные ассоциации тяжелых металлов природного происхождения наблюдаются в зонах активных тектонических нарушений и очагах разгрузки приуроченных к ним подземных вод. Так, геохимические аномалии в донных отложениях были зафиксированы в прибрежной зоне Тарханкутского полуострова и в Азовском море при трассировании Южно-Азовского ретронадвиг [7]. Соответственно в аналитических определениях можно рекомендовать оценку содержания лишь элементов первого класса опасности (приоритетные токсиканты) или инварианты малых ассоциаций.

Во втором варианте, для прибрежной зоны, следует учитывать ситуационные изменения концентраций, происходящие в цикле шторм – штиль. Относительные (в долях единицы) изменения концентраций приоритетных токсикантов определяются по выражению:

$$\Delta C_i = C_i / C_{\phi} (t_2) - C_i / C_{\phi} (t_1) ; \quad (2)$$

где t_1 – время окончания длительного штиля; t_2 – время окончания шторма; C_i - концентрация приоритетного токсиканта; C_{ϕ} – фоновая концентрация токсиканта.

Фоновые концентрации токсикантов к концу периода длительного штиля должны быть выше, чем после шторма. На поверхности донных отложений при штиле накапливаются тонкодисперсные частицы, являющиеся прекрасными природными сорбентами. Автор неоднократно наблюдал, как во время штиля углубления между крупными рифелями песчаных отложений заполняются илом и пелитовыми фракциями. В разной степени тонкодисперсным материалом заполняются и другие отрицательные формы донного рельефа. Такую особенность накопления седиментационного материала, по нашему мнению, следует учитывать в методике проботбора. Если пробы отбираются с судна с помощью драг или дночерпателей, то реальной картины по гранулометрическому составу наносов, слагающих участок исследований, мы не получаем. Оптимальным

представляется ручной пробоотбор, выполняемый по профилям в легководолазном снаряжении.

Во время шторма верхняя часть донных осадков в пределах деятельного слоя перерабатывается волновым воздействием и течениями. Глубина переработки в зависимости от конкретных природных факторов (уклон дна, очертания изобат, длительность и сила шторма, наличия сгонно-нагонных явлений и др.) может меняться в широких пределах: от первых десятков сантиметров до 1-2 метров. Концентрации токсикантов при этом, как правило, уменьшаются за счет разубоживания верхнего загрязненного слоя относительно чистым минеральным материалом.

Высокие техногенные нагрузки на прибрежно-морскую зону, в том числе за счет субмаринной разгрузки подземных вод, диктуют необходимость более детального изучения экологической обстановки. В прибрежной зоне рекомендуется как минимум двукратное увеличение пробоотбора. На участках максимального загрязнения акватории (крупные города, порты, приустьевые участки крупных рек, рекреационные комплексы), а также в очагах разгрузки загрязненных грунтовых вод масштаб исследований и частота отбора проб выбираются, исходя из реальной обстановки и местных особенностей.

Отдельную группу представляют биологические критерии, используемые для интегральной оценки экологического состояния системы морская вода → донные отложения → поровые воды → подземные воды. Эти критерии учитывают все негативные факторы, влияющие на состояние окружающей гидробионтов среды. К сожалению, биологические критерии пока не имеют государственных стандартов и используются только в научных исследованиях академического плана с участием специалистов-гидробиологов.

Биологические критерии, применяемые для оценки загрязненности природных вод, отличаются большим разнообразием. Чаще всего в практике гидробиологических исследований используются:

1. Критерии, основанные на соотношении числа видов. Значение критериев сопоставляется с индексами сходства Жаккара–Соренсена. Как вариант может быть использован индекс Соренсена–Чекановского [8].

2. Критерии, основанные на соотношении биомасс. Могут вычисляться в вариантах, перечисленных выше автором, с обязательной проверкой статистической значимости определений.

3. Критерий удельного биологического разнообразия (УБР). Определяется индексом УБР и интерпретируется согласно [9].

