

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

ПРИРОДНАЯ И ПИТЬЕВАЯ ВОДА: ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Две трети нашей планеты покрыты океанами, морями, озёрами, реками. Много воды скрыто и в подземных глубинах. Многие крупные учёные считают воду самым удивительным веществом, большинство тайн которого всё ещё не разгадано. Какую роль, например, играют кластеры чистой воды в сохранении нашего здоровья? Как построены газогидраты и влияют ли они на глобальное изменение климата?

Российский поэт, лауреат Нобелевской премии Иосиф Бродский в своём стихотворении «Тритон» написал в 1994 г.:

*По существу, вода – сумма своих частей,
Которую каждый миг меняет их чехарда.*

Действительно, вода – это стихия, поражающая многообразием физических, химических и биологических свойств. Но главное – в воде зародилась жизнь, и именно это объясняет тот факт, что все живые существа, включая человека, на 70-75% по весу состоят из воды. Следовательно, жизнь без воды невозможна, и мы должны ежедневно внимательно следить за количеством и качеством воды в живых организмах и, прежде всего, в нас самих.

Ключевые вопросы современности – сможет ли человек сохранить водные богатства нашей планеты и как изменить развитие цивилизации, чтобы уберечь этот главный природный ресурс? Для того, чтобы попытаться ответить на эти и другие вопросы, необходимо посмотреть на историю нашей планеты и её водных экосистем с точки зрения современной науки.

Четыре миллиарда лет назад, когда возникла геосфера Земли, вода содержала преимущественно положительно заряженные ионы кальция и магния и отрицательно заряженные ионы угольной кислоты (карбонат и гидрокарбонат). Эти катионы и анионы оказались ключевыми химическими частицами, сыгравшими очень важную роль в формировании живых организмов и в значительной степени определивших их функционирование. Впоследствии состав природной воды обогащался други-

ми частицами и молекулами, которые при возникновении жизни на Земле также сыграли решающую роль в конечном химическом составе растений, животных и человека. Однако, даже после формирования тканей, мышц, костей и различных органов человека и животных, вода так и осталась основным по весу и наиболее важным по статусу химическим веществом в живых организмах. Поэтому и важно сохранять её в организме в чистом виде, без токсичных веществ. Какую же воду можно считать химически безопасной (Врезка 1)?

Вода химически безопасна, если при контакте с ней человек и биота не испытывают химических стрессов, т.е. если находящиеся в воде органические, металлоорганические и неорганические вещества не приводят к ухудшению здоровья населения и биоразнообразия.

Следует отметить, что по мере развития хозяйственной деятельности человека в атмосферу, почву, природные воды (под которыми подразумеваются реки, озера, пруды, моря, океаны, а также подземные воды) стало поступать все больше и больше токсичных веществ. Они попадают в воду (рис. 1) преимущественно со сбросами в водоёмы всевозможных стоков, а также выпадают из атмосферы («Химические Спутники Земли» [1,3], Врезка 2) и проникают из загрязнённых почв в подземные водные горизонты. Соответственно возникают проблемы и при подготовке питьевой воды.

