

Н. В. Иванова, В. С. Белов, А. И. Самаркин

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПУТИ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»,
Российская Федерация

Рассмотрены проблемы загрязнения окружающей среды не утилизируемыми медикаментозными отходами лечебных учреждений и лекарственным мусором от населения в силу ненужности, негодности, просроченности фармацевтических препаратов и связанных химико-терапевтических средств. Выявлены биоэкологические последствия проникновения лекарственных препаратов и производных от них метаболитических субстанций в почвенную, аэро- и гидросреды, включая наземные и подземные воды, и далее, в растения, рыбу, домашнюю птицу и животных. Показано, что одними из наиболее опасных каналов вторичного кругооборота лекарственных начал, оказывающих серьезное неконтролируемое квази – терапевтическое воздействие на человека, являются пищевые цепочки вида «фармако-зараженная вода – растительная пища – человек», «фармако-зараженная вода – растения – животные – мясо-молочные продукты – человек», «фармако-зараженная рыба – человек», а также каналы прямой передачи лекарственных примесей непосредственно по схеме «фармако-зараженная вода – система водоподготовки – человек». Предложен комплекс механизмов и мероприятий, направленных на уменьшение концентрации фармацевтических средств и их метаболитов в окружающей среде и повышение ее экологической безопасности.

Ключевые слова: фармацевтические препараты, окружающая среда, отходы лекарственных средств, лекарственное загрязнение среды, биоэкологические последствия загрязнения, вторичный кругооборот лекарств, снижение биоэкологических рисков.

N. V. Ivanova, V. S. Belov, A. I. Samarkin

BIOECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION AND WAYS TO REDUCE THEM

The problems of environmental pollution by unused medical waste of medical institutions and medicinal waste from the population due to the unnecessary, unsuitable, expired pharmaceutical preparations and related chemotherapeutic agents are considered. The bioecological consequences of the penetration of medicinal products and their metabolic substances into soil, aero and hydro-environments, including ground and underground waters, and then, in plants, fish, domestic birds and animals were revealed. It is shown that one of the most dangerous channels of the secondary circuit of medicinal principles, which have a serious uncontrolled quasi-therapeutic effect on humans, is food chains of the form «pharmaco-infected water – plant food – people», «pharmaco-infected water – plants – animals – meat dairy products – people», «pharmacologically infected fish – people», as well as channels for direct transmission of drug impurities directly under

the scheme «pharmacologically infected water – water treatment system – people». A set of mechanisms and measures aimed at reducing the concentration of pharmaceuticals and their metabolites in the environment and increasing the level of its environmental safety is proposed.

Key words: *pharmaceutical preparations, environment, pharmaceutical waste, drug environmental pollution, bioecological consequences of exposure, secondary drug circuits, reduction of bioecological risks.*

Необходимость выработки эффективных мероприятий по повышению уровня экологической безопасности регионов России становится чрезмерно актуальной в условиях масштабного загрязнения окружающей среды промышленными, бытовыми, техногенными отходами. В последнее время все более и более важное значение приобретают вопросы обеспечения экологической безопасности фармацевтического производства, вопросы контроля использования (лечебно-профилактическими учреждениями и населением) медицинских препаратов и лекарств и качественной их утилизации при истечении срока хранения и годности. На первый взгляд медицинские учреждения системы здравоохранения, предприятия фармацевтической индустрии контролируют процессы создания, испытания, внедрения медикаментов и лекарственных средств, принимаемых человеком или используемых в ветеринарии. Тщательно изучаются вопросы эффективности и безопасности действия различных лечебных веществ и лекарственных форм, детально отрабатываются и анализируются схемы и способы их применения, ведется постоянный мониторинг за пациентами с целью оценки результативности применения лекарств и выявления нежелательных побочных явлений, возникающих у пациентов, принимающих лекарственные препараты (в краткосрочной и долгосрочной перспективе). Большое внимание уделяется