4. Критерий тест-объекта. С учетом того, что данная методика предназначена для гидрогеологического изучения шельфа, предлагается в качестве тест-объектов использовать представителей зообентоса. При выборе участков исследований рекомендуется убедиться в отсутствии геопатогенных зон – аномалий геофизических полей, повышенных концентраций радона, метана и др.

Критерий тест-объекта вычисляется как $\Delta C_i = C_i(t_2) - C_i(t_1)$, где C_i – концентрации токсиканта на время t_1 и t_2 в мг/кг сухого вещества. В качестве тест-объектов используются организмы-фильтраторы, являющиеся

доминантами первого порядка в донных сообществах. Для определений отбираются одновозрастные (2-3года) образцы. Среди токсикантов определяют три элемента: ртуть, кадмий и свинец. Выбор элементов основан на следующих соображениях: 1) элементы не играют положительной роли в биологических реакциях самого тест-объекта; 2)элементы имеют наибольшую величину биологического периода самовыведения; 3) происхождение элементов в морской воде, как правило, техногенное.

Последний критерий широко используется в Западной Европе под названием «Мидиевого мониторинга». Проводится мидиевый мониторинг в течение нескольких десятилетий на побережьях Великобритании, Испании, Франции, Нидерландов и некоторых других стран. Целесообразность его проведения наиболее очевидна в местах развития марикультуры.

Оценки загрязненности, выполненные с использованием биологических критериев, на первый взгляд выглядят достаточно объективными. Однако в интерпретации результатов наблюдений следует проявлять некоторую осторожность. В первую очередь это касается тяжелых металлов. По свидетельству немецкого гидробиолога С.А. Герлаха [10] мидии нуждаются по меньшей мере в 11 незаменимых микроэлементах (Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, V, Se, Sn), играющих важную роль в функционировании ферментов. Эти элементы накапливаются в них даже при крайне высокой степени их разбавления в морской воде. Очевидно, что в акваториях подверженных литогенному загрязнению, зонах глубоких разломов накопление их происходит еще быстрее. Поэтому, использовать их в качестве индикаторов техногенного загрязнения не корректно.

Как видно из приведенного текста, методы и подходы к оценке экологического состояния морских акваторий весьма разнообразны. Большинство методик не утверждены в качестве официальных документов – государственных или ведомственных стандартов. Соответственно, остается открытым вопрос о достоверности результатов исследований и обоснованности оценок. В такой ситуации, можно полагать, что более объективной оценкой экологического состояния акваторий, при прочих равных условиях, будет считаться та, в которой использовано наибольшее количество взаимодополняющих методов. При этом в каждом методе выполнено статистически значимое количество определений (химических анализов и биотестов). Таким образом, главными показателями достоверности экологических оценок являются: комплексирование методов и статистическая значимость определяемых параметров.

Учитывая сложность и неоднозначность геолого-экологических оценок состояния морской среды и донных отложений, необходимо определить минимально достаточный комплекс экологических наблюдений при изучении гидрогеологии шельфа. Такой комплекс должен включать следующие виды работ:

1. Оценку токсичности разгружающихся и морских вод. Пробы на токсичность отбираются из поровых растворов и в придонном слое воды. Градации токсичности определяются методами биотестирования.

2. Оценку концентраций химических элементов первого класса опасности, содержащихся в верхнем слое донных осадков. Пробы грунта отбираются по сетке в контуре очагов субмаринной разгрузки подземных вод, то есть на геохимическом барьере. Количество определений должно быть достаточным с точки зрения статистической значимости. Далее, вычисляется превышение концентраций токсичных химических элементов над ландшафтными фоновыми.

3. Проведение визуальной оценки состояния макробентосных организмов («угнетенное», «не угнетенное») в пределах контура субмаринной разгрузки подземных вод, а так же их видовой состав. Особое внимание уделяется участкам танаценозов.