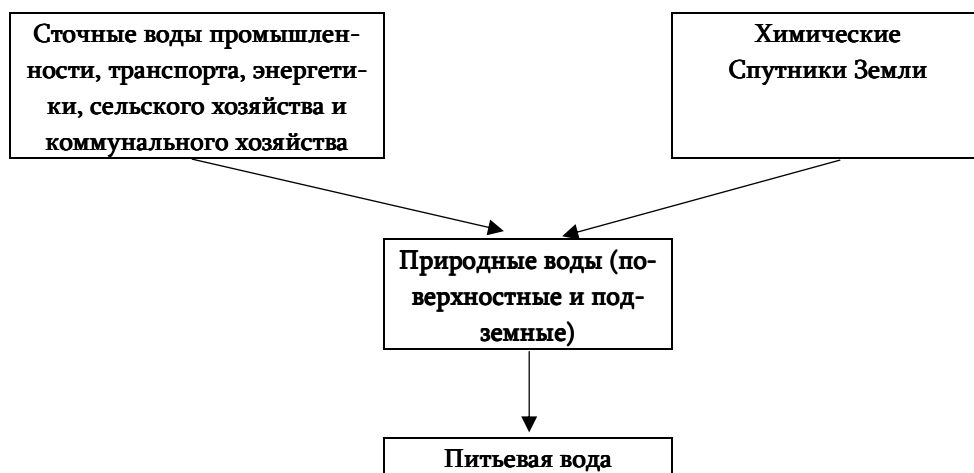


Рис. 1. Пути загрязнения природных вод и питьевой воды токсичными веществами.

«Химические Спутники Земли» – это химические вещества, которые при их выбросах в атмосферу подхватывает ветер и, в соответствии с розой ветров, они совершают близкие и далекие (в том числе, кругосветные) маршруты до тех пор, пока не повстречаются с дождевым или снежным облаком и не выпадут в каком-то конкретном районе Земли [1]

Ежегодно на территории континентальной России выпадает в среднем 9653 кубокилометра осадков. Все содержащиеся в них органические, металлоорганические и неорганические вещества оказываются в почве и воде. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в арктических регионах нашей страны (а также Канады и США), где из-за так называемой «полярной дистилляции» загрязнение в 1,8 раза выше, чем в более южных регионах. Такая неравномерность обусловлена тем, что адсорбционная способность снежинок в 160 раз выше, чем у дождевых капель. Кроме трансграничного атмосферного переноса, негативную роль играет и трансграничный водный перенос токсичных веществ. Наблюдения на 34 реках, пограничных с Азербайджаном, Белоруссией, Грузией, Казахстаном, Китаем, Монголией, Польшей, Украиной и Финляндией, показали, что в 2006 г. наибольшее количество токсичных веществ по рекам поступило в Россию из Казахстана. В свою очередь, из России больше всего токсикантов поступило на территории Белоруссии, Казахстана и Украины [2].

К сожалению, уровень загрязнения природных вод продолжает расти, т. к. постоянно увеличивается объём сточных вод с предприятий промышленности, транспорта, энергетики, сельского и коммунального хозяйства. Растут также как количество выпадений токсичных веществ из атмосферы («химические спутники Земли»), так и уровень загрязнения подземных вод путём перколяции. И такое тревожное явление характерно не только для России, но и для всего мира.

Каковы же основные вещества, отравляющие природные воды? Это, главным образом, приоритетные органические (табл. 1) и металлоорганические (табл. 2) токсиканты, запрещенные к производству и использованию Стокгольмской конвенцией 2001 г. и предложенные к запрету в Специальном докладе ООН 2003 г.

Во-вторых, это приоритетные тяжелые металлы (табл. 3), вызывающие серьезные поражения живых организмов.

К числу приоритетных неорганических загрязнителей вод (и почв) относятся нитраты и легко образующиеся при их восстановлении нитриты, ПДК для которых в 10 раз более жесткие, чем для нитратов. Это связано со способностью нитритов при достаточно высоких концентрациях в питьевой воде вызывать метгемоглобинемию («синдром голубого ребенка»), а также способствовать образованию нитрозаминов, приводящих к раковым заболеваниям.

