

УДК 613.3:616.9

ВОДА – ВСЕСВІТНІЙ БУФЕР  
ПЛАНЕТИ І ЇЇ

ІМУННА СИСТЕМА

В.В. Гончарук

*Інститут колоїдної хімії і хімії води ім.**А.В. Думанського**Національної академії наук України*

Представлено аналіз фундаментальності планетарного значення води з погляду забезпечення рівноважного стану в системі «біосфера – ноосфера - техносфера». Обґрунтовані буферні властивості води як мінімізатора антропогенних впливів. Показано, що екстраполяція симбіотичних зв'язків популяцій мікроорганізмів у кишечнику і макроорганізму з індивідуального на популяційний і глобальний рівні є основою значимості води як «іммунною системою» біосфери. На думку автора, біотехнологічне моделювання таких зв'язків дозволить зробити революцію в очищенні води, що буде сприяти симбіозу всіх трьох сфер.

**Ключові слова:** вода, макроорганізм, мікроорганізм, біосфера, ноосфера, техносфера

WATER - THE WORLD BUFFER  
OF A PLANET AND IT  
IMMUNE SYSTEM

V.V. Goncharuk

*Institute colloids chemistry and chemistry of  
water of A.V. Dumansky**National academy of sciences of Ukraine*

The analysis of fundamental nature of planetary value of water from the point of view of maintenance of an equilibrium condition in system «biosphere - noosphere - technosphere» is presented. Buffer properties of water for minimisation anthropotechnogenic influences are proved. It is shown, that extrapolation of symbiotic communications of populations of microorganisms in intestines and a macroorganism with individual on populations and global levels is a basis of the importance of water as «immune system» of biospheres. According to the author, biotechnological modelling of such communications will allow to make revolution in water treating that will promote symbiosis of all three spheres.

**Keywords:** water, macroorganism, microorganism, biosphere, noosphere, technosphere

УДК 613.3:502.65

## ВОДА: К ВЗАИМОСВЯЗИ ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ

А.В. Мокиенко

*ГУ «Украинский НИИ медицинской реабилитации  
и курортологии Министерства здравоохранения Украины»,**ГП «Украинский НИИ медицины транспорта»**Министерства здравоохранения Украины, г. Одесса*

## ВВЕДЕНИЕ

Заглавие этой работы на первый взгляд может показаться банальным, ибо такая взаимосвязь является слишком

очевидной, а причины, ее порождающие, слишком несомненны, чтобы подвергать их сомнению. Вместе с тем, опыт работы автора в этой области дает ему определенное право подвергнуть конспективно-

му анализу такую взаимосвязь и взаимозависимость. Поскольку, как можно будет убедиться ниже, расширение уровня знаний о влиянии человека на окружающую среду, которое она возвращает сторицей в виде многокомпонентной деградации человека как первопричины на индивидуальном и популяционном уровнях, обусловит необходимость принятия судьбоносных решений, в том смысле, что они будут определять судьбу цивилизации. В этом смысле, охрана воды как источника жизни во всех ее испостасях, начиная от ее способности быть универсальным растворителем и заканчивая ее важнейшей ролью в сохранении любой биотической компоненты (от амебы до гомеостаза теплокровных), представляется не просто государственной задачей, о чем безуспешно многие годы только декларируется, но фундаментальной, глобальной и стратегической проблемой всего человечества. Примеров этому столь великое множество, что их даже ранжировать не имеет смысла. Размер проблемы здесь весьма относителен. Например, никто не отслеживал, как влияет на морскую биоту гигантский (величиной с штат Техас) остров из мусора в Тихом океане; какова доля появляющихся новых возбудителей в генетических трансформациях, например, орфанных патологиях; вызовет ли возбудитель туляремии в колодце вспышку инфекции; может ли землетрясение в зоне Вранча в Румынии вызвать превращение чумного микроба из сапрофитного, дремлющего безобидного микроорганизма в возбудителя смертельной, а потому особо опасной инфекции.

Поэтому цель настоящей работы состоит в попытке оценки взаимосвязи фундаментальных и прикладных проблем гигиены и медицинской экологии на основе анализа данных литературы и результатов собственных исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, следует отметить мнение Г.Н. Красовского [1] о том, что объединение в применяемом в гигиенических исследованиях термине «эколого-гигиенический» экологии и гигиены является скорее формальным, чем логически обусловленным. Гигиенические критерии вредности веществ выражаются в соответствующих токсикометрических, санитарно-химических и органолептических характеристиках, позволяющих оценить опасность загрязнения для человека, и как главной величине – в гигиенической ПДК вещества в воде. Экологические критерии, в полной мере еще не разработанные, как правило включают в себя токсикометрические параметры веществ для различных представителей водной флоры и фауны и являются основанием для разработки рыбохозяйственных ПДК, близких по смысловому значению к экологическим нормативам для воды водных объектов.

Формально обе системы нормативов объединяет единственное общее звено – направленность на охрану и предотвращение загрязнения поверхностных водных объектов, а именно – использование при расчетах ПДС. Здесь допустимо создание обобщенных перечней, включающих в себя одновременно нормативы всех веществ, установленные как для гигиенических, так и для рыбохозяйственных целей. Представителям санитарной службы при осуществлении предупредительного санитарного надзора в области охраны водных объектов, в частности при согласовании ПДС и других водоохранных мероприятий, во избежание ошибок необходимо в первую очередь исходить из величин гигиенических ПДК и допускать использование рыбохозяйственных нормативов лишь в тех слу-

чаях, когда это не является опасным для здоровья населения, то есть если рыбохозяйственные ПДК ниже гигиенических. Во всех остальных случаях системы имеют самостоятельное значение, не являются взаимозаменяемыми и должны действовать раздельно.