По результатам всех перечисленных наблюдений дается предварительная оценка эколого-геологического состояния изучаемых участков прибрежной зоны и шельфа в категориях «благополучное» и «не благополучное». К не благополучным следует относить участки с высокой токсичностью подземных вод и превышением концентраций токсичных химических элементов над фоновыми на уровне $\pm 2\sigma$. В качестве контрольных используются визуальные оценки состояния макробентоса, отражающие следствия длительного воздействия разгрузки загрязненных подземных вод на морскую биоту. Более детальные оценки экологического состояния требуют проведения специальных исследований, выходящих за рамки гидрогеологических наблюдений, то есть в области деятельности морских экологов и биологов. В то же время, представляется целесообразным результаты эколого-геологических и гидрогеологических наблюдений включать в общую информацию об экологическом состоянии прибрежной зоны и шельфа. С этой целью необходимо внести дополнительные изменения в уже созданные в Украине компьютерные программы «Экошельф» и «Логинформ». Эти программы позволяют прогнозировать изменения структуры сообществ морских организмов в результате формирования полей загрязняющих веществ, поступающих в море с береговым стоком (логико-информационная модель) [11]. Таким образом, можно получить данные о доле, вносимой подземными водами, в общем загрязнении прибрежной зоны и шельфа.

Рассматривая проблемы оценки качества (экологического состояния) морских донных осадков Украинского шельфа, вполне логично рассмотреть зарубежный опыт. В первую очередь следует учесть опыт Российской Федерации, имеющей с Украиной общие морские границы и трансграничный перенос загрязняющих веществ. Тем более, что многие нормативные документы создавались совместными усилиями Российских и Украинских ученых, начиная с 80-х годов прошлого века. Авторами методик являются специалисты ведущих научных учреждений. Вот далеко не полный их перечень: Всесоюзный научно-исследовательский институт по охране вод (ныне Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем Минэкоресурсов Украины), Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Гидрохимический институт Росгидромета, институт биологии внутренних вод РАН, Институт экологической токсикологии МПР России, Институт гидробиологии АН

СССР (ныне НАН Украины), Институт биологии южных морей АН СССР (ныне НАН Украины) и многие другие. В результате коллективной работы было создано **«Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов»** утвержденное первым заместителем Министра природных ресурсов Российской Федерации 24.04.2001 года [12]. Полный текст «Руководства» можно найти в интернете на сайт.ru «Библиотека ГОСТОВ, СТАНДАРТОВ И НОРМАТИВОВ».

Согласно «Руководству» методика оценки экологического состояния донных грунтов выглядит в кратком изложении следующим образом:

1. Пробы донных отложений отбирают дночерпателями (модели Океан Петерсена, Экмана, Берджа или другие).

2. Объем отобранных донных проб должен обеспечивать приготовление из них водных вытяжек в количестве, указанном в соответствующих методиках.

3. Для приготовления водной вытяжки пробу донных отложений высушивают до воздушно сухого состояния при температуре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ удаляют остатки растений, камешки и т.д., измельчают в ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 1мм. Затем взвешивают необходимое количество донных отложений и заливают водой в соотношении 1:4. смесь встряхивают в течение 1 часа с помощью встряхивателя. Затем в центрифужном стакане центрифугируют в течении 1,5 минут при 3000 оборотов. После этого надосадочную жидкость сливают и используют для биотестирования.

Для определения токсичности морских вод, донных отложений, сточных вод разной степени солености и отработанных буровых растворов, сбрасываемых в морские акватории, в «Руководстве» рекомендуется использование четырех методик: 1. «Методики биотестирования по угнетению роста одноклеточных морских водорослей *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin». 2. «Методики биотестирования по гибели ракообразных *Artevia salina*». 3. «Методики биотестирования по гибели рыб *Poecilia reticulata* Peters». 4. «Методики биотестирования по снижению уровня биолюминесценции бактерий *Photodacterium phosphoreum* (Cohn) Ford» [12].