вопросам регламентации промышленных выбросов фармацевтических производств, правилам и формам учета в лечебных учреждениях использования медикаментов по назначению и утилизации просроченных лекарственных препаратов, активно внедряются международные нормы в национальное законодательство по обеспечению экологической безопасности фармации, разработана методика анализа и оценки экологической безопасности фармацевтической организации [7]. При этом кажется, что ситуация обеспечения безопасности фармацевтического сектора индустрии и вопросов эффективной утилизации просроченных и невостребованных медикаментов и лекарств в лечебных учреждениях продвигается к желаемому идеалу. Однако, из многочисленных исследований, см., например, [14, 15, 16], известно, что уже выпущенные лекарственные препараты неизбежно попадают в окружающую среду, оказывают серьезное биологическое действие на биоту и в конечном итоге возвращаются назад к человеку с пищей, с воздухом и с водой. В результате возникают эффекты повторного кругооборота лекарственных начал в системе «человек – медицинские и лекарственные отходы на свалках и в канализационных стоках – поверхностные водоемы и подземные воды – источники полива растительных продуктов, которые способны аккумулировать медикаменты при их выращивании – мясомолочные про-

дукты (с включением ветеринарных медикаментозных препаратов и веществ), полученные с использованием растительной пищи и/или загрязненной воды – питьевая вода (зачастую не полностью очищенная от вторичных лекарственных начал) – человек и т.д.». Из этой схемы круговорота четко видно, какая огромная химико-фармацевтическая нагрузка приходится на окружающую среду (прежде всего на ее водные ресурсы) в плане ее загрязнения фармацевтическими веществами и их производными.

Здесь естественно возникает вопрос, а какие есть способы снижения уровня экологических рисков из-за повсеместного массового проникновения лекарственных начал в окружающую среду и проявления их негативного влияния на человека. Однако, прежде чем перейти в определению механизмов и направлений повышения уровня экологической безопасности окружающей среды от воздействия фармацевтических препаратов и веществ рассмотрим состав источников и путей загрязнения окружающей среды лекарственными веществами, выявим основные биоэкологические риски, с ними связанные, сформируем основные подходы к минимизации этих рисков.

Методология. Анализ путей попадания лекарственных средств в окружающую среду позволяет выявить две основных группы каналов проникновения медикаментов и лечебных препаратов в биосферу – это каналы устранения лекарственных препаратов и веществ как ненужных и невостребованных путем их выбрасывания на свалку или слива в канализационную систему и каналы проникновения медикаментозных средств в окружающую среду как использованных, прошедших в организме человека

определенные, в полном объеме или частично, метаболические превращения, и выведенных из организма естественным путем в канализационную систему.

По оценкам специалистов-экспертов от фармацевтического сектора экономики различных стран от 35% до 50 % произведенных лекарственных средств оказываются ненужными и выброшенными на свалку. Причинами этого являются избыточный объем продаваемых упаковок лекарств, их невостребованность, истечение сроков хранения и годности, нарушения норм и правил производства, складирования, хранения и транспортировки. Так, например, только в масштабах США, по данным Национального общества фармацевтических ассоциаций, ежегодно выбрасываются на свалку или сливаются в канализацию более 220 тысяч тонн лекарственных средств [6], из них только население избавляется от лекарств объемом до 100 тысяч тонн ежегодно. Более 120 тысяч тонн медикаментов в год выбрасывают или сливают в канализацию госпитали и медицинские учреждения США. По данным [8] в России ежегодно накапливается более 1,3 млн. тонн опасных и чрезвычайно опасных медицинских отходов, из них более 65 тысяч тонн составляют медикаментозные отходы лечебно-профилактических учреждений, по своей опасности относящиеся к категории Г как высокотоксичные вещества.

Попадая в организм человека, часть лекарственного препарата подвергается метаболическим превращениям и при этом зачастую теряет активность. Другая часть лекарства остается неизменной (обычно от 50 до 90%) и транспортируется кровеносной системой (в основном) организма к нужному органу и тканям-

мишени. Если считать, что до 65–70% использованных лекарственных доз остаются неизменными, а организмом человека используются по назначению только около 60% введенных медикаментов, то можно увидеть, что практически 40% принятых пациентами лекарственных средств выделяется в окружающую среду в неизменном виде.