К этому вопросу мы еще вернемся, анализируя результаты проведенных эколого-гигиенических исследований. Памятуя о сказанном выше, в дефиниции «эколого-гигиенических» мы подразумевали неразрывную связь факторов риска, оказывающих прямое либо опосредованное повреждающее влияние как на окружающую среду, так и на человека в ней.

Поэтому наше сообщение будет состоять из двух составляющих – оценки непосредственного влияния на индивидуум и популяцию такого распространенного фактора как питьевая вода и возможного опосредованного воздействия воды поверхностных водных объектов, которые используются в рекреационных и/или бальнеологических целях.

Внимание к обеззараживанию воды как средству обеспечения ее эпидемиологической безопасности мы обратили тогда, когда возникла необходимость обобщения результатов внедрения диоксида хлора в практику водоснабжения населенных пунктов [2, 3]. Уже тогда мы обратили внимание на чрезвычайное обилие публикаций по водно-обусловленным инфекциям, что побудило нас сформировать эти данные, а также некоторые собственные наблюдения в двухтомник «Вода и водно-обусловленные инфекции» [4, 5]. Тогда нами была сделана первая попытка осмысления многофакторности системы «организм - микроорганизм», которая нашла свое отражение в концепции персистирующе - мультивариантного риска

«водных» патогенов. Суть ее сводится в обоснование единства природы мультибиодорезистентности и значимости воды как идеальной среды для формирования субстратов (биопленок), обеспечивающих персистенцию и мультивариантность резистентности бактерий на основе горизонтальной генной передачи [5, 6].

Подтверждением последней является NDM-1 (New Delhi metallo-beta-lactamase) — ген и кодируемый им фермент, обуславливающий резистентность бактерий к практически всем бета-лактамам антибиотикам, включая карбапенемы. Фермент метало-бета-лактамаза из группы бета-лактамаз отличается универсальностью и очень высокой способностью расщеплять различные антибиотики. Из выделенных изолятов в 36 случаях носителями NDM-1 являлись *Escherichia coli* и в 111 — *Klebsiella pneumoniae*, что не исключает передачи этого гена другим микроорганизмам за счет горизонтальной генной передачи [7].

Развивая эту идею, мы предложили концепцию природы мультибиодорезистентности микроорганизмов различных классов, суть которой сводится к двустадийному процессу информационно-пространственного взаимодействия рецептора и субстрата в биопленках на основе фундаментальных положений супрамолекулярной химии [8]. Под биопленками в данном случае подразумевается собирательное понятие этого слова в силу их вездесущности, ибо преобладание биопленок установлено для всех природных экосистем, кроме подземных вод глубокого залегания и глубин океанов, и эти бактериальные популяции определяют существование этих экосистем [9]. Применительно к сути рассматриваемого нами вопроса, это может быть внутренняя поверхность водопроводной

трубы, пластиковые поверхности медицинского инструментария и аппаратуры, организм человека при различных патологических состояниях. Основываясь на данных литературы, можно заключить, что в биопленках происходит обмен различными по природе генами резистентности на мобильных генетических носителях по принципу распознавания и комплементарности.

Основываясь на фундаментальной биомедицинской парадигме гормезиса, согласно которой малые дозы вызывают стимуляцию, а большие ингибирование биологических показателей, в том числе у вирусов и бактерий [10], мы предположили, что хлор в остаточных концентрациях в комплексе с другими факторами оказывает горметическое стимулирующее влияние на рост водных патогенов, внося свой вклад в персистенцию их циркуляции в водной среде и питьевой воде [11-14]. Подтверждением нашей гипотезы являются, в частности, результаты исследований С. Bodet с соавт. [15]: хлор в сублетальных дозах при воздействии на *Legionella pneumophila* вызывает экспрессию синтеза белков, вовлеченных в клеточные механизмы защиты против окислительного стресса, в результате чего формируется адаптация или резистентность к хлору. Аналогичное явление было обнаружено S. Wang с соавт. у *Escherichia coli* O157:H7 [16] и *Salmonella enterica* Enteritidis и *Typhimurium* [17].

Основываясь на нашей концепции единства природы резистентности, можно предположить, что аналогичное явление происходит в системе «(мульти)антибиотикорезистентный микроорганизм — организм человека — патологическое состояние — антимикробная (антибиотико)терапия — образование биопленок на медицинских устройствах — интервенционные стратегии», особенно в

тех распространенных случаях, когда заболевание сопровождается снижением иммунобиологической резистентности.

Обзор К. Lewis (2005) посвящен давней загадке, касающейся жизни и смерти бактериальных популяций, — загадке существования небольшой фракции практически неуязвимых клеток. Подобные клетки (так называемые персистеры) постоянно возникают в популяции, не размножаются, но и не погибают в присутствии бактерицидных агентов. Эти клетки были обнаружены еще в 1944 г., но их природа и механизмы их множественной лекарственной устойчивости (multidrug tolerance, MDT) до последнего времени оставались неясными. Исследования автора показали, что персистеры в значительной степени ответственны за трудности излечения инфекций, вызываемых бактериальными биопленками. К таковым, по данным автора, относят около 60 % всех инфекций на Западе [18].