Создание Государственных Стандартов - весьма длительная, кропотливая и очень дорогостоящая процедура с привлечением многих высококвалифицированных специалистов, а иногда и целых научно-исследовательских институтов. Так, работа над упомянутым выше «Руководством» продолжалась более 20 лет. В этот период возникает ряд текущих практических проблем, требующих быстрого решения. Для решения неотложных вопросов создаются региональные нормативы. Примером может служить **«Региональный норматив»** разработанный ОАО «Ленморниипроект» по заказу Управления по охране окружающей среды мэрии г. Санкт-Петербурга [13]. Разработка проекта осуществлялась в рамках российско-голландского сотрудничества по программе PSO 95/RF/3/1 «Извлечение и удаление загрязненных донных отложений в Санкт-Петербурге». При разработке норм и критериев загрязненности

донных отложений за основу были приняты нормы и критерии Голландии, предложенные Агентством по охране окружающей среды Голландии (DCMR), центром исследования почв и грунтов (TNO) и фирмой «HASKONING». Создания региональных нормативов широко практикуется в Европе и этот опыт вполне мог бы использоваться в Украине.

В это время в Финском заливе проводились крупномасштабные работы по созданию нового пассажирского порта, намыву площадей для строительства зданий «морского фасада города», углублялись судоходные каналы, строились терминалы нового торгового порта в устье р. Луга и др.. В документе отмечалось, что вводимые нормы и критерии носят временный характер до введения аналогичной регламентации на федеральном уровне. Сотрудничество с Голландией, представляется отнюдь не случайным. Дело в том, что эта страна имеет тысячелетний опыт увеличения своей территории за счет освоения морских мелководий и создания на их месте полей. За многие столетия упорного труда голландцы увеличили площадь своей страны почти вдвое. Отсюда родилась поговорка « Бог создал море, а голландцы землю». Добавим, что мелководные заливы Северного моря с песчаным и берегами и дном типа Зей-дер-Зее почти полная аналогия части Финского залива между о. Котлин и городом, называющейся «Маркизовой лужей».

Создание Государственных и региональных нормативов загрязненности донных отложений безусловно объективная необходимость. Однако она не снимает все проблемы, связанные с экологией морского дна. Остается ряд вопросов с региональным распределением загрязняющих веществ, их влияния на развитие морской биоты, биопродуктивности морей. Некоторые ответы можно найти в интересной монографии Л.А. Беспаловой, посвященной изучению качества донных отложений Азовского моря [14]. По-прежнему остается проблематичной оценка загрязненности трансграничных участков морского дна и сопоставления критериальных оценок принятых в разных государствах. Например, во многих Европейских странах для оценки экологического состояния придонных сред применяют так называемый «индекс антропогенной разгрузки» PLI (Pollution Load Index). Экологическое качество среды в градациях от нуля до десяти вычисляется по формуле [15]:

$$PLI = 10^y ; \quad (3)$$

$$y = (1 - [C_{\text{onc}} - B]) / [T - B]; \quad (4)$$

где: C_{onc} , B , T – зафиксированные (определяемые на каждой станции) базовая, фоновая и пороговая концентрации конкретного загрязнителя.

Не подвергая критике существующие критерии и методы экологического состояния донных осадков, отметим лишь одно – универсального показателя принятого на международном уровне пока не найдено.

В качестве заключения выскажем следующие соображения:

1. Донные отложения в естественном залегании представляют собой определенную систему горная порода ↔ поровый раствор. В системе постоянно происходит обмен веществом, обусловленный процессами

растворения, выщелачивания, диффузии, сорбции и десорбции, и в присутствии органических веществ, осложняемый биохимическими реакциями. При изучении компонентов системы для минеральной части целесообразно проведение механического (гранулометрического), минералогического и спектрального анализов. Для жидкой – проведение химического анализа (определение химического типа разгружающихся подземных вод), и только потом биотестирование водной вытяжки.

2. Донные осадки на территории полейдеров целесообразно исследовать используя экологические критерии разработанные для почв.