Заметим при этом, что главным источником фармацевтического загрязнения биосферы являются неиспользованные медикаменты, попавшие в систему канализации, бытовые стоки или испарения мусорных свалок, содержащих неупотребленные лекарственные средства, невостребованные частными лицами, госпиталями и медицинскими организациями. Вторым по масштабности источником фармако-загрязнения окружающей среды являются лекарственные вещества и препараты, прошедшие через организмы пациентов и выведенные ими естественным путем как неиспользованные или как результаты метаболических превращений посредством канализационных систем. Наконец, немалый вклад в фармако-загрязнение окружающей среды вносят загрязненные воды и ирригация сельских хозяйств, использующих в животноводстве ветеринарные лечебные средства и в растениеводстве пестициды и иные препараты поддержки жизнедеятельности растений. Все это в конечном итоге приводит к заметному увеличению уровня фармацевтического загрязнения не только поверхностных, но и грунтовых вод. Существующие очистные сооружения сточных канализационных вод используют в основном стандартные процессы обработки воды, такие как хлорирование и озонирование, что позволяет удалить из стоков около 50%

фармацевтических средств и их метаболитов. Однако, они не в состоянии справиться в полном объеме с данной проблемой очистки сточных вод от лекарств и их метаболитов, т.к. не приспособлены для улавливания или разложения фармакопрепаратов, растворенных в стоках.

В результате многочисленных исследований, посвященных вопросам лекарственного загрязнения окружающей среды, прежде всего, фармако-загрязнения открытых водных бассейнов и источников родниковых вод питьевого назначения [12, 16], установлено, что более 80% проб воды содержат детектируемые величины биологически активных веществ различной природы, включая различные фармакологические вещества, такие как антибиотики, противовоспалительные препараты, статины, синтетические гормоны, противоэпилептические средства и пр. Зачастую в пробах содержались до 10 и более подобных веществ одновременно, имелись случаи выявления в отдельных пробах одновременного присутствия следов 50–60 лекарственных препаратов и биологически активных веществ.

К настоящему времени в большинстве случаев уровни обнаруживаемых фармакологических средств в источниках воды бытового или питьевого назначения умеренны и практически не могут оказывать существенного негативного действия на человека. Это замечание справедливо в той или иной степени в отношении тех регионов, тех территорий Российской Федерации, где отсутствуют химико-фармацевтические производства, и где основными источниками фармако-загрязнения окружающей среды являются население и медицинские организации. Однако, наличие в отдельных регионах фармацев-

тических производств, на предприятиях которых иногда происходят химико-технологические аварии, или имеют место нарушения экологического законодательства Российской Федерации, приводят в появлении загрязняющих окружающую среду химико-фармацевтических выбросов, которые носят исключительно местный характер и являются опасными в плане лекарственного загрязнения экологии только конкретных регионов.

Но, тем не менее, в условиях бурного роста производства и применения в лечебных целях новых фармакологических препаратов; увеличения объемов потребления населением медикаментов; внедрения в медицинскую практику большого числа фармакологических препаратов, обладающих высокой биологической активностью; появления избирательно-действующих лекарственных веществ, нацеленных на избирательную фармкоррекцию функций только «вредных» клеток, на избирательное устранение эндопаразитов происходит существенное повышение уровня экологических рисков усугубления фармацевтического загрязнения окружающей среды, в первую очередь, поверхностных и грунтовых вод.

Следствием этого является увеличение концентрации фармакологических препаратов и отходов в поверхностных и грунтовых водах хозяйственного, бытового и питьевого назначения как известных, хорошо изученных, так и новых веществ, эффективность использования которых, их биологическая активность и процессы метаболических превращений в организме человека изучены недостаточно. Все это в конечном итоге приводит к более резкому проявлению относительно новых экологических рисков фармацевтического загрязнения окру-

жающей среды и, как следствие, к оказанию более сильных неблагоприятных воздействий экологии на человека.

Как отмечено в работе [6], в настоящее время в мире отсутствуют стандарты, регулирующие уровни медикаментозных примесей в воде. Не предусмотрен контроль наличия медикаментозных примесей при проведении очистки воды в системах водоснабжения населения, отсутствуют механизмы оценки длительного влияния низких концентраций различных фармакологических препаратов в питьевой воде на здоровье человека. Все это в условиях имеющегося разрыва знаний об особенностях наличия и влияния долговременных факторов воздействия лекарств-загрязнителей окружающей среды на человека, зачастую замаскированных наличием множества иных химических, физических или социальных факторов, отражающихся на состоянии организма человека, определяет один из неблагоприятных экологических рисков, имеющих системообразующий характер. К тому же эти экологические риски имеют негативные тенденции достаточно быстро прогрессировать и усугубляться.