Обобщение данных зарубежных и отечественных исследователей по влиянию галогенсодержащих соединения (ГСС), как побочных продуктов хлорирования воды, которые традиционно считаются опасными для здоровья, показывает следующее. ГСС, как потенциальные токсиканты и канцерогены, могут вызвать токсический или отдаленный эффект только в том случае, если:

- а) попадут в питьевую воду в значимых концентрациях;
- б) проникнут в адекватно чувствительный организм в результате питья или приеме водных процедур (главным образом ингаляционно);
- в) достигнут органа-мишени;
- г) будут обладать активными молекулами или радикалами;

- д) смогут преодолеть системы антиоксидантной защиты организма;
- е) будут способны вызвать повреждение мембранных и цитоплазматических структур клетки;
- ё) необратимость повреждения запустит механизмы токсических эффектов и генетических трансформаций [19].

Анализ гигиенических и медико-экологических аспектов применения диоксида хлора как средства обеззараживания воды показал следующее [20].

Благодаря непарному числу электронов диоксид хлора является молекулой – радикалом, акцептором электронов и окислителем, в водных растворах находится как молекулярно растворимый газ.

Инактивация бактерий диоксидом хлора обусловлена его высокой окислительной способностью и мономолекулярным состоянием, вследствие чего он легко проникает через мембрану, нарушая трансмембранный градиент и проницаемость за счет ингибирования фосфаттрансфераз и глюкозооксидазы.

При инаktivации вирусов диоксид хлора нарушает репликацию вируса за счет повреждения генома и вызывает деструкцию протеинов вирусного капсида.

Протозооцидная эффективность диоксида хлора сопоставима с таковой для озона: 90 %-ая инаktivация *C. parvum* oocysts при концентрации 1,3 мг/дм<sup>3</sup> за 60 мин и 1 мг/дм<sup>3</sup> за 5 мин соответственно. Поскольку энергия активации для диоксида хлора на шесть единиц превосходит значения для озона, можно предположить идентичность уровней инаktivации *C. parvum* oocyst диоксидом хлора и озоном.

Главный механизм инаktivации диоксидом хлора бактериальных спор

состоит в повреждении внутренней мембраны. Это обуславливает нарушение проницаемости плазматической мембраны проросшей споры, предшественником которой является внутренняя мембрана. Споры, обработанные диоксидом хлора, напоминают споры, обработанные перекисью водорода.

Альгацидный эффект диоксида хлора объясняется повреждением фотосинтетического аппарата, экстрацеллюлярным выведением внутриклеточного содержимого и его последующим окислением.

Диоксид хлора является более эффективным биоцидом для борьбы с биопленками, чем хлор. Вместе с тем, это связано с необходимостью поддержания его остаточной концентрации в распределительных системах для контроля послероста суспендированных и присоединенных бактерий.

Эти данные в полной мере согласуются с результатами исследований M. Exner et al. (2005) [21] по предотвращению и контролю водно-обусловленных инфекций в учреждениях здравоохранения - наиболее эффективным методом удаления и предотвращения биопленок является диоксид хлора.

Ранее нами изучены зависимости «доза-время-эффект» при обеззараживании воды, содержащей эталонные (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*) и мультирезистентные (*P. aeruginosa*, *S. aureus* и грибы рода *Candida*) штаммы возбудителей нозокомиальных инфекций [6, 22]. Установлено, что эталонные штаммы обладают меньшей резистентностью к антимикробным препаратам и диоксиду хлора, что согласуется с данными литературы: для инаktivации эталонных штаммов *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. albicans* эффективная доза диоксида хлора состав-

ляет 0,89 мг/дм<sup>3</sup> при максимальной дозе заражения 10<sup>3</sup> КОЕ/см<sup>3</sup> ( $\chi^2=11,2599$ ; 7,4446; 53,0632 соответственно); для инактивации мультирезистентных штаммов *P. aeruginosa*, *S. aureus* и грибов рода *Candida* наиболее эффективными являются дозы диоксида хлора в диапазоне 0,98 - 1,52 мг/дм<sup>3</sup>. Достоверность различия между влиянием минимальной (0,31 мг/дм<sup>3</sup>) и двух максимальных (0,98; 1,52 мг/дм<sup>3</sup>) доз диоксида хлора на изученные микроорганизмы высокая:  $\chi^2= 14,1907$ ; 14,0675; 25,4983 и 26,7086; 16,2025; 22,6384 соответственно. Показано, что резистентность к диоксиду хлора в изученных дозах эталонных и госпитальных штаммов возрастает в ряду *P. aeruginosa* < *S. aureus* < грибы рода *Candida*. Таким образом, диоксид хлора в дозах 0,98 - 1,52 мг/дм<sup>3</sup> является эффективным и надежным средством обеззараживания воды как возможного источника нозокомиальных инфекций, что свидетельствует о необходимости проведения исследований по оценке эффективности диоксида хлора при дезинфекции медицинского инструментария, оборудования, поверхностей, аппарата «искусственная почка» [23].

Результаты проведенных интегральных исследований свидетельствуют: диоксид хлора обеспечивает эпидемическую безопасность питьевой воды вследствие высокого биоцидного действия и является токсикологически безвредным как в контексте влияния на организм лабораторных животных, так и по отношению к гидробионтам при сбросе обеззараженных сточных вод [6].

К сказанному следует добавить: если учесть результаты проведенных нами токсиколого-гигиенических исследований относительно экспрессии образования оксида азота в лимфоидных элементах селезенки под влиянием диоксида хлора, хлоритов и хлоратов и, в

результате, повышении их агрессии, можно прийти к выводу о возможном иммуностимулирующем влиянии диоксида хлора и его производных в этих концентрациях. Вероятно, это следствие эффекта гормезиса, в результате которого клетки увеличивают продукцию цитопротекторных и укрепляющих белков, антиоксидантных ферментов и белковых носителей. Это позволяет предположить следующее: диоксид хлора в изученной концентрации можно рассматривать не только как средство, минимизирующее эпидемический риск при потреблении питьевой воды, но в определенной степени как иммуномодулятор, что, безусловно, требует проведения глубоких биохимических и иммунологических исследований. Здесь следует отметить, что Джим Хамбл последние годы успешно практикует применение водного раствора диоксида хлора для лечения многих заболеваний, включая онкопатологию.

Наш переход от питьевых к рекреационным и поверхностным лечебным минеральным водам следует считать вполне объяснимым, если учесть наличие целого спектра водно-обусловленных заболеваний, вызванных использованием морской среды, так называемых талассогений [24-26].

Обобщение результатов аналитических и экспериментальных исследований природных лечебных ресурсов (ПЛР) (рапы и пелоидов) причерноморских лиманов подчеркивают необычайную актуальность принятия срочных мер по охране курортных территорий с их запасами ПЛР в целом, и лиманов, в частности [27]. Мы сконцентрировали свое внимание именно на лиманах. Не столько по причине их географической близости, сколько в связи с общеизвестным фактом возрастающей уязвимости лиманов, как поверхностных водных объектов, к антропогенному

воздействию. Поэтому мы сочли необходимым дать конспективную оценку биологической контаминации прибрежных вод морей, эстуариев, лиманов и краткую эколого-гигиеническую характеристику стойких органических загрязнителей (СОЗ) как контаминантов водной среды, поскольку эти вопросы в отечественной литературе освещены недостаточно [27].

Анализ ретроспективных эколого-гигиенических исследований некоторых причерноморских лиманов показал с одной стороны, глубину изучения вопросов загрязнения определенными поллютантами, с другой – отсутствие целостной системы контроля, что не позволяет разработать стратегию их защиты от загрязнения.

В силу целого ряда причин мы уделили более пристальное внимание Шаболатскому (Будакскому) лиману. Это обусловлено как недостаточной изученностью этого объекта (последнее систематическое исследование датируется 1982 годом), так и рядом специфических обстоятельств, суть которых сводится к напряженности экологической и санитарно-эпидемической ситуации на этой территории. Речь идет о масштабных экологических катастрофах с массовой гибелью биоты лимана в 1992 и 2002 гг. (источники которых не установлены) и вспышках холеры в 1986, 1994 и 1995 гг.

Анализ эволюции наших взглядов на характер и причины загрязнения лимана позволил обнаружить некоторые фундаментальные и прикладные аспекты этой проблемы.

Из рапы и пелоидов лимана нами выделена условно-патогенная микробиота как следствие антропогенного загрязнения необработанными сточными водами. Вместе с тем, анализ показывает, что эта проблема значительно глубже и серьезнее. Еще в 1982 г. [28] опубликова-

ны результаты исследований о влиянии загрязнения морской воды на жизнедеятельность патогенных и санитарно-показательных бактерий. Установлено, что отдельные участки прибрежных вод Черного моря (то есть зон, непосредственно граничащих с причерноморскими лиманами) могут характеризоваться значительным, превышающим ПДК и санитарные требования, химическим и микробным загрязнением. При этом, ПАВ и нефтепродукты в концентрациях, превышающих ПДК в 10 и более раз, могут стимулировать размножение патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов, удлинять сроки их выживания в морской воде. Эти вещества способствуют повышению устойчивости сальмонелл к воздействию факторов окружающей среды путем изменения вирулентности, культуральных, биохимических и серологических свойств. Авторы приходят к обобщающему выводу, что в прибрежных морских водах при коли - индексе больше 1000, а также при показателях загрязнения воды ПАВ и нефтепродуктами, превышающих их ПДК в воде в 10 и более раз, общепринятые критерии эпидемической безопасности воды – коли - индекс и общее количество микроорганизмов – могут утрачивать свое индикаторное значение, в связи с чем необходимо непосредственное определение в воде патогенных энтеробактерий.

В рапе и пелоидах Шаболатского (Будакского) лимана после идентификации признаков залпового загрязнения в марте 2011 года нами выявлено превышение в 2-3 раза ПДК нефтепродуктов, в 2 раза ПДК кадмия. Следует также отметить, что содержание таких металлов как цинк, свинец, медь, хром в пробах рапы этого лимана в ходе мониторинга 2011-2012 гг. (то есть после сброса) хотя и не достигало соответствующих ПДК,

но практически на порядок превышало значения, выявленные в этих же точках отбора в 2010 году. А также нельзя не обратить внимание на превышение в 1,5 - 2 раза концентраций полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пробах рапы и пелоидов за март и апрель 2011 г.

Исследования СОЗ свидетельствуют о персистирующем характере антропогенного загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), вероятным источником которого являются как низко-, так и высокотемпературные (пиролитические) процессы. По суммарной концентрации ПХБ рапа лимана умеренно загрязнена, при этом наличие в рапе лимана ПХБ № 118,101 свидетельствует о «старом» источнике загрязнения лимана. Донные отложения по содержанию ПХБ не превышают нормативные уровни, но их следует рассматривать как источник вторичного загрязнения рапы ПХБ. При исследовании хлорорганических пестицидов (ХОП) установлено, что значение коэффициентов ДДТ/ДДЕ во всех точках отбора проб рапы лимана указывают на относительно недавнее загрязнение; значение соотношений коэффициента линдан/α ГХЦГ в пробах рапы меньше единицы, а в пробах донных отложениях больше единицы в 3 - 4 раза, что также позволяет судить о свежем поступлении этих пестицидов в водный объект. Согласно зарубежным нормативам, содержание ДДТ в пробах донных отложений превышает допустимое.

К нашей проблеме это имеет непосредственное отношение, поскольку в 2010 г. в летние месяцы мы фиксировали возрастание концентрации нефтепродуктов, не достигающее ПДК, а в 2011 г. установлено превышение вдвое ПДК нефтепродуктов в пробах рапы, отобранных в марте, совпадающее со сбросом сточных вод, о котором упоминалось

выше. Источником нефтепродуктов в данном случае могут быть несанкционированные сбросы льяльных нефтесодержащих вод с судов в Днестровском лимане. Несмотря на то, что выявленное нами загрязнение нефтепродуктами значительно ниже тех уровней, которые могут оказывать стимулирующее влияние на микробиоту, а концентрации СОЗ и тяжелых металлов находились в пределах ПДК, в этой ситуации следует учитывать два обстоятельства. Первое: низкие концентрации ксенобиотиков и слабое бактерицидное действие пелоидов могут оказывать стимулирующее, так называемое горметическое влияние на микробиоту [10], а также, по-видимому, вызывать генетические трансформации микроорганизмов, в результате которых классический патоген *Vibrio cholerae* (вероятность персистенции которого после вспышек холеры достаточно высока) в результате многочисленных пассажей в рапе и пелоидах преформировался в непатогенный вибрион *V. diazotrophicus* (непатогенность которого также весьма гипотетична, поскольку выделен он на Украине впервые). Второе: пелоид, как коллоидная система, представляет собой адекватный субстрат для горизонтальной передачи генов резистентности и вирулентности между различными представителями аутохтонной, санитарно-показательной, условно-патогенной и патогенной микробиоты [5].

Комментируя результаты проведенных нами исследований биологической контаминации лимана и экотоксикологической оценки рапы и пелоидов, следует отметить следующее.

1. Отсутствие единой системы мониторинга в виде постоянного контроля содержания загрязнителей в ПЛР и, поэтому, целостной картины истинной ситуации.



2. Существующее аппаратное и методическое обеспечение экологической и санитарно-эпидемиологической служб абсолютно не соответствуют возросшим требованиям к проведению исследований в рамках эколого-гигиенического мониторинга, в том числе с точки зрения чувствительности используемых методик.

Подтверждается это следующими фактами. В 2012 г. мы не обнаружили в пробах рапы и пелоидов Шаболатского (Будакского лимана) патогенных кишечных вирусов. На первый взгляд это свидетельствует, в определенной степени, о благополучии санитарно-эпидемической ситуации. Однако, следует иметь в виду, что источник загрязнения (каналы Будак-1 и Будак-2) не ликвидирован, а несанкционированные сбросы в Днестровский лиман продолжают. Говорить о санэпидблагополучии в данном случае преждевременно еще и потому, что сравнивать полученные данные не с чем. Результаты санитарно-вирусологического мониторинга показывают, что с 2003 г. по 2010 г. катастрофически упало число исследованных проб (от 166 до 6). Фактически, наиболее показательным является 2003 г., когда изучались все кишечные вирусы при достаточно репрезентативном числе проб рапы. Вместе с тем, эти данные подтверждают сходство тенденции к колебаниям уровней загрязнения морской и лиманной воды, что соответствует признанной общности геологической и гидрохимической структуры морей и лиманов как водных объектов.

Поэтому вполне уместна параллель между этими результатами с ретроспективными данными для морской (лиманной) воды Одесской области, согласно которым уровни контаминации ротавирусами (РВ), энтеровирусами (ЭВ), вирусом гепатита А (ВГА), аденовирусами (АдВ), реовирусами (РеВ), астровиру-

сами (АстВ), норовирусами (НВ) колебались в значительных пределах, достигая в отдельные годы весьма значительных величин. Так, ВГА в 1994 г. был обнаружен в 39,5% проб, АдВ в 1998 г. – в 43%; в 2002 г. РВ, АдВ и РеВ выявлены в 56, 49 и 62 % проб соответственно [6].

Комментируя полиморфизм результатов санитарно-паразитологических исследований проб воды открытых водоемов Одесской области (2000 - 2011 гг.) мы сочли необходимым обратить внимание на два обстоятельства. Первое: тенденция к росту числа проб и анализов сопровождается относительной стабильностью %% позитивных проб. Второе: при недостаточной чувствительности метода выявления возбудителей процент позитивных находок цист *Cryptosporidium spp.* (27,9 %) (как наиболее эпидемически значимых паразитарных возбудителей) сопоставим с результатами иммуномагнитной сепарации с применением моноклональных антител. Это косвенно подтверждает необходимость оптимизации методик идентификации паразитарных контаминантов в водных объектах.

В полной мере это касается и микобактерий туберкулеза. То, что мы их не обнаружили на средах накопления, ничего не доказывает, поскольку данный метод не отличается чувствительностью при выделении этих возбудителей из объектов окружающей среды. Об этом свидетельствуют результаты исследований причин эндемичности паратуберкулеза, возбудителем которого является *M. avium subsp. paratuberculosis* (прибрежная область Кардифф, Южный Уэльс, Великобритания). Установлено наличие этих микобактерий в реке Taff в тридцати одном из 96 ежедневных образцов (32,3 %). Параллельные исследования показали, что *M. avium subsp. paratuberculosis* оставался культурабель-

ным в воде озера в течение 632 - 841 дня, а в осадке бассейна реки микобактерии депонировались в течение 50 лет [29].

Обсуждая результаты экотоксикологических исследований, следует обратить внимание на более значимое снижение выживаемости тест-объекта *Artemia salina* в водных экстрактах донных отложений по сравнению с результатами биотестирования проб рапы, а также, что более важно, тенденцию к снижению показателя выживаемости науплиусов *A. salina* в пробах рапы и пелоидов Шаболатского лимана (наиболее загрязненных) [30].

В связи с этим, мы не случайно привели результаты предшествующих доклинических исследований на экспериментальных животных (белые крысы), согласно которым при проведении процедур с рапой Будаковского лимана (точка 2) крысы вели себя агрессивно, хвосты животных приобрели синюшную окраску, поэтому исследование было прекращено, а вследствие аппликационного воздействия пелоидов точки 1 (Шаболатский лиман) у животных увеличивалась продолжительность медикаментозного сна, что связано с угнетением метаболических процессов в печени и свидетельствует о снижении ее антитоксической функции.

Сопоставление этих данных подтверждает мнение Г. Н. Красовского (1992, 2000): констатация общей закономерности токсических воздействий при различиях конкретных величин ПДК (высокотоксичные для человека вещества токсичны и для животных, и для растений, и для гидробионтов) [31], не отменяет, а предполагает следующее: не может быть единой системы эколого-гигиенических ПДК, поскольку биологическая основа экологических и гигиенических нормативов существенно различ-

на; чувствительность человека и гидробионтов ко многим химическим веществам неодинакова; социально-экономическая роль экологических и гигиенических нормативов несопоставима [1].

Полученные данные дополняют наше убеждение, сформировавшееся в процессе выполнения этих исследований:

1. Первичный эколого-гигиенический мониторинг водного лечебного объекта предполагает комплексный интегральный подход к проведению исследований на современном методическом уровне.
2. При нормировании качества рапы и пелоидов приоритетными являются гигиенические критерии вредности, прежде всего потому, что лиман следует рассматривать не просто как поверхностный водный объект, но как источник ценных природных лечебных ресурсов [27].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Состояние качества воды в Украине, начиная от водных ресурсов до воды в кране потребителя, неоднократно обсуждалось как критическое, поэтому не требует дополнительных комментариев. По нашему мнению, это объясняется тем, что основные пути преодоления этой проблемы четко не сформулированы.

Прежде всего, необходимо тщательно определить этиологию водно-обусловленных болезней, которая подробно изложена в последних руководствах ВОЗ (Guidelines for drinking water quality, 2004, 2011), сосредоточив внимание на изученных крайне недостаточно (*Campylobacter spp.*, диарреогенные *E. coli*, *Non-tuberculous mycobacteria*, *Cyanobacteria spp.*, вирус гепатита E,

астровирусы, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia intestinalis*).

Поскольку наша гипотеза относительно адаптивно - стимулирующего влияния хлора (преобладающего средства обеззараживания воды) на микроорганизмы в регламентированных остаточных концентрациях (0,3 – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) базируется на фундаментальных молекулярно-генетических исследованиях зарубежных ученых, целесообразно проверить ее правильность. Подразумевается следующее:

- а) микробиологическая оценка воды на этапах водоподготовки и в системах централизованного хозяйственно - питьевого водоснабжения с учетом сублетальности хлора, изменения, вследствие этого, культуральных, биохимических и вирулентных свойств санитарно-показательных, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов и их реактивации;
- б) эпидемиологические исследования взаимосвязи водно-обусловленной заболеваемости населения с потреблением воды, которая отвечает нормативным требованиям по остаточному активному хлору и санитарно-микробиологическим показателям;
- в) молекулярно-генетическое типирование обеззараженных хлором лабораторных и «диких» штаммов микроорганизмов;
- г) вирусологические исследования возможного влияния хлора на реассортацию (перегруппировку) генов у эпидемически опасных кишечных вирусов (гепатит А, ротавирус, энтеровирусы, норовирусы, аденовирусы, др.).

Следует также обратить внимание, что повсеместное использование хлора для обеззараживания воды, а также хлорсодержащих (и других) биоцидов

в быту является типичным примером негативного антропогенного прессинга на биосферу, следствием чего являются рост (количественный и качественный) генетически модифицированной, в том числе оппортунистической и патогенной, микробиоты. Учитывая принципиальное различие темпов эволюции микроорганизмов и макробиоты (человека на индивидуальном и популяционном уровнях) это приводит к существенному дисбалансу в биосфере, в том числе с точки зрения неизвестных инфекционных болезней, которые вносят неминуемый вклад в рост генетических трансформаций среди населения, например, орфанных патологий.

Сформулированные векторы исследований микробиологического качества воды имеют целиком конкретную практическую направленность. В результате решения этих вопросов мы можем получить дополнительное обоснование необходимости внедрения более эффективных технологий обеззараживания воды и/или комбинирования хлора с другими окислителями (например, диоксидом хлора) [32].

С нашей точки зрения, наиболее адекватное решение этих важных вопросов качества воды и ее обеззараживания на современном научном и методическом уровне возможно после создания межведомственного референтного Национального центра воды, как консолидирующего органа привлечения всего научного потенциала к решению различных задач, начиная от гидробиологии и заканчивая внедрением определенных технологий под конкретные проблемы водоснабжения и водоотведения. Создание Национального центра воды будет содействовать развитию таких важных наук, как гигиена и экология водоснабжения и водоотведения, внедрению в практику современных методов очистки

и обеззараживания воды, опираясь на фундаментальные исследования ее химических, физических и биологических свойств. Результирующей этой работы должно быть законодательное и нормативное регулирование всех вопросов качества воды.