Приоритетные органические токсиканты в водных экосистемах

Органические токсиканты	Основные источники	Химические стрессы
альдрин, атразин, гептахлор, ДДТ, дильдрин, линдан, мирекс, токсафен, хлордан, хлордекон, эндосульфат, эндрин	хлорорганические и другие пестицидные препараты	биоаккумуляция в жировых тканях организмов и в трофических цепях, поражение центральной нервной и эндокринной систем, канцерогенез
бис-фенол а	карбоксилатные смолы	разрушение половой и эндокринной систем
гексабромбифенил (ГББ)	антивоспламенитель для термопластиков	болезни кожи, канцерогенез, выпадение волос, эндокринные нарушения
гексахлорбензол (ГХБ)	дымовые завесы, фейерверки	канцерогенез, болезни печени
короткоцепочечные хлорированные парафины (КЦХП)	антивоспламенители для текстиля, резины и красок	разрушение печени, токсичные эффекты на рыб
нонил- и октилфенолы	СПАВ, пластификаторы и стабилизаторы резины	разрушение эндокринной системы
пентахлорфенолы (ПХФ)	краски, текстиль, фунгициды	общая токсичность
полибромированные дифениловые эфиры (ПБЛЭ)	антивоспламенители для ковров, матрацев и мебели	канцерогенез, эндокринные нарушения и препятствие развитию мозга
полифтороктановая кислота (ПФОА) и ее сульфонат (пфос)	антипригарные покрытия из тефлона	канцерогенез, разрушение спермы у мужчин
полихлорированные бифенилы (ПХБ)	трансформаторные масла, пластификаторы	поражение эндокринных систем, канцерогенез
полихлорированные дибензодиоксины (пхдд) и дибензофураны (ПХДФ)	микропримеси в пхб, хлорфенолах, пестицидах, продуктах сгорания пвх и отбеленной целлюлозе	терато- и канцерогенез, поражение кожи (хлоракне), эндокринной, иммунной и репродуктивной систем
полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)	сжигание древесины, угля и нефтепродуктов	канцерогенез
фталаты	пластификаторы, репелленты, растворители	разрушение эндокринной системы

Приоритетные металлоорганические токсиканты в водных экосистемах

Металлоорганические токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
металльные производные ртути	образуются в окружающей среде при метилировании катионов ртути	разрушение центральной нервной системы, мозга и печени
триметильные и триэтильные производные олова	стабилизаторы ПВХ, катализаторы, краски для судов и подводных конструкций	разрушение мозга
металльные и этильные производные свинца	антидетонационные добавки к топливу автомобилей	раковые заболевания дыхательного и пищеварительного трактов

Таблица 3

Приоритетные тяжелые металлы в водных экосистемах

Тяжелые металлы	Основные источники	Типы химических стрессов
алюминий	сточные воды, посуда и столовые приборы	нейро-дегенеративные заболевания, энцефалопатии и нефропатии, рахит, заболевания опорно-двигательного аппарата
барий	производство красок и эмалей, стекла	гемотоксическое, кардиотоксическое и нейротоксическое действие
бериллий	авиация и космос, приборостроение	разрушение костной ткани, мутагенез и канцерогенез, иммунотоксичность
кадмий	производство цинка и сплавов, сигареты и гальваника	гипертония, кардиопатия, простатопатия, эмфизема лёгких, остеопороз, деформация скелета, нефропатия, анемия
медь	электротехника и электроника	заболевания костного скелета и суставов, анемия, коллагено- и эластопатия
мышьяк	пестициды, сплавы, зола	выпадение волос, ломкость ногтей, полиневриты, нарушение вкуса и обоняния

Продолжение таблицы 3

ни- кель	сплавы, покрытия, аккумуляторы	увеличение щитовидной железы, нарушение подвижности сперматозоидов
ртуть	производство щелочи и хлора, добыча золота, электроника, катализ	разрушающее воздействие на пищеварительный тракт, внутренние органы (почки, печень) и центральную нервную систему
сви- нец	аккумуляторы, керамика, краски	поражение периферической нервной системы, давление, атеросклероз, нефропатия, снижение потенции
сурь- ма	полупроводники, подшипники, кабели	анурия, воспаление почек, поражение печени
тал- лий	сплавы и полупроводники	центральная и периферическая нервная система, сердце, печень, почки
хром	катализаторы, краски, сплавы	нефро- и гепатотоксическое действие, мутагенез и канцерогенез

Приведенные в табл. 1-3 приоритетные органические, металлоорганические и неорганические токсиканты ввиду их специфических свойств были названы [3] «химическими бумерангами» (Врезка 3).