Одним из значимых факторов экологических рисков, способным привести к серьезным болезненным состояниям человека, является риск подвергнуться комбинированному воздействию множества фармацевтических веществ и их метаболитов, вступивших в химические взаимодействия друг с другом. При этом могут возникать эффекты взаимного потенцирования веществ, может измениться зависимость «доза-эффект» для конкретного лекарственного соединения, зачастую при этом изменяется характер терапевтического воздействия из смешивания разных лекарств. Известны примеры, когда

одновременное присутствие в организме человека двух лекарств усиливало их биологические активности в сотни и более раз. Наличие подобных эффектов приводит к существенному снижению резерва экологической безопасности фармацевтически-зараженной окружающей среды в случае комплексного группового действий лекарственных примесей, в ней обнаруженных. Следует отметить при этом, что в настоящее время методы предсказательной оценки комбинированного влияния на человека лекарственных соединений и их метаболитов, выявленных в биосфере, отсутствуют. Получение достоверных и адекватных экспериментальных результатов чрезмерно затруднено и зачастую невозможно из-за высокой степени временной и пространственной variability концентраций и наименований лекарственных субстанций [11, 16].

Еще одним из серьезных негативных последствий фармацевтического загрязнения окружающей среды является ее опосредованное влияние на человека через экологию обитателей водной среды, подвергшейся неблагоприятному воздействию отходов медикаментозных и лекарственных препаратов. Например, даже относительно небольшая концентрация нестероидного противовоспалительного средства диклофенак 0–1,0 мкг/л в поверхностных водоемах приводит в течение 3–4 недель к появлению цитологических изменений в почках, печени и жабрах форелевых рыб [11, 17]. А эти рыбы, в частности, являются одним из регулярно употребляемых человеком в пищу рыбных деликатесов. Другим неблагоприятным экологическим фактором является относительно высокая концентрация антибиотиков в водной среде, причем эти препараты не разрушаются достаточно

длительное время. Причиной такого положения является широкое использование данных лекарственных препаратов в ветеринарии. Как следствие, нахождение антибиотиков в водной среде приводит к тому, что в водоемах и почве нарушаются процессы самоочищения, а при относительно их низкой концентрации в водных бассейнах могут появляться бактерии, устойчивые к антибиотикам, которые к тому способны вызывать заболевание у людей. Кроме отмеченных ситуаций в загрязненной лекарственными примесями водной среде, да и биосфере в целом зачастую происходят процессы перераспределения и аккумуляции лекарственных субстанций и их метаболитов в пищевых цепочках растений, животных и, наконец, людей. В отличие от обычных экотоксикантов, лекарства являются специально созданными активными биологическими веществами, способными перераспределяться в тканях живых организмов. Для биоты это означает, что возникает возможность направленной концентрации в отдельных тканях растений растворенных в водной среде лекарственных препаратов, их отходов и метаболитов до уровней и концентраций, близких к терапевтическим дозам. Следствием данного факта появляется не нулевая вероятность передачи накопленных биотой лекарственных субстанций вверх по пищевым цепочкам «растительная пища – человек», «растения – животные – мясомолочные продукты – человек», «рыба – человек», при этом не исключается и прямая передача лекарственных примесей непосредственно по цепочке «вода – система водоподготовки – человек».

Таким образом, наличие перечисленных негативных экологических последствий от фармацевтического загрязнения

окружающей среды приводит к возникновению ряда биологических рисков для человека, который в силу проживания в окрестностях территорий и водных бассейнов, пораженных лекарственными примесями, вынужден принудительно использовать эти вещества и препараты из-за нахождения их в окружающей среде – в воздухе, в воде, в почве, в растениях, наконец, в пище. Эти, зачастую токсикогенные и биологически активные вещества и лекарственные отходы, даже присутствуя в относительно малых концентрациях, обладают множественными видами терапевтического воздействия и, попадая в тот или иной организм через дыхательную систему, желудочно-кишечный тракт, кожу, интенсивно взаимодействуют как друг с другом, так и с функционально-значимыми молекулярными компонентами тех тканей организма, в которые они проникают, вызывая при этом нежелательные физиологические и биохимические процессы в последних.

Результаты. Очевидно, что состав лекарственных примесей и препаратов, обнаруживаемых в окружающей среде, существенно зависит от региональных особенностей конкретных территориальных образований России; от наличия или отсутствия в них химико-фармацевтических производств; от населенности конкретных регионов и, как следствие, особенностей расселения жителей по территориальным мегаполисам; от численности, состава и медицинской ориентации лечебно-профилактических учреждений региона. Уровень и степень лекарственной загрязненности окружающей среды зачастую определяется временем года, а также степенью водно-насыщенности и иными географическими особенностями тех или иных территорий.

Анализ вопросов организации системы лекарственного обеспечения [6] населения и лечебных учреждений системы здравоохранения показывает, что решая задачи создания, испытания, производства, хранения, распределения и применения лекарств, эта система не располагает в полной мере завершающим экологическим блоком, ориентированным на выявление и локализацию потенциальных экологических и биологических рисков, связанных с загрязнением окружающей среды медикаментозными отходами, невостребованными, ненужными и просроченными лекарственными препаратами, продуктами метаболических превращений использованных по назначению лекарств. Также оказываются нерешенными в полной мере вопросы утилизации выбрасываемых лечебными учреждениями и особенно населением лекарственных средств и иных медицинских веществ.

В сложившейся ситуации, для выявления возможных экологических и биологических рисков, вызванных массовым фармацевтическим загрязнением окружающей среды; для упреждения возможных негативных последствий для биосферы деятельности предприятий фарминдустрии; для решения вопросов эффективной утилизации лекарственных препаратов, которые оказались просроченными, невостребованными, пришедшими в негодность как лечебными учреждениями, так и населением можно предложить следующие подходы и механизмы.

В качестве первого механизма, предназначенного для своевременной оценки экологических рисков от загрязнения окружающей среды новыми лекарственными препаратами и формами, следует задействовать Фармаконадзор. Извест-

но [5], что деятельность Фармаконадзора направлена на «...изучение эффективности и безопасности лекарственного препарата в процессе его «жизненного цикла», начиная с лабораторного тестирования, доклинических исследований на животных, предрегистрационных клинических исследований и заканчивая всем периодом его обращения на рынке». Из этого толкования видно, что в число основных задач Фармаконадзора входит при контроле за применением пациентами новых лекарственных средств не только выявление неблагоприятных побочных реакций больных на эти препараты; но и установление осложнений, вызванных неправильным применением контролируемых лекарств; оценка неэффективности их лечебного применения; вскрытие фактов фальсификации контролируемых фармакологических веществ и, пожалуй, одна из важнейших задач в контексте обсуждаемой проблемы – изучение степени влияния надзираемых новых лекарственных препаратов на экологию. Следует отметить, что задачу оценки влияния лекарственных средств на экологию Фармаконадзор в настоящее время решает не достаточно эффективно. Естественно, Фармаконадзор проводит токсикологическую экспертизу новых фармакопрепаратов перед их внедрением в клиническую практику; изучает особенности воздействия на пациента комбинированных лекарственных форм, содержащих в своем составе контролируемые лекарственные средства и медикаменты-усилители терапевтического эффекта; проводит анализ процессов метаболических превращений новых лекарств в организме пациента. Все это позволяет в определенной степени спрогнозировать

поведение новых лекарств и комбинированных лекарственных форм в случае их попадания в окружающую среду. Однако такие исследования не дают полного ответа на вопрос о степени экологической безопасности нового фармакосредства на этапе неутилизованного завершения его «жизненного цикла» – этапе спонтанного или преднамеренного попадания в качестве фармацевтической примеси в окружающую среду. Здесь, чтобы снять отмеченную проблему, целесообразно расширить полномочия и деятельность службы Фармаконадзора путем включения в ее состав лаборатории по изучению и оценке уровня негативных последствий для экологии в случае загрязнения биосферы контролируемыми лекарственными препаратами.

Следующим механизмом, также направленным на контроль возможных последствий лекарственного загрязнения биосферы, являются Центры экологического мониторинга качества природных сред, см. например, [2], которые созданы в соответствии со статьей 6 ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» в каждом субъекте Российской Федерации. Эти центры, как правило, обеспечивают лабораторное сопровождение экологического надзора за состоянием окружающей среды соответствующих регионов, включая выполнение гидрохимического и геохимического мониторинга, контроля загрязнений воздушной среды. Наличие в таких лабораториях технических и инструментальных возможностей, изначально ориентированных на проведение всесторонних экологических исследований проб водной, почвенной и воздушной сред, позволяют организовать на хорошем научно-аналитическом уровне исследования

степени загрязненности окружающей среды фармацевтическими отходами с целью формирования научно-обоснованных технических рекомендаций по организации процессов утилизации неиспользованных, просроченных и пришедших в негодность лекарственных препаратов.

Третьим механизмом снижения уровня экологических рисков, вызванных лекарственными загрязнениями окружающей среды, но, пожалуй, первым по значимости и эффективности решения данной задачи, является механизм (а точнее механизмы) утилизации медикаментозных и лекарственных отходов госпиталей, больниц и иных лечебно-профилактических учреждений, а также фармацевтического мусора и неиспользованных лекарств населения. В Российской Федерации вопросы уничтожения и утилизации медицинских отходов лечебных учреждений регулируются следующими нормативно-правовыми актами [9] – СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами» (в редакции от 01.01.2019), Закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (в редакции от 01.01.2019), Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № №52-ФЗ (в редакции от 26.07.2019), Закон РФ «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (в редакции от 19.07.2019). В данных документах перечисляются мероприятия, необходимые для организации работы с отходами, в т.ч. медицинскими; определен порядок утилизации и уничтожения отходов; описана техника работы с такими отходами; установлены основные способы и методы обеззара-

живания утилизируемых медико-биологических и фармацевтических веществ; а также охарактеризованы базовые правила безопасного обращения с подобным эколого- и биологически-опасными субстанциями. Однако, следует учитывать, что в природе не существует универсального и оптимального способа обеззараживания медицинских отходов, но при этом бесспорными остаются два базовых принципа их утилизации – это селективный сбор медико-биологических и лекарственных отходов и надежное в противоэпидемиологическом и эколого-защищенном планах обезвреживание [10]. Как в мировой, так и в российской практике решения экологических проблем вопросам обеззараживания и обезвреживания медицинских отходов уделяется достаточно много внимания, см. например, [3, 13], при этом основной вектор развития систем утилизации ненужных, просроченных, испорченных медикаментозных веществ и иных медико-биологических отходов лечебных учреждений направлен на построение децентрализованных систем уничтожения отходов и неблагонадежных медицинских субстанций в местах их образования [1].

Отдельного внимания требуют вопросы утилизации бытового фармацевтического мусора, сформированного населением. Здесь у ряда стран мира (Австралия, Великобритания, Нидерланды) имеется положительный опыт такой организации взаимодействия с населением, при которой жители сдают ненужные или пришедшие в негодность лекарства в специализированные места приема (которые обычно размещаются в аптеках) для дальнейшей их утилизации. В Российской Федерации проблема сбора ненуж-

ных лекарственных препаратов у населения пока не решена и требует отдельной проработки как на государственном, так и на региональных и муниципальных уровнях.

Еще одним из важных и эффективных механизмов снижения уровня лекарственного загрязнения окружающей среды является очистка хозяйственно-бытовых сточных вод от остатков лекарственных средств и иных медикаментозных примесей [4]. В настоящее время отсутствуют промышленные технологии очистки, которые бы полностью удаляли остатки фармацевтических субстанций из водных сред. Однако, существует ряд технологий очистки, который, тем не менее, позволяет существенно снизить концентрацию лекарственных примесей в очищаемой воде. К таким технологиям, в частности, относятся: использование активированного угля, окисление и озонирование, коагуляция, мембранная фильтрация и пр. [4]. К сожалению, в силу высокой себестоимости не все из перечисленных технологий могут промышленно применяться для очистки канализационных и сточных вод.

Заключение. Развитая система охраны здоровья населения, увеличение средней продолжительности его жизни, доступность лекарственных средств, высокая концентрация людей в крупных мегаполисах являются основными факторами, приводящими к ежегодному росту уровня загрязнения окружающей среды остатками фармако-препаратов и их мутагенов. Это антропогенное явление активно изучается в разных странах мира, формируется и реализуется ряд мер по защите экологии от этой «напасти».