3. Экологическое состояние донных осадков на намывных площадях следует оценивать по стандартной методике, изложенной в [12].

4. Донные осадки добываемые как строительный материал (например пески соленой части озера Донузлав в Крыму) следует оценивать по экологическим нормативам и ГОСТам применяемых в Украине для стройматериалов.

5. Для оценки экологического состояния донных осадков в закрытых бухтах, загрязнение которых достигло критического уровня, целесообразна разработка временных региональных нормативов. Такие нормативы должны предусматривать ужесточение законодательных экологических норм и эффективный мониторинг их исполнения.

6. Наиболее сложно решаются вопросы с донными осадками, извлекаемыми при дноуглубительных работах. Как правило, они извлекаются со дна акваторий, подверженных сильному техногенному прессингу. В большинстве случаев экологическое состояние их не удовлетворительное. Оптимальный вариант, после определения характера и степени их загрязнения – складирование на берегу с последующей очисткой. Наихудший вариант, который, к сожалению, часто используется из-за чисто экономических соображений – это дампинг. Сброс в море даже относительно чистых грунтов приводит к полному уничтожению бентосных организмов.

Литература.

1. Дятлов С.Е., Петросян А.Г., Ходаков И.В. и др. Экспериментальная оценка прибрежных вод и донных осадков методами биотестирования. Сб. научных трудов УкрНЦЭМ «Исследование экосистем Черного моря». Вып. 1.– Одесса: Ирэнполиграф, 1994.– С. 141 – 148.

2. Петросян А.Г., Дятлов С.Б., Доценко Т.В. Интегральная оценка качества воды и донных осадков прибрежных районов моря. Труды научно-практической конференции «Экологические проблемы Одесского региона и их решение». – Одесса, 1995. – С. 131 – 135.

3. Петросян А.Г., Скопцова Н.А., Быстрицкая О.А., Рыжко В.Е. Оценка донных осадков методами биотестирования. Комплексное изучение загрязнения мирового океана в связи с освоением его минеральных ресурсов. – Л.: Мингео СССР, 1989. – С. 76 – 83.

4. Игнатъева О.Г., Овсяный Е.И., Романов А. С. Загрязнение седиментов Севастопольской бухты тяжелыми металлами. Геополитика и геодинамика регионов, 2005, вып. 1. – С. 92-95
5. Юровский Ю.Г. К оценке геохимического фона при эколого-геологическом картировании донных отложений прибрежно-морских зон. // Тезисы доклада международной научно-практической конференции «Экологические аспекты загрязнения окружающей природной среды». Часть 1. – К.: 1996. – С. 132 – 133.
6. Юровский Ю.Г. Критерии экологического состояния морских вод и донных осадков. // Сб. научных трудов МГИ НАН Украины «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 1999б. – С. 298 – 306.
7. Юровский Ю.Г., Шкандрий Б.О., Чухлов Б.Г. Выявление разрывных нарушений газогеохимическими методами в прибрежной зоне моря. // Доклады АН УССР. – 1989. – № 10. – С. 28 – 30.
8. Лозанский В.В. Проблемы комплексных оценок качества поверхностных вод и пути их решения. Комплексные оценки качества подземных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С. 6 – 14.
9. Изменение физико-химических свойств морских вод под влиянием загрязнения. // Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 200 с.
10. Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 263 с.
11. Моделирование геохимических процессов в морском прибрежном экотоне / Беляев В.И., Совга Е.Е., Худошина Н.В и др. – К.: Наукова думка, 1993. – 240 с.
12. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. ЗЭФИА, НИА – Природа, Москва 2002.
13. Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив. СПб, 1996.- 13с.
14. Беспалова Л.А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря.. Ростов на Дону, Изд ООО «ЦВВР», 2006. -271с.
15. Кленкин А.А., Павленко Л.Ф., Корконова З.А., и др. Обоснование обобщающего показателя качества экологического состояния донных отложений. Заводская лаборатория. Диагностика материалов №8, 2007, т.73, С.11-14