Химические бумеранги – это такие вещества, которые химики «запускают в жизнь» для позитивного решения конкретных проблем. После решения проблемы (на первой половине петли бумеранга) они возвращаются в организм человека (на второй половине петли бумеранга), биоаккумулируются в нём и вызывают серьезные химические стрессы.

В качестве примеров можно назвать хлорорганические пестициды. При внесении в почву (первая половина петли бумеранга) они повышают урожай, а затем вместе с выращенной на этой почве продукцией возвращаются (вторая половина петли бумеранга) в организм человека. Или броморганические антивоспламенители. При добавлении в краски, которыми покрывают корпуса телевизоров, компьютеров и других электронных приборов, они на первой половине петли бумеранга предотвращают их самовозгорание, но, улетучиваясь при нагревании этих приборов в воздух помещений, на второй половине петли бумеранга они попадают в организмы пользователей этих приборов и негативно влияют на их здоровье.

Осознавая проблему глобального загрязнения водных экосистем, мы, например, прежде чем окунуться в какой-нибудь водоём, должны задать себе вопрос: а можно ли в этой воде плавать? Ответ могут дать только специалисты, которые обязаны проводить мониторинг качества природных вод во всех регионах страны. И если данных по конкретно-

му морю, озеру, пруду и речке мы не имеем, то лучше не рисковать и в этот водоем не входить. По внешне чистой воде еще, ни о чем судить нельзя, т. к. наибольшую опасность представляют растворенные вещества, не видимые невооруженным глазом. Анализ качества воды необходимо проводить только высококвалифицированным специалистам с помощью современных, дорогостоящих приборов [4].

В последние годы большое число жителей нашей страны стало отдыхать не только на российских, но и на международных курортах. И поэтому естественным является их желание узнать о состоянии водоемов в популярных местах отдыха. Здесь стоит отметить, что в любимом россиянами Черном море вода у берегов Абхазии, Краснодарского края и Южного Крыма относительно чистая. А вот в Киркитском заливе, куда впадают Днепр, Днестр и Дон, а также у берегов Болгарии и Румынии, куда течение приносит все выбросы в эти реки и в Дунай, вода достаточно грязная. Та же история с Адриатическим морем. Вода в нём очень чистая у берегов Черногории и Хорватии, но гораздо менее чистая у восточного побережья Италии, куда течение приносит загрязнённые воды из реки По. И таких примеров по зависимости качества воды от сброса стоков можно привести достаточно много (см., например, [5]).

Если говорить о Подмосковье, то при выборе места для плавания нужно предварительно обязательно выяснить, не поступают ли в данный водоем сточные воды с заводов, фабрик, ТЭЦ, транспортных предприятий, сельскохозяйственных ферм, из домов, расположенных на берегу. Последний источник, к сожалению, для Подмосковья в последнее время стал весьма существенным в связи с неразумным стремлением людей строить дачи на берегах, в том числе и санитарных водоемов.

К сожалению, постоянный рост объема сточных вод на нашей планете приводит к еще, более высокому уровню загрязнения природных водоемов, и предотвращение этого процесса упирается, как всегда, в необходимость инвестировать в установку на всех типах предприятий современных очистных сооружений и регулярное обновление на этих сооружениях фильтрующих элементов. Следует особо отметить, что в самое последнее время появился новый углеродный материал – графен [7], который, возможно, поднимет на принципиально новый уровень технологию очистки вод.

Что касается водопроводной питьевой воды, то её качество должны обеспечивать соответствующие городские и районные государственные учреждения, производящие питьевую воду из природной воды на специальных станциях водоподготовки [8]. Надо сказать, Россия отличается от других стран высоким потреблением питьевой воды. Скажем, в Москве расходы воды составляют около 250 литров в день на человека.

Поэтому специалисты говорят о столичной воде, как о «золотой», имея в виду высокую стоимость ее подготовки. Однако большинство людей не осознает этого факта, т. к. платят за холодную и горячую воду незначительную сумму из семейного бюджета. А вот, например, в Великобритании или США люди, чтобы умыться, закрывают раковину пробкой, наливают немного воды, затем моют в ней руки, лицо. Иностранцы не стоят под душем, как мы, по десять минут, это для них непозволительная роскошь. Они заполняют ванну лишь наполовину и моются в ней. А в российских банях, бассейнах вода льется в душевых кабинах непрерывно и сильным потоком. Очевидно, что на воспитание населения без рубль, вого воздействия уйдет слишком много времени. И в этом смысле пример развитых стран более чем показателен. В Германии, скажем, спустить полный бачок в туалете стоит 2 евро. По причине такой дороговизны используются «двухуровневые» кнопки, которые стали появляться и в России. А ведь вода в ванной, бане, туалете – питьевая. И нет реальной возможности разделить подачу питьевой и технической воды. Наши люди воспитаны так, что если вдруг удастся такое разделение осуществить, то, всё равно, даже автомобили и тротуары будут мыть питьевой водой.

Уже более ста лет основной способ приготовления питьевой воды из природной – ее микробиологическое обеззараживание с помощью хлора и хлорсодержащих препаратов. Образующиеся при этом (в результате взаимодействия хлора с растворёнными в природной воде гуминовыми веществами) хлорорганические соединения удаляются из воды с помощью системы фильтров (эффективнее всего активированным углем). Лидером в нашей стране по использованию самых передовых технологий подготовки питьевой воды является «Мосводоканал», благодаря которому значительное количество природной воды уже давно обеззараживается методом озонирования, а в последнее время и с помощью самой экологически чистой технологии – ультрафиолетовым облучением.

К сожалению, из-за сточных вод и «химических спутников Земли» приходится констатировать, что абсолютно чистых вод сегодня в мире нет вообще. Речь может идти только о *более* или *менее* чистых водах, по существу, представляющих собой водные растворы различных веществ. Эту ситуацию можно сформулировать следующим образом:

*Воды в природе нет –
в природе есть растворы.
А что же о воде все говорят?
Так это ж разговоры...*

И именно эти растворы оказывают в значительной степени влияние на наше здоровье.

В прежние времена люди пили воду прямо из рек, озёр и прудов. Сегодня этого делать нельзя, т. к. гарантий отсутствия химического и микробиологического загрязнения природной воды без специальных исследований никто дать не может. Результаты исследований качества водоемов в большинстве мест Земли показывают, что уровни их загрязнения токсичными веществами и патогенными микробами опасны для человека. Практически такие же выводы можно сделать о многих родниках и колодцах. Специальные исследования показывают, что некоторые из них содержат одновременно тяжелые металлы, органические токсиканты, радионуклиды, патогенные микроорганизмы. Если родник или колодец расположен на территории дачного кооператива, то можно дать совет людям, которые там живут и отдыхают, чтобы они не жалели денег и с помощью специалистов проводили профессиональный анализ качества воды. Причём такие анализы следует вести регулярно, т. к. вода, бывшая чистой, скажем, год назад, не обязательно будет такой же и сегодня. А пить из неизвестных природных источников не стоит.

Что же следует делать для улучшения качества воды в природных водоёмах? Начинать нужно с самих себя. Обратите внимание, загрязняете ли вы, ваши дети, родственники и соседи водоём, откуда вы берёте воду? Если сами люди не будут серьёзно относиться к этому вопросу, то проблемы не решить. Кроме того, необходимо выяснить, не сбрасываются ли в водоём, которым вы пользуетесь, сточные воды с соседних промышленных и энергетических предприятий. Воду в загрязнённом водоёме улучшить нельзя, водоёмы можно только охранять от их дальнейшего загрязнения. Безусловно, существуют государственные органы, которые призваны охранять наши реки и озёра. Их сотрудники получают за это зарплату. Но реально оберегать водоёмы могут только люди, живущие рядом. Не нужно позволять сбрасывать в них собранный на улицах снег и отходы, мыть в них автомобили и т.д.

Рост числа различных предприятий неизбежно приводит к увеличению объёма сточных вод, часто токсичных. Достаточно вспомнить нашумевшую историю сорокалетней давности, связанную с Байкалом. На берегу этого озера были построены два целлюлозно-бумажных комбината, стоки которых содержали широкий спектр токсичных веществ. Их попадание в воду привело к уменьшению биоразнообразия флоры и фауны Байкала, а также к тому, что пить байкальскую воду стало невозможно. И только благодаря тому, что на уровне ООН был поставлен вопрос о сохранении этого прекрасного озера как всемирного природного наследия, содержащего 20% всей пресной воды земного шара, на комбинатах было перепрофилировано производство, установлены современные очистные сооружения. Ситуация постепенно стала улучшаться. В 1995-98 гг. мы проводили совместно с Байкальским институтом экотоксикологии исследование накопления токсикантов в пищевых це-

пях озера Байкал. Этот проект финансировал ЕвроСоюз. При этом было показано [5], что к тому моменту основными токсикантами в водах и биоте Байкала, в частности, в знаменитой байкальской нерпе, стали уже не традиционные вещества из сточных вод целлюлозно-бумажных комбинатов, а выпадающие из атмосферы полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ), а также приносимый из Монголии рекой Селенгой (это единственная река, впадающая в Байкал) пестицид ДДТ.

Другой пример связан с проблемой вымирания стада осетровых рыб на Северном Каспии. В 1999-2002 гг. мы проводили совместно с Астраханским техническим университетом финансируемый ЕвроСоюзом проект по выявлению механизма интоксикации каспийских осетровых рыб олово- и ртутьорганическими экотоксикантами.

В результате проведённых исследований было показано [6], что органические производные ртути и олова, попадая в организмы осетровых рыб, координируются на гетероатомах биологически активных молекул (белки, ферменты, фосфолипиды и т.д.). Такая межмолекулярная координация приводит не только к выведению из нормального функционирования этих биологически важных молекул (это мы и называем токсичностью, Врезка 4), но и к гомолитическому разрыву связей углерод-металл, сопровождающемуся образованием свободных радикалов, обуславливающих перекис

Токсичность – это когда попавшее в живой организм вещество разрушает или связывает биологически важные молекулы организма (белки, ДНК, ферменты, фосфолипиды и т.д.), тем самым выводя эти молекулы из нормального функционирования, что и обуславливает нарушение физиологического и (или) психического статуса организма.

Во многих районах Подмосковья питьевая вода содержит много железа. Насколько она опасна для здоровья? Вопрос правомерный. Ржавчина обусловлена наличием в воде трехвалентного железа, которое, в отличие от необходимого для обновления гемоглобина крови двухвалентного железа, попадая в человека, при нормальных значениях кислотности в организме может откладываться в мышцах в виде оксигидроксида железа и приводить к мышечной анемии. При этом появляются боли в мышцах, теряется их эластичность. Поэтому воду от ржавчины нужно обязательно очищать, имея в виду, что на фильтрах, в том числе самодельных, осаждается нерастворимое трехвалентное железо. Но некоторое количество растворенного трехвалентного железа может оставаться в воде и осаждаться уже в самом организме. Следовательно, такую воду после механической очистки необходимо еще пропускать через фильтр, задерживающий растворённое трехвалентное железо.

Фильтры для очистки воды теперь используются и в домашних условиях. Однако и в этом случае хочется посоветовать проконсультироваться со специалистами по поводу выбора того или иного фильтра, в зависимости от того, какую воду вы потребляете и в каких количествах. Если в вашей воде относительно много органических веществ, то пользоваться следует одним типом фильтров, если же в вашей воде относительно много тяжелых металлов, то специалист посоветует вам другой тип фильтра.

Всё большую популярность у населения стали завоевывать бутилированные воды. Покупать такую воду лучше проверенных марок и в хорошо зарекомендовавших себя магазинах. Законодательным органам необходимо принять Закон о бутилированной воде, предусматривающий ее оптимальный состав, для чего необходимо добавлять в воду катионы калия и магния, анионы йода, фтора и силикат, а также эффективные антиоксиданты, такие, как дигидрокверцетин.

ПЕТРОСЯН ВАЛЕРИЙ САМСОНОВИЧ

*Заслуженный профессор МГУ, академик,
председатель Секции химии РАЕН,
иностраный член НАН РА,
эксперт ООН по химической безопасности*

CHEMICAL SAFETY OF WATER

VALERY S. PETROSYAN

Toxic compounds enter the water reservoirs mainly with the waste waters from industrial, energy, transport, agricultural and communal enterprises, as well as from the atmosphere (“chemical sputniks of the Earth”).

Basic substances, poisoning natural waters, are priority organic and organometallic compounds, which are forbidden for production and use by the 2001 Stockholm Convention, and named in the 2003 UNEP-GEF Global Report, as well as the priority heavy metals.

Many of these compounds used by people for solving of various problems, unfortunately, behave like “chemical boomerangs”, solving the problems at the first half of the loop, and returning back to the people’s organisms at the second half of the loop, and intoxicating these organisms.

The quality of drinking water has to be secured by the state enterprises, producing drinking water from the natural one at the special water preparing stations.

It is better to buy the bottled water of the certified marks and in the well known shops. The filters for additional purification of water have to be chosen depending on the type of water you consume and on the amount of the consumed water.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Петросян В.С.* Химические спутники Земли и глобальное загрязнение биосферы, «Социально-экономические и научно-технические проблемы развития современной России», 2010, Иваново, с. 60.
- [2] *Петросян В.С., Винников Ю.Я., Кимстач В.А., Белова Е.В., Сергеева Т.А.* Органические загрязняющие вещества, Гл. 9 в кн. "Оценка качества воды на территории бывшего Советского Союза" / Ред. Кимстач В.А., Мейбек М., Баруди Е., E & FN Spon, Лондон, 1998, с. 211.
- [3] *Петросян В.С.* Химические бумеранги и здоровье населения // Вестник РАЕН, 2005, т. 5, №3, с. 58.
- [4] *Петросян В.С., Богдашкина В.И.* Физико-химический анализ органических токсикантов в природных водах // Усп. химии, 1991, т. 60, с. 661.
- [5] *Петросян В.С., Джангуцца А.* Загрязнение Адриатического, Ионического, Средиземного и Чёрного морей тяжёлыми металлами и органическими загрязнителями, "Protection of Groundwater from Pollution and Seawater Intrusion", Bari, 2001, p. 191.
- [6] *Полякова О., Лебедев А., Петросян В., Ханнинен О., Ренцони А., Савва Д., Уокер К.* Накопление стойких органических загрязнителей в пищевых цепях озера Байкал, Toxicol.Environ.Chem., 2000, т. 75, с. 235.
- [7] *Милаева Е.Р., Тюрин В.Ю., Харитонашвили Е.В., Коляда М.Н., Пименов Ю.Т., Берберова Н.Т., Петросян В.С.* Экотоксикологические эффекты соединений ртути и олова на водную биоту Каспийского моря / в кн. "Мониторинг и охрана водных ресурсов", Изд. МГУ, М., 1999, с. 57.
- [8] *Джакоби М.* Графен: максимально тонкий углерод // Chem. and Eng. News, 2009, March 2, с. 15.
- [9] *Петросян В.С.* Борьба с загрязнениями: новые подходы // Коммунальный комплекс России, 2008, №8, с. 87.
- [10] *Петросян В.С.* Химическая безопасность воды, Чистая Вода: проблемы и решения, 2010, №1, с. 31.