Мероприятия, направленные на снижение концентрации фармацевтических субстанций в хозяйственно-бытовом му-

соре и отходах жизнедеятельности лечебных учреждений и населения, контроль путей бесконтрольного попадания лекарственных примесей в окружающую среду, будут естественно способствовать улучшению экологической обстановки природных сред и сохранению гомеостаза в биологических популяциях. В конечном итоге внедрение и расширение условий применения перечисленных механизмов понижения уровня экологических рисков от фармако-загрязнения водной, почвенной и воздушной сред приведет к уменьшению (в количественном и качественном отношении) состава и концентраций лекарственных субстанций, биологически активных неблагонадежных веществ, поступающих в организм человека через пищевые каналы (с водой, пищевыми растениями, мясомолочными и рыбными продуктами) от аккумулировавших их биотопов окружающей среды.

Литература

1. Акимкин, В. Г. Принципы организации системы обращения с медицинскими отходами: мировая практика / В. Г. Акимкин, Т. В. Тимофеева, Е. А. Зудинова // Медицинский алфавит. – 2015. – № 17, том. 2. Эпидемиология и гигиена. – С. 56–60.
2. Волкова, Л. С. О республиканском информационно-аналитическом центре экологического мониторинга / Л. С. Волкова // Арктика. XXI век. Естественные науки. – 2017. – № 1. – С. 32–37.
3. Гетьман, М. А. Лекарственные средства в окружающей среде / М. А. Гетьман, И. А. Наркевич // Ремедиум. – 2013. – № 2. – С. 50–54.
4. Гетьман, М. А. Прогнозирование и контроль поступления ЛС в окружающую среду / М. А. Гетьман, И. А. Наркевич // Ремедиум. – 2013. – № 5. – С. 36–44.
5. Глаголев, С. В. Фармаконадзор: глобальная задача – безопасное лечение пациентов / С. В. Глаголев, И. Л. Асецкая // Управление качеством в здравоохранении. – 2016. – № 3, URL: <https://e.uprzdrav.ru/489715> (дата обращения 04.11.2019).

6. Козырев, С. В. Новый фактор экологического риска: лекарственные вещества в окружающей среде и питьевой воде / С. В. Козырев, В. В. Кораблев, П. П. Якуцени // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – № 4. – С. 195–201.
7. Кузнецов, Д. А. Подходы к оценке экологической безопасности в фармации / Д. А. Кузнецов // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. XVII, № 4. – С. 202–205.
8. Онищенко, Г. Г. Санитарно-эпидемиологические проблемы обращения с отходами производства и потребления в Российской Федерации / Г. Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2009. – № 3. – С. 8–14.
9. Прожерина, Ю. Фармацевтические отходы как новая экологическая проблема / Ю. Прожерина // Ремедиум. – 2017. – № 11. – С. 14–19.
10. Щербо, А. П. Проблемы обращения с медицинскими отходами / А. П. Щербо, О. В. Мироненко // Биосфера. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 419–425.
11. Cleuvers, M. Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects / M. Cleuvers // Toxicol. Lett. – 2003. – № 142. – P. 185–194.
12. Cotruvo, J. Pharmaceuticals in drinking-water / J. Cotruvo, M. Couper, D. Cunliffe // World Health Organization. – 2012. – 52 p.
13. Huber M. M. et al. Oxidation of Pharmaceuticals during Ozonation of Municipal Wastewater Effluents: A Pilot Study / M. M. Huber, A. Gobel, A. Joss, N/ Hermann // Environ Sci Technol. – 2005. – № 39 (11). – 4290–4299.
14. Kolpin, D. W. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U. S. streams, 1999–2000: a national reconnaissance / D. W. Kolpin, E. T. Furlong, M. T. Mayer, E. M. Thurman // Environmental Science & Technology. – 2002. – Vol. 36, № 6. – P. 1202–1211.
15. Richards, S. M. Effects of pharmaceutical mixtures in aquatic microcosms / S. M. Richards, C. J. Wilson, D. J. Johnson, D. M. Castle // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2004. – Vol. 23, № 4. – P. 1035–1042.
16. Santos, L. Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment / L. Santos, A. Araujo, A. Fachini, A. Pena // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – № 175. – P. 45–95.
17. Schwaiger, J. Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. Part I: histopathological alterations and bioaccumulation in rainbow trout / J. Schwaiger, H. Ferling, H. U. Mallow, P. Wintermayr // Aquat. Toxicol. – 2004. – № 68. – P. 141–150.