

качества питьевой воды» в контексте реформирования жилищно-коммунального хозяйства. // Водопостачання та водовідведення, Київ. – 2015. - № 1. - с. 9-12.

15. Смірнова Г.М., Малігон І.Є. Дослідження прогресивних технологій утилізації осадів стічних вод міста. // Науковий вісник будівництва, Харків. – 2016. - № 4 (86). – с. 225-228.

Піліграм С.С., Епоян С.М., Смірнова Г.М., Сорокіна В.Ю., Ісакієва О.Г. ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА ХАРКОВА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БАСЕЙНУ РІКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ. Стаття присвячена визначенню шляхів зниження негативного впливу технології зневоднення осадів в природних умовах на мулових майданчиках на екологію басейну ріки Сіверський Донець. Розглядаються основні напрями, визначені інвестиційним проектом «Удосконалення системи

мулового господарства каналізаційних очисних споруд м. Харкова», який реалізується Коомунальним підприємством «Харківводоканал». **Ключові слова:** осаді стічних вод, зневоднення, мулові майданчики, очисні споруди.

Piligramm S.S., Epoyan S.M., Smirnova G.N., Sorokina V.E., Isakieva O.G. WAYS TO REDUCE THE IMPACT OF SEWAGE SLUDGE OF TREATMENT PLANTS OF KHARKOV CITY ON THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE SEVERSKY DONETS RIVER BASIN. The article is devoted to the determination of ways to reduce the negative impact of sludge dewatering technology in natural conditions on sludge beds on the ecology of the Seversky Donets River basin. The main directions identified by the investment project "Improvement of the sludge management system of sewage treatment plants of Kharkov city" are being considered, which is implemented by the Kharkivvodokanal Communal Enterprise.

Keywords: sewage sludge, dehydration, sludge areas, treatment facilities.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-269-274

УДК 504.4.054

Проскурнін¹ О. А., Ермакович² И. А., Березенко³ Е.С., Кирпичова³ И.В.

¹НИУ «Український НІІ екологічних проблем»

(ул. Бакуліна, 6, Харків, 61166, Україна; e-mail: oaproskurnin@mail.ru)

²Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова

(ул. Маршала Бажанова, Харків, 1761002, Україна)

³Луганский национальный аграрный университет

(ул. Алчевских, 44, Харків, 61000, Україна)

НОРМИРОВАНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В КОММУНАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Статья посвящена проблеме нормирования поступления фармацевтических веществ (диклофенак, бета-эстрадиол, дибазол, кетопрофен и ципрофлоксацин) в водные объекты с городскими сточными водами. Данные вещества поступают в городскую канализацию вместе с экскрементами больных. При этом на городских очистных сооружениях они не удаляются и, попадая в водный объект, накапливаются в донных отложениях, во флоре и фауне, и тем самым ухудшают состояние водных экосистем. Проблема обостряется тем, что в Украине, в отличие от стран ЕС, для указанных веществ отсутствуют нормативы их содержания в природной воде, поэтому контроль за их концентрацией в сточных водах не проводится. В статье предложен алгоритм расчета допустимого сброса данных веществ, а также предложен механизм достижения рассчитанных нормативов на сброс, которые позволят избежать чрезмерного загрязнения воды и донных отложений. Приведен демонстрационный пример расчета для Диканевских очистных сооружений (г. Харьков).

Ключевые слова: фармацевтические вещества, водный объект, сточные воды, допустимый сброс, нормирование, городская канализация, электрохимическая деструкция.

Одной из наиболее актуальных экологических задач экономически развитых стран является нормирование природопользования и, в частности, нормирование водопользования. В Украине природоохранное законодательство [1] предписывает предприятиям-водопользователям назначать предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты (ВО) с возвратными водами (сточными, дренажными или сбросными). ПДС – это максимально допустимая масса вещества, разрешенная к отведению в ВО в единицу времени. Расчет ПДС проводится исходя из требования не превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в контрольном створе ВО [2]. (Для водотоков – это не далее 500 м от выпуска.) Наиболее значимым источником загрязнения поверхностных вод по большинству показателей качества воды являются коммунальные сточные воды (СВ). Обязательными для нормирования при этом являются следующие показатели: взвешенные вещества, химическое и биохимическое потребление кислорода, хлориды, сульфаты, соединения минерального азота, фосфаты и нефтепродукты [3]. Если норматив на сброс превышает фактический уровень загрязнения, то, согласно Инