

Юровский Ю.Г. Экологическая безопасность прибрежной зоны и субмаринная разгрузка подземных вод // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. МГИ НАН Украины. - Севастополь, «Экоси-Гидрофизика», 2009 – С. 27-38.

УДК 556.3:504.4.054

Ю.Г. Юровский

Украинский Государственный геологоразведочный институт. Крымское отделение

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ И СУБМАРИННАЯ РАЗГРУЗКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В статье рассмотрен опыт изучения субмаринной разгрузки подземных вод с точки зрения экологической безопасности прибрежно-морской зоны. Приведены примеры «естественного» и антропогенного (техногенного) загрязнения прибрежных вод и донных осадков в очагах субмаринной разгрузки. Показаны биологические следствия разгрузки загрязненных подземных вод. На примере Крымского полуострова рассмотрены масштабы выноса подземными водами веществ – загрязнителей в акваторию Черного моря и их вклад в деградацию донных биоценозов.

Проблемы экологической безопасности прибрежной и шельфовой зон приобрели в последние десятилетия особую значимость. В первую очередь это касается закрытых бухт, эстуариев, заливов, а также акваторий внутренних морей. В Украине об актуальности этих вопросов свидетельствует выполнение целого ряда научно-технических проектов, выполняемых Национальной Академией Наук, Государственной геологической службой, Госкомгидрометеорологии и другими организациями. Результаты работ регулярно публикуются в специализированных сборниках, журналах и монографических изданиях. Среди направлений научных исследований главными и самостоятельными являются следующие задачи:

- экологический мониторинг прибрежной и шельфовой зон морей,
- научные основы комплексного использования природных ресурсов,
- разработка новых средств и методов контроля морской среды,
- биотехнологии воспроизводства качества среды и биоресурсов.

В большинстве случаев, в известных нам публикациях рассматривается прямое воздействие антропогенных и техногенных нагрузок на морские воды и донные осадки в виде сброса промышленных и бытовых канализационных стоков, трансформация полей загрязняющих веществ воде и влияние их на развитие прибрежно-морских экосистем.

К сожалению, наименее изученной в экологическом отношении является взаимосвязь подземных и морских вод. Экологические следствия разгрузки подземных вод, в том числе водоносных горизонтов подвергшихся техногенному воздействию в областях питания, в пределах Украинского шельфа практически не исследовались.. Сравнительно мало

изучены и следствия интрузий морских вод в сторону суши. Между тем, в связи с ростом освоения приморских территорий возрастают и техногенные нагрузки на подземную гидросферу. Изменяются балансовые составляющие водообмена суша – море. Увеличивается вынос поллютантов с подземными водами в морские акватории. Наряду с другими причинами, это приводит к экологической деградации прибрежно-морских областей и имеет негативное влияние на экономику побережий. Так, поступление питательных веществ содержащихся в подземных водах, провоцирует цветение морских водорослей, включая вредные их разновидности, загрязняет донные отложения и поровые воды. Исходя из мирового опыта, к наиболее изученным в экологическом отношении следствиям субмаринной разгрузки подземных вод, можно отнести акватории у западного побережья Австралии (лагуна г. Перт) и у южного побережья острова Лонг Айленд (США). Коротко остановимся на этих примерах.

В районе г. Перт (юго-западная Австралия, побережье Индийского океана) в середине 80-х годов XX века были проведены детальные 29 месячные исследования в лагуне по изучению субмаринной разгрузки подземных вод [1]. Они проводились на базе уже существующего большого объема информации относящейся к экологии прибрежной зоны, собранной за последние 20 лет. Основными источниками загрязнения подземных вод в области питания являлись различные отстойники и вносимые в почву удобрения. Масштабы разгрузки грунтового водоносного горизонта (субмаринные источники и разгрузка перетеканием), на протяжении 80 км береговой линии оцениваются в $180 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$. В пробах, отбираемых на литорали и акватории лагуны с борта научно-исследовательского судна, определялись нитраты, силикаты и соленость. Результаты исследований показали, что нитратов и силикатов в 2 – 2,5 раза больше в области разгрузки подземных вод по сравнению с фоновыми, а значения их концентраций хорошо коррелируются с соленостью (Рис.1).

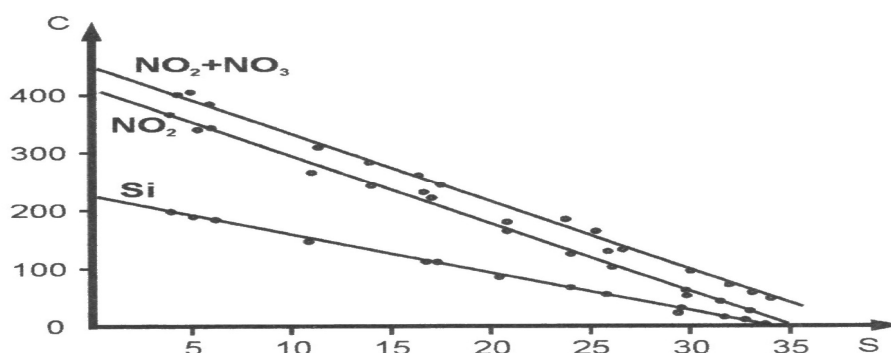


Рис.1. Зависимость концентраций C (мкМ) нитратов и кремния от солености воды S (‰) в зоне субмаринной разгрузки подземных вод в лагуне г. Перт (Австралия) [1].

Экологическое влияние субмаринной разгрузки определялось по росту водорослей. Для определения площади занимаемой макрофитами использовались данные аэрофотосъемки и подводные наблюдения. Выяснилось, что общий приток питательных веществ в лагуну (NO₃, NO₂ и

NH_4) с подземными водами обеспечивает 48% или 208 кг/сут потребляемого количества азота для развития макрофитов. За счет их отмирания в пределы лагуны дополнительно поступает от 29 до 60% азотистых соединений. Таким образом, в лагуне сохраняется баланс потребления и поступления нитратов и буйного развития макрофитов не отмечается. Хорошее развитие макрофитов способствует успешному рыболовству и высокопродуктивному лову омаров. Настораживает экологов лишь постоянный рост концентраций нитратов в подземных водах, связанный с урбанизацией в области питания водоносного горизонта.

В период 25.11 по 06.12. 2000 года на этом же участке многонациональной группой ученых (Австралия, США, Япония, Швеция и Россия) была проведена повторная оценка величины субмаринной разгрузки подземных вод [2]. В комплексе методов применялись измерители инфильтрации («Lee – Туре») и непрерывные измерения радона. Время пребывания подземных вод в водоносном горизонте получено по соотношению $^{224}\text{Ra} / ^{226}\text{Ra}$. Продолжительность водообмена определено в 3,3 суток. Сток подземных вод в море оценивался четырьмя методами, показавшими хорошую сходимость результатов (Таб. 1).

Таблица 1.

Субмаринная разгрузка подземных вод на участке
Кокбурн Саунд ($\text{м}^3/\text{м} - \text{сут}$) [2].

Величина субмаринной разгрузки ($\text{м}^3/\text{м} \text{сут}$)			
Измерители инфильтрации	Изотопы радия	Радон	Моделирование
2,2 – 3,7	3,2	2,0 – 2,7	2,5 – 4,8

Результаты повторных независимых измерений позволили уточнить величину субмаринной разгрузки в лагуну, количество выносимых подземными водами растворенных веществ и выявить степень деградации прибрежных бентосных сообществ.

Негативная экологическая обстановка сложилась в прибрежной зоне о. Лонг Айленд (Нью Йорк, США) вследствие разгрузки загрязненных грунтовых вод. Сам остров может служить примером высокой урбанизации приморских территорий – здесь на сравнительно небольшой площади проживает более 4 миллионов человек. Верхняя часть разреза о. Лонг Айленда представлена гляциальными и флювиогляциальными отложениями мощностью 30 – 40 метров в виде супесей и песков различной крупности, от мелкозернистых до гравийно – галечных. Средняя концентрация нитратов в подземных водах этих отложений превышает 100 мг/л.

В 1982 – 1983 годах Морским научно – исследовательском центром Нью Йоркского университета в Большом Южном заливе проводилось изучение субмаринной разгрузки и содержания нитратов в поровых водах современных морских осадков [3]. Поровые растворы изучались по профилям с глубиной отбора колонок грунта 40см. В большинстве случаев в зоне субмаринной разгрузки подземных вод отмечен рост концентраций нитратов с глубиной при одновременном уменьшении солености (Рис. .2).

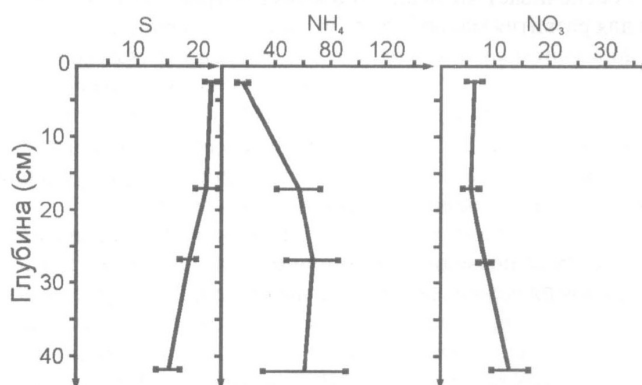


Рис..2. Изменения солености S в промилле, содержания аммиака и нитратов (в миллимолях) в поровых водах донных отложений с глубиной [3].

Связь между соленостью и концентрациями нитратов выражается прямой линией с коэффициентом корреляции 0,925. Объемы поступающих в залив азотных соединений, наряду с другими видами загрязняющих веществ, разрушают сложившиеся донные экосистемы, стимулируя развитие одних видов и подавляя другие виды фитобентоса. Об опасности употребления в пищу морепродуктов добытых в этом районе неоднократно предупреждали санитарные службы штата.

Восточная часть острова Лонг Айленд разветвляется образуя залив Пеконик (Peconic) в котором находится ряд небольших островов, в том числе Шелтер (Shelter Island). С 1985 года один из заливов острова Шелтер (West Neck Bay) стал заполняться вредными быстро растущими водорослями *Aureocjccus snofagefferens* («Коричневый прилив»). В 2002 году в заливе по проекту ЮНЕСКО/МАГАТЭ выполнены специальные исследования. Для установления величины субмаринной разгрузки загрязненных нитратами подземных вод в акваторию залива использовался комплекс методов. В состав методов входило ручное измерение фильтрации с помощью приборов Ли («Lee – type»), устройств для непрерывного измерения инфильтрации («Taniguchi type»), Ультразвуковые измерения. Кроме того, проводились температурные наблюдения, запуски красителей, радиотрассирующие элементы – изотопы радия и радон. Осредненная по всем методам норма инфильтрации (субмаринной разгрузки) составила 0,5 м³/м сут. Таким образом, общий объем субмаринной разгрузки только в бухту острова Шелтер площадью 1,6 км² составляет не менее 800 тысяч м³/сут. Не считая других загрязнителей, вынос нитратов в бухту приблизительно можно оценить в 30 т/год. Распределение величины субмаринной разгрузки по дну бухты неравномерно. Наибольшие ее значения наблюдаются в техногенно нарушенных грунтах, в частности в районе примыкающем к пирсу.

Приведенные примеры изучения субмаринной разгрузки и экологии акваторий с использованием широкого комплекса методов и оригинальных

средств измерений уникальны. В настоящее время их можно считать образцом проведения подобных исследований.

В качестве самостоятельного канала поступления загрязнителей в прибрежные акватории можно рассматривать подрусловый сток. Водосборные площади речных бассейнов практически повсеместно подвержены сильному антропогенному воздействию. Грунтовые воды, дренируемые речными руслами, как правило сильно загрязнены различными химическими веществами. В сельскохозяйственных регионах среди загрязнителей доминируют соединения азота, фосфора и ядохимикаты (пестициды, гербициды, фунгициды). Еще в 1982 году на конференции, посвященной проблемам антропогенного воздействия на качественный состав подземных вод, проходившей в Брауншвейге (ФРГ), нитратное загрязнение было названо «критической проблемой века» [4]. Повышенные концентрации нитратов в подземных водах зафиксированы и на многих участках морских побережий. В нижнерейнской бухте в аллювиальных водах обнаружены концентрации нитратов 41 – 49 мг/л. В береговой зоне штата Делавер (США) питьевые воды содержат 10 – 20, а некоторых случаях и более мг/л нитратов. В дельте реки Эбро (Испания) концентрации нитратов в подземных водах достигают ураганных значений – около 1000 мг/л. Особенно негативно вынос нитратов влияет на экологию бухт, эстуариев и заливов.

В промышленно развитых районах аллювиальные воды загрязнены широким спектром химических соединений и токсичных элементов. Техногенные загрязнители попадают в грунтовые воды вследствие утечек, из мест складирования, свалок технических и бытовых отходов, отстойников и т. д. Особенно широкое распространение приобрели такие загрязнители как тяжелые металлы и их соединения. При этом, в анализе экологической обстановки следует четко различать их генезис. Присутствующие в аллювиальных отложениях и аллювиальных водах тяжелые металлы могут иметь как техногенное, так и литогенное происхождение.

Источником литогенного загрязнения являются минералы распространенные в водосборных бассейнах многих рек Европы, Азии, Америки и Австралии. В их числе встречаются и радиоактивные. Например, кварцевые пляжевые пески Азовского моря на всем протяжении от г. Бердянска до г. Мариуполя содержат темные прослои так называемых «черных песков». Эти прослои состоят в основном из ильменита, амфиболов с примесью пироксенов. В составе темноцветных присутствует и радиоактивный минерал монацит, достигая концентраций 95 кг/м³. Радиоактивный фон черных песков повсеместно повышен, достигая максимальных измеренных значений в 700 мкР.

Литогенное загрязнение донных осадков наблюдается в реке Эклесбурн (Девоншир, Англия) от природного оруденения в верхней части долины. Повышенные содержания свинца и цинка – 1840 и 420 мкг/г соответственно, поступают с продуктами абразии в конус выноса р. Гел (Бельгия). Имеются сведения о загрязнении аллювия и подземных вод рек

Висла, Рейн, Рона, Дунай и др. Наиболее достоверные данные о литогенном загрязнении тяжелыми металлами помещены в таблицу 2.

Таблица 2.

Литогенное загрязнение приустьевых участков рек тяжелыми металлами

Государство	река	Загрязняющие элементы	Источник
Англия	Эклесбурн	Pb, Zn, Cd	Мориарти Г., Хансон Н
Бельгия	Гел	Pb, Zn	Мориарти Г., Хансон Н
Греция	Акнос, Альякмон	Pb, Zn, Mn, Cr, Cd	Саманидос В.
Индия	Ганг, Брахмапутра, Годовари, Кришна, Кавери, Рушакуля	Pb, As	Сабраманин В. и др.
Япония	Реки центральных островов	Ni, Co	Накамура Фумио и др.

Фундаментальным исследованиям загрязнения природных вод, в том числе океанов и морей посвящена работа Дж. В. Мура и С. Рамамурти [5].

К типу литогенного можно отнести ртутное загрязнение в местах струйных газовых выделений на дне Черного моря. Эффект ртутного загрязнения зарегистрирован во время двух рейсов НИС «Профессор Водяницкий» [6]. В 31 рейсе в 1990г было обнаружено, что в поле газовых струй на глубине 67 метров воды придонного слоя имели концентрацию ртути в 7 раз выше фоновой. В 34 рейсе 1999 года, на северо-западном шельфе Черного моря измеренные концентрации ртути в донных осадках и придонном слое поля газовых выделений (глубина 60 – 100м) в три – четыре раза превышали фоновые. Повышенные концентрации ртути так же зафиксированы в выбросах некоторых подводных грязевых вулканов на дне Черного моря [7].

Однако, естественное загрязнение подземных вод не ограничивается тяжелыми металлами. В качестве естественных загрязнителей могут выступать фтор, сероводород, марганец и некоторые другие.

Техногенному (антропогенному) загрязнению присущ очень широкий спектр токсичных веществ и соединений. По масштабам проявления этот вид загрязнения можно разделить на локальное и региональное. Локальные проявления загрязнения подземных вод связаны с разработкой месторождений полезных ископаемых (солей, легко выщелачиваемых руд, нефти и др.), на участках отвалов хвосто- и шламохранилищ. Локальные контрастные ореолы загрязнения образуются у свалок бытовых и промышленных отходов, вблизи химических и нефтеперерабатывающих заводов, на территориях населенных пунктов.

Региональный тип загрязнения грунтовых вод наблюдается на многих сельхозугодьях в связи с внесением органических и химических удобрений, обработкой растений инсектицидами, при проведении гидромелиоративных

работ. К регионально-локальному можно отнести загрязнение территорий крупных приморских городов. Региональное воздействие на грунтовые воды происходит также при выпадении кислотных дождей.

Региональная оценка выноса токсичных веществ подземными водами в прибрежную зону связана характером источников загрязнения (их типом, расположением, мощностью, особенностям миграционных свойств загрязняющих веществ и соединений), а также масштабами взаимодействия подземных и морских вод. То есть она определяется площадью проявления и величиной субмаринной разгрузки подземных вод соотнесенной со степенью их загрязнения. Поэтому, региональную оценку выноса токсикантов целесообразно выполнять основываясь на типизации условий взаимодействия подземных и морских вод. Определенные трудности в региональной оценке экологического состояния грунтовых подземных вод в области их субмаринной разгрузки связаны с локальными очагами загрязнения. Каждый из таких очагов имеет свою специфику в составе токсических веществ и свои масштабы развития ареалов загрязнения. Антропогенные очаги имеют разное происхождение (промышленное, сельскохозяйственное, бытовое, транспортное), неравномерно расположены на побережьях и другие особенности. Покажем это на примере эколого-геологических исследований на Черноморском побережье Крымского полуострова.

Комплексные работы по изучению взаимосвязи подземных и морских вод и экологические оценки выполнялись в девяностых годах и далее дополнялись и уточнялись [8]. В районе развития плейстоцен-четвертичных отложений на севере Тарханкутского полуострова они показали следующее. Из загрязняющих веществ в подземных водах обнаружены фосфогипс, нитратные соединения, ароматические углеводороды, сульфиды железа. Детальные исследования в системе вода ↔ горная порода включали химический анализ водосодержащих грунтов, сухого остатка и отдельно тонких фракций (диаметром менее 0,01 мм). Как оказалось, ассоциации элементов медь, никель, олово, титан, магний и марганец обнаружены во всех элементах системы вода – порода. Германий и цинк только в твердой фазе (грунт, тонкие фракции), кадмий только в тонких фракциях. Фосфор присутствовал во всех водных пробах. Свинец и медь присутствуют во всех фазах. О вариабельности последних двух элементов можно судить по данным приведенным в таблице 3.

Таблица 3.

Характеристика вариабельности концентраций свинца и меди в подземных водах и грунтах плиоцен-четвертичного возраста (прибрежная зона).

Эле - мент	Грунты			Сухой остаток			Фракции менее 0,01 мм		
	X_{cp}	δ	Cv	X_{cp}	δ	Cv	X_{cp}	δ	Cv
Pb 10^{-4}	15,01	10,34	0,686	3,42	1,33	0,388	30,30	7,05	2,328
Cu 10^{-3}	2,20	0,60	0,320	0,43	0,21	0,485	5,01	5,58	1,115

В таблице: $X_{\text{ср}}$ – среднеарифметическое; δ – среднеквадратическое отклонение; C_v – коэффициент вариации. Размерность 10^{-3} соответствует 1 г/дм^3 или 1 г/кг для грунтов.

Наибольшей изменчивостью отличаются тонкие фракции пород, что объясняется их хорошими сорбирующими свойствами. Наоборот, в водных пробах изменчивость концентраций металлов приблизительно одинакова. Максимальные концентрации свинца и меди превышают в этом районе ПДК для почв в 10–12 раз, а на ряде участков побережья (п. Северное, Славное) в 2–4 раза. В тонких фракциях также зафиксированы превышения цинка молибдена и хрома в 2–5 раз над ПДК.

В водных пробах содержание фосфора изменяется в широких пределах, от 0,007 до 0,827 мг/дм^3 . Более чем в 10 раз изменяется содержание нитратов: 9,0–98,3 мг/дм^3 . Средние значения ПДК превышены в 2–4 раза. Однако, из-за низких коллекторских свойств грунтов загрязнение прибрежно – морских вод обусловлено главным образом плоскостным смывом, сбросом неочищенных поливных вод дренажных систем рисовых чеков и, частично, аэрозольным путем. Суммарное поступление загрязняющих веществ в прибрежную зону, особенно фосфора и нитратов, привело к высокой степени евтрофикации кутовой части Каркинитского залива. Поровые воды и придонные слои моря имеют сильный запах сероводорода, бентосная фауна полностью уничтожена.

О высоком уровне загрязнения северной части Тарханкутского полуострова, в том числе береговой зоны, говорится в информационном бюллетене «Состояние геологической среды Украины» за 1991 г [9]. В нем отмечается, что в Раздольненском и Черноморском районах содержание нитратов составляет 2–4 ПДК. В подземных водах также обнаружены пестициды, а коли-индекс достигает 1100, что свидетельствует об опасной бактериологической обстановке. Большое влияние оказывает на подземные воды химическая нагрузка в результате интенсивного применения пестицидов и минеральных удобрений. Так, в северной части Тарханкутского полуострова азотные удобрения вносятся в количестве более 100 кг/га . Дополнительная нагрузка от внесения серы и медного купороса составляет 1,4–2,8 кг/га .

Другая экологическая обстановка сложилась в южной и западной части Тарханкутского полуострова, в районе развития карбонатных отложений мэотис-сарматского возраста. Загрязнение подземных вод нитратами и бытовыми стоками носит локальный характер. Оно проявляется у животноводческих ферм и таких населенных пунктов как Межводное, Черноморское и Оленевка. Опробование колодцев находящихся в непосредственной близости от уреза моря (первые десятки метров) показало, что содержание нитратов значительно меньше ПДК – от 0,2 до 0,6 мг/дм^3 . Области субмаринной разгрузки подземных вод находятся в зоне активного волнового перемешивания и действия волновых и дрейфовых течений. Загрязняющие вещества выносимые в эту область с подземным стоком быстро разубоживаются и уносятся за пределы прибрежной зоны. В отдельных бухтах полуострова разгрузка углеводородных газов

способствует образованию естественных очагов сероводородного заражения. Механизм образования таких локальных явлений рассмотрен в работах [10,11]. Изучение контрастных локальных очагов сероводородного заражения принципиально важно для решения многих задач связанных с экологией прибрежно – морской зоны. Исключение для данного района составляет бухта пгт Черноморское, евтрофикация которой вызвана комплексом причин. Плохое экологическое состояние отдельных частей бухты вызвано как естественными (очаги сероводородного заражения), так и антропогенными факторами (базирование гражданских и военных судов, ливневые и коммунальные стоки).

Загрязнение подземных вод нитратами подземных вод наблюдается в верхней части оз. Донузлав и Альминской низменности, на сельскохозяйственно развитых площадях. Концентрации нитратов в июне 1993г в левом борту долины оз. Донузлав составили 29,9 – 58,4 мг/дм³, аммиака 0,019 – 0,238 мг/дм³. Концентрации нитратов в это же время в районе Орловского водозабора были в пределах 140 – 224 мг/дм³ [9]. Эти и другие данные опробования позволяют нам приближенно оценить вынос нитратов в акваторию моря на отдельных расчетных участках. Расчеты сделаны для сарматского водоносного горизонта, на 1 метр ширины потока (Табл. 4).

Таблица 4.

Количество нитратов выносимых подземными водами в акваторию Черного моря на расчетных участках.

Положение и номер участка	Единичный расход на 1 м поток (м ³ /сут).	Содержание нитратов в пробах (мг/дм ³)	Вынос нитратов на 1м ширины потока (мг/сут)
Левый борт оз. Донузлав, мэотис-сарматский водоносный горизонт.	10	55.6	5560
Левый борт оз. Донузлав, мэотис-сарматский водоносный горизонт	10	58,4	5840
Левый борт оз. Донузлав, мэотис-сарматский водоносный горизонт	6	29,9	1794
Участок 5. Каламитский залив (п. Николаевка), сарматский водоносны горизонт	1,05	224	23520
Участок 4. Каламитский залив (п. Николаевка) сарматский водоносный горизонт	Паводок 12,0	140	13650
	Межень 9,75	224	21840

Загрязнение понт-мэотис-сарматского водоносного горизонта носит комплексный характер. В районе химических заводов г. Саки подземные воды загрязнены марганцем, железом и мышьяком. Береговая зона, а также область питания водоносного горизонта – района развитого земледелия находятся в зоне самых высоких химических нагрузок на почвы от применения азотных удобрений, медного купороса, серы, инсектицидов, фунгицидов, гербицидов. Часть этих токсических веществ сорбируется почвой, часть попадает в подземные воды. В этом районе целесообразна постановка детального геохимического мониторинга и специальных исследований. Только после этого появится возможность достоверной оценки выноса токсических веществ и соединений в акваторию моря.

Отдельным объектом геоэкологических исследований являются конуса выносов рек, где имеются очаги субмаринной разгрузки аллювиальных вод. Очаги разгрузки представлены либо малодобитными субмаринными источниками (Кавказские реки Псоу, Бзыбь), либо площадной разгрузкой в виде интервалов высачивания (Крымские реки юго-восточного побережья). Анализ материалов опробования в замыкающих створах Крымских рек показывает следующее [12]. В верхней части разреза аллювиальных отложений 0 – 10 см наблюдается незначительная изменчивость всех химических элементов, характеризующая в целом заключительную часть паводка. Менее сортированный материал и большие вариации концентраций элементов располагается на глубине 0,4 – 0,7 м от поверхности русла. По отношению к фоновым концентрации свинца изменяются в 10 раз, висмута в 12,7, кадмия в 16, олова в 23,8. В меньшей мере (4,5 – 5,3 раза) изменяются концентрации меди, цинка, бария и мышьяка.

Наиболее неблагоприятными среди рек юго-восточного Крыма выглядят приустьевые части рек Ворон и Улу-Узень. Согласно методическим рекомендациям [13], в отдельных пробах аллювия ПДК по мышьяку превышено здесь в 6 раз, кадмия в 20, свинца в 2,6, меди в 2,0 раза. Превышение этих же элементов в 2 – 5 раз по сравнению с ПДК выявлено и в других реках: Шелен, Андус, Ортаузень, Таракташ. Повсеместно ниже ПДК наблюдаются концентрации никеля, марганца и фосфора.

В конусах выноса речные наносы подвергаются активной волновой переработке, сортировке и разубоживанию морскими. В очагах разгрузки подземных вод выносимые в растворенном виде элементы попадают в область геохимических барьеров. В зоне дисперсии и в придонном слое они смешиваются с морскими, что существенно отражается на уровне концентраций всех элементов. Водное опробование придонных, поровых вод в конусах выноса, а также поверхностных и аллювиальных вод в замыкающих створах показало следующее. В речных водах, в зависимости от фаз водного режима, содержание нитратов изменяется в пределах 1,96 – 23,57 мг/дм³ (р. Ускут) и 5,04 – 24,68 мг/дм³ (р. Ворон). В очагах разгрузки аллювиальных вод в конусах выноса содержание нитратов достигает 30,37 – 44,91 мг/дм³ (реки Ускут, Таракташ, Шелен). Общее количество выносимых нитратов в очагах разгрузки, учитывая паводковый режим,

зарегулированность и пересыхание отдельных рек может значительно меняться, составляя для упомянутых рек величины от 0,2 до 1,6 т/год. Очаги разгрузки также характеризуются повышенным содержанием двух и трехвалентного железа (до 0,276 мг/дм³), брома (до 87,3 мг/дм³) и отчасти бора.

Исследование поверхностных, аллювиальных и поровых вод конусов выноса на приборе «Биотестер – 2» показали, что при общем, сравнительно низком содержании токсических веществ и соединений все природные воды в разной степени токсичны. Наиболее высокая токсичность природных вод выявлена в населенных пунктах Солнечногорское, Рыбачье, Морское, Судак. Различные градации токсичности: от слаботоксичной до сильнотоксичной объясняются комплексированием (реакции синергизма) и реакционной способностью веществ загрязнителей, наличием большого количества органических и минеральных взвесей, являющихся хорошими сорбентами. Большое значение также имеют формы нахождения токсикантов в воде, главным образом тяжелых металлов, а также подвижность этих соединений.

Подводное обследование конусов выноса выявило весьма тяжелые экологические следствия субмаринной разгрузки подземных вод. Наряду с общим загрязнением бытовым мусором, выносимым в паводковые периоды, на значительных площадях в очагах разгрузки практически полностью отсутствует бентосная фауна. На прилегающих к ним участках *Cystoseira barata* угнетена, практически отсутствует *Mytilaster*, многие виды морских улиток (*Bittium*, *Cerithium* и др.), служащие индикаторами состояния донных биоценозов. Локализация очагов субмаринной разгрузки аллювиальных вод в пределах конусов выноса значительно снижает общий негативный эффект попадающих в прибрежную зону токсикантов. Однако, повсеместное тенденция нарастания антропогенных нагрузок в речных долинах южного и юго-западного Крыма вызывает серьезные опасения в региональном экологическом благополучии этой наиболее перспективной для развития рекреации этой части Крымского побережья [14].

Обобщение имеющихся материалов позволяет сделать ряд очевидных выводов.

1. Из всего многообразия проблем, связанных с экологией прибрежной и шельфовой зон, следствия субмаринной разгрузки подземных вод являются наименее изученными. Масштабы самой разгрузки сильно варьируют, достигая иногда значительных величин. Например, для Средиземного моря общий подземный сток составляет 68 км³/год, а вынос солей подземными водами с Европейского континента оценивается в 27,4 млн. т/год [15]. Разгружающиеся подземные воды чаще всего резко отличаются от морских по своим физико-химическим свойствам. Различия наиболее контрастны в очагах с ижекционным механизмом разгрузки сероводородных, термальных и минеральных вод. С одной стороны такие очаги являются необходимым компонентом в формировании сложившегося водно-солевого состава вод морей, с другой стороны, устойчивые аномалии часто губительны для большинства гидробионтов. В первом случае очаги разгрузки – важная

часть автохтонных процессов, во втором – рассматриваются как очаги «естественного» загрязнения.

2. Негативное воздействие субмаринной разгрузки подземных вод на морские организмы достаточно разнообразно. В морях с нормальной океанической соленостью зоны распреснения вызывают угнетение и гибель большинства стеногалинных организмов. Даже в относительно распресненных водах Черного моря в заполнителе грифонов пресных субмаринных источников встречаются раковины погибших *Rapan*, *двустворок* и останки других морских организмов. Еще более тяжелые экологические следствия имеет разгрузка высокоминерализованных подземных вод и углеводородных газов. Высокие концентрации сероводорода, достигающие в тонком придонном слое 102 мг/дм^3 губительно действуют на гидробионтов за счет снижения концентрации растворенного в воде кислорода, а также за счет нарушения так называемого тканевого дыхания [15]. Периодическая активизация аналогичных очагов может являться причиной массовой гибели черноморской мидии на перспективных для массовой добычи банках Тарханкута. Такие участки акватории заведомо не пригодны для развития марикультуры.

3. Феномен субмаринной разгрузки подземных вод и ее биологические следствия нельзя рассматривать без учета антропогенного влияния на подземные воды, учета изменения количества и состава растворенных веществ выносимых в море. Если функционирование очагов естественного загрязнения определяется только гидрогеологическими условиями субаквальных территорий, то антропогенное зависит от степени урбанизации побережий, размещения промышленных объектов, свалок, сельскохозяйственных угодий и других факторов. Изучению этой проблемы за рубежом уделяется большое внимание. Региональное обобщение по загрязнению морских вод и донных отложений обширного участка прибрежной зоны Атлантического океана, от полуострова Новая Шотландия до Чесапикского залива за десять лет (1976 – 1987гг) были выполнены в США. В результате были получены вполне предсказуемые сведения: наибольшее количество загрязняющих веществ приходится на прибрежную зону крупных городов: Нью-Йорка, Бостона, Провиденса, Балтимора и других, а также на долю эстуариев.

4. Малое внимание отечественных ученых субмаринной разгрузке загрязненных подземных вод объясняется вероятно тем, что в условиях прибрежной зоны такие источники считаются второстепенными. Безусловно они имеют подчиненное значение по сравнению с поверхностным стоком, канализационными сбросами, аварийными промышленными выбросами и другими мощными очагами загрязнения. Экологические последствия, обусловленные разгрузкой загрязненных подземных вод, от этого не становятся менее тяжелыми. Правильней было бы рассматривать комплекс причин приводящих к ухудшению экологической обстановки. В частности, рассматривать все негативные факторы влияющие на существование бентосных организмов на том или

ином участке активной разгрузки, оценивая удельный вес каждого источника загрязнения, а также состав токсикантов и пути их миграции.