Следует считать необходимым развитие нового научного направления «Рекреационная экогигиена» как комплекса фундаментальных и прикладных аспектов различных областей знаний, прежде всего гигиены окружающей среды, экологии, курортологии и других наук. Основные задачи этого научного направления:

- изучение источников и уровней антропогенного загрязнения курортных ресурсов,
- разработка и внедрение системы мониторинга загрязнения курортной среды,
- исследование влияния загрязнения на лечебно-оздоровительный потенциал курортов и здоровье рекреантов и местного населения,
- эколого-гигиеническое нормирование загрязнителей в курортных ресурсах, гигиеническое обоснование развития новых перспективных курортных зон,
- разработка программы мероприятий по минимизации и предотвращению загрязнения курортной среды.

С целью межведомственной интеграции научных и практических работ в этом направлении и решения основных проблем охраны курортов от загрязнения представляется необходимым создание межведомственного научно-практического центра по экогигиене курортов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Следует признать настоятельную необходимость тесной взаимосвязи фундаментальных и прикладных исследований в области гигиены и экологии воды при условии проведения первых в контексте глубокого изучения микробиологических, молекулярно-генетических и эпидемиологических проблем питьевой воды, рекреационных и минеральных вод и реализации вторых путем внедрения альтернативных, в том числе комбинированных технологий обеззараживания воды и создания государственной программы «Рекреационная экогигиена» как основы сохранения природных лечебных ресурсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский Г. Н. Гигиенические и экологические критерии вредности в области охраны водных объектов / Г. Н. Красовский, Н.А. Егорова // Гигиена и санитария. – 2000. – № 6. – С. 14 – 17.
2. Петренко Н. Ф. Гігієнічне обґрунтування застосування діоксиду хлору у технологіях водопідготовки : дис. ... канд. біол. наук: 14.02.01 / Петренко Наталія Федорівна. – К., 2002. – 164 с.
3. Петренко Н. Ф. Диоксид хлора: применение в технологиях водоподготовки / Н. Ф. Петренко, А. В. Мокиенко // Одесса: Изд-во "Optimum", 2005. – 486 с.
4. Мокиенко А. В. Вода и водно-обусловленные инфекции / А. В. Мокиенко, А. И. Гоженко, Н. Ф. Петренко, А. Н. Пономаренко / Одесса: «Лерадрук». – 2008. – Т. 1. – 412 с.

5. Мокиенко А. В. Вода и водно-обусловленные инфекции / А. В. Мокиенко, А. И. Гоженко, Н. Ф. Петренко, А. Н. Пономаренко / Одесса: ООО «РА «АРТ-В». – 2008. – Т. 2. – 288 с.
6. Мокиенко А. В. Эколого-гигиенические основы безопасности воды, обеззараженной диоксидом хлора: дис. ... доктора мед. наук: 14.02.01 / Мокиенко Андрей Викторович. – К., 2009. – 348 с.
7. Characterization of a New Metallo- $\beta$ -Lactamase Gene, blaNDM-1, and a Novel Erythromycin Esterase Gene Carried on a Unique Genetic Structure in *Klebsiella pneumoniae* Sequence Type 14 from India / D. Yong, M. A. Toleman, C. G. Giske [et al.] // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2009. – V. 53, N 12. – P. 5046–5054.
8. Мокієнко А.В. Стійкість бактерій як міждисциплінарна проблема. Механізм формування адаптивної мультирезистентності бактерій до біоцидів із погляду фундаментальних основ супрамолекулярної хімії / А.В. Мокієнко, Н.Ф. Петренко, А.І. Гоженко // Вісник Національної академії наук України. – 2010. – №8. – С. 49–56.
9. Microbial biofilms / J. W. Costerton, Z. Lewandowski, D. E. Caldwell [et al.] // *Annu. Rev. Microbiol.* – 1995. – V. 49. – P. 711–745.
10. К обоснованию гормезиса как фундаментальной биомедицинской парадигмы (обзор литературы и результатов собственных исследований) / Л.М. Шафран, А.В. Мокиенко, Н.Ф. Петренко [и др.] // *Современные проблемы токсикологии*. – 2010. – №2–3. – С. 13–23.
11. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды: к анализу вклада в эволюцию адаптивной мультирезистентности водных патогенов / А.В. Мокиенко, Н. Ф. Петренко // *Східноєвропейський журнал громадського здоров'я*. – 2011. – №1 (13). – 160–161.
12. Мокиенко А.В. Гормезис и мультирезистентность бактерий: к анализу вклада в эволюцию эпидемического процесса / А.В. Мокиенко // *Тези доповідей XV з'їзду мікробіологів, епідеміологів, паразитологів України «Проблеми та еволюція епідемічного процесу і паразитарних систем провідних інфекцій сучасності»*, Харків, 23-25 листопада 2011 р. – С. 46.
13. Мокиенко А.В. Гормезис как пусковой механизм регуляторных мутаций и его роль в формировании мультирезистентности бактерий / А.В. Мокиенко, Н.Ф. Петренко // *Современные проблемы токсикологии*. – 2011. – № 5. – С. 47.
14. Мокієнко А.В. Хлорування води: незараження або адаптивність, інактивація чи стимуляція? / А.В. Мокієнко, А.І. Гоженко, Н.Ф. Петренко // *Вісник національної академії наук України*. – 2012. – №11. – С. 32–40.
15. *Legionella pneumophila* transcriptional response to chlorine treatment / C. Bodet, T. Sahr, M. Dupuy [et al.] // *Water Research*. – 2012. – V. 46, N 3. – P. 808–816.
16. Transcriptomic response of *Escherichia coli* O157:H7 to oxidative stress / S. Wang, K. Deng, S. Zaremba [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2009. – V. 75, N 19. – P. 6110–6123.
17. Transcriptomic responses of *Salmonella enterica* serovars *Enteritidis* and *Typhimurium* to chlorine-based oxidative stress / S. Wang, A.M. Phillippy, K. Deng [et al.] // *Applied and Environ-*

- mental Microbiology. – 2010. – V. 76, N 15. – P. 5013 – 5024.
18. Льюис К. Персистирующие клетки и загадка выживания биопленок / К. Льюис // Биохимия. – 2005. – Т. 70, Вып. 2. – С. 327 – 336.
19. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 1. Хлор и его соединения / А.В. Мокиенко, Н.Ф.Петренко, А.И. Гоженко // Одесса : ТЭС, 2011. – 484 с.
20. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 2. Диоксид хлора / А.В. Мокиенко, Н.Ф.Петренко, А.И. Гоженко // Одесса : ТЭС, 2012. – 604 с.
21. Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities / M. Exner, A. Kramer, L. Lajoie [et al.] // Am. J. Infect. Control. – 2005. –V. 33. – P. 26 – 40.
22. К обоснованию применения диоксида хлора для обеззараживания воды в системах госпитального водоснабжения в контексте профилактики нозокомиальных инфекций / А.В. Мокиенко, В.А. Пушкина, Н.Ф. Петренко [и др.] // Зб. наук. праць головного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України «Сучасні аспекти військової медицини». – К., 2010. – С. 285 – 292.
23. Диоксид хлора как средство профилактики нозокомиальных инфекций / А. В. Мокиенко, Н. Ф. Петренко, А. И. Гоженко [и др.] // Аналі Мечніковського інституту. – 2006. – № 4. – С. 34 – 37.
24. Shuval H. Estimating the global burden of thalassogenic diseases: human infectious diseases caused by wastewater pollution of the marine environment / H. Shuval // J. Water Health. – 2003. – V.1. – P. 53 – 64.
25. Мокиенко А. В. Талассогении: к оценке биологической контаминации прибрежных морских вод / А. В. Мокиенко, Н.Ф. Петренко // Зб. мат-лів міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічні проблеми Чорного моря». – Одеса, 2011. – С. 76 – 81.
26. Мокієнко А.В. Мікробіологічні та епідеміологічні аспекти біологічної контамінації прибережних вод морів, естуаріїв, лиманів / А.В. Мокієнко // Причерноморський екологічний бюлетень. – 2012. – №4. – С. 173 – 181.
27. Причерноморские лиманы: гигиенические и медико-экологические аспекты сохранения природных лечебных ресурсов / Под ред. А.В. Мокиенко, Е.М. Никипеловой, К.Д. Бабова. – Одесса, ТЭС. – 2012. – 274 с.
28. Талаева Ю. Г. Влияние загрязнения морской воды на жизнедеятельность патогенных и санитарно-показательных бактерий / Ю. Г. Талаева, Ю. А. Рахманин, Ю. Н. Никитина // Гигиена и санитария. – 1982. – № 1. – С. 9–12.
29. Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in the Catchment Area and Water of the River Taff in South Wales, United Kingdom, and Its Potential Relationship to Clustering of Crohn's Disease Cases in the City of Cardiff / R. W. Pickup, G. Rhodes, S. Arnott [et al.] // Applied and Environmental Microbiology. – 2005. – V. 71. – N 4. – P. 2130–2139.
30. Мокиенко А.В. Биотестирование рапы и водных экстрактов донных отложений Шаболатского (Будакского) лимана / А.В. Мокиенко, С.Е. Дятлов, А.В. Кошелев // Причерноморський еколо-

гический бюлетень. – 2012. – №4. – С. 155 – 159.

31. Красовский Г. Н. Гигиеническое нормирование качества воды: становление и перспективы / Г. Н. Красовский, З. И. Жолдакова // Гигиена и санитария. – 1992. – Вып. 10. – № 9– С. 18–21.
32. Петренко Н.Ф. Особливості дослідження і впровадження послідовної комбінованої дії діоксиду хлору та хлору для знезараження питної води / Н.Ф. Петренко // Гігієна населених місць. – 2011. – Вип. 58. – С. 116 – 122.

**Ключевые слова:** вода, гигиена, экология, взаимосвязь

УДК 613.3:502.65

ВОДА: К ВЗАИМОСВЯЗИ  
ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ

*А.В. Мокиенко*

ГУ «Украинский НИИ медицинской реабилитации и курортологии Министерства здравоохранения Украины», ГП «Украинский НИИ медицины транспорта» Министерства здравоохранения Украины, г. Одесса

Представлен конспективный анализ взаимосвязи гигиены и экологии воды как основы фундаментальных и прикладных исследований в этой области.

**Ключевые слова:** вода, гигиена, экология, взаимосвязь

УДК 613.3:502.65

ВОДА: ДО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ  
ГІГІЄНИ Й ЕКОЛОГІЇ

*А.В. Мокієнко*

ДУ «Український НДІ медичної реабілітації і курортології Міністерства охорони здоров'я України», ДП «Український НДІ медицини транспорту» Міністерства охорони здоров'я України, м. Одеса

Представлено конспективний аналіз взаємозв'язку гігієни і екології води як основи фундаментальних і прикладних досліджень у цій області.

**Ключові слова:** вода, гігієна, екологія, взаємозв'язок

WATER: TO INTERRELATION  
OF HYGIENE AND ECOLOGY

*A. V. Mokiyenko*

State establishment «Ukrainian Research Institute for medical Rehabilitation and Resort Therapy of Ministries of Health Care», Odessa; State Enterprise «Ukrainian Research Institute for Medicine of Transport» of Ministries of Health Care, Odessa

The concise analysis interrelation of hygiene and water ecology as bases fundamental and applied researches in this area is presented.

**Keywords:** water, hygiene, ecology, interrelation

*Вперше поступила в редакцію 04.03.2013 г.  
Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования.*