5. Высокая степень разбавления подземных вод в областях рассредоточенной разгрузки приводит к снижению концентраций токсичных веществ. Однако это вовсе не означает, что они перестают представлять опасность. Многие бентосные организмы обладают способностью накапливать вредные вещества в количествах, превышающие фоновые их значения в воде в сотни и тысячи раз. По данным Д. Куллини содержание ДДТ в тканях устриц по сравнению с окружающей средой возрастает в семь тысяч раз [16]. Проведение специальных экспериментов позволило установить, что содержание в устрицах кадмия и ртути за шесть – семь недель увеличивается в 750 – 916 раз. Аналогичной способностью обладают мидии морские гребешки и другие организмы-фильтраторы. Теоретически, концентрации некоторых токсичных веществ могут превышать в мидиях фоновые в 20 тысяч раз [17]. Указанные выше моллюски представляют собой дорогостоящие морепродукты употребляемые в пищу человеком. Кроме них воздействию токсичных веществ подвергаются и другие представители бентоса: фитобентос, роющие организмы, полихеты и др. входящие в состав донных биоценозов. Деграция прибрежных донных биоценозов подрывает и кормовую базу многих рыб. Таким образом, проблема касается всего рыбохозяйственного комплекса Украины, приводя к серьезным экономическим потерям.

Сказанное выше показывает важную роль морских эколого-геологических (геохимических) и эколого-гидрогеологических исследований. Поведение их особенно актуально для замкнутых морских бассейнов, мелководных морских заливов, бухт и эстуариев. Для объективной оценки выноса токсичных веществ с подземными водами необходима разработка специальных методик, приборов и оборудования. Такие оценки несомненно потребуются при гидрогеологической съемке шельфа любого масштаба. Из наименее экологических значимых в области взаимодействия морских и подземных вод пожалуй можно назвать зоны дисперсии целиком расположенные ниже уровня морского дна, где токсичные вещества остаются захороненными в толще рыхлых осадков. Этот частный, хотя и распространенный вид субмаринной разгрузки очевидно экологически безопасен.

Список литературы.

1. Iohannes R.E., Hern C.J. The effect of submarine groundwater discharge on nutrient and salinity regimes in a coastal lagoon of Perth, Western Australia. *Estuar coast and shelf sci.*, v.21, 6, 1985. – P. 789-800.
2. Burnett W. C., Aggarwal P.K., Aureli A. and others. Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods. *Review. Science of the total Environment*. 367, 2006. – P. 498 - 543
3. Capone D.O., Bautista M.E. A groundwater source of nitrate in near shore marine sediment *Nature*, 313, 5999(1), 1985. – P. 399 – 409.

4. Брилинг И.А. Нитратное загрязнение подземных вод удобрениями. Обзор. М. ВИЭМС, 1985.-52с.
5. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М., Мир, 1987. – 288с.
6. Пасынков А.А. Основные принципы методики поисковых геохимических исследований на газоперспективных участках Черного моря. Збірник наукових праць УкрДГРІ, №3, 2006. – С.54-72.
7. Шнюков Е.Ф. Грязевой вулканизм в Черном море // Геологический журнал, 1999, №2. – С.38 – 47.
8. Юровский Ю.Г. Изучение системы берег – море в северо-западном Крыму. Сб. Научных трудов Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь, 2001. – С.154 – 165.
9. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды Украины за 1991 г. Вып. 12. Изд. Госкомгео Украины, киев,1972. – С. 80 – 84.
10. Лущик А.В., Морозов В.И., Павкин В.П., Юровский Ю.Г. Особенности формирования подземных вод в западной части Равнинного Крыма (на примере бухты Очеретай) // Геологический журнал, 1985, т.45, №3. – С.101 – 107.
11. Юровский Ю.Г., Лущик А.В., Морозов В.И. Субмаринная разгрузка подземных вод и газов на северо-западном побережье Крыма // Доклады АН УССР, 1986, т.272, №3. – С.23 – 26.
12. Юровский Ю.Г., Байсарович И.М. Геоэкологические исследования в замыкающих створах речных бассейнов малых рек (на примере юго-восточного Крыма) // Геологический журнал, №2, 1995. – С.56-60.
13. Володин Д.В., Яковлев Е.А., Почтаренко В.И. и др. Временные методические рекомендации по проведению геолого-экологических исследований при геологоразведочных работах (для условий Украины). ГлавКГУ Укргеология, Киев, 1990. – 87с.
14. Юровський Ю.Г. Субмаринне розвантаження підземних вод у конусах виносу річок південно-східного Криму // Мінеральні ресурси України, №2, 1996. – С.22.
15. Зекцер И.С., Джамалов Р.Г., Месхетели А.В. Подземный водообмен суши и моря. Л., Гидрометеиздат, 1984. – 207с.
16. Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л., Гидрометеиздат, 1985. – 263с.
17. Куллини Д. Леса моря. Л., Гидрометеиздат, 1981. –280с.

Yurovsky Y.G. Ecology safety nearshore zone and submarine groundwater discharge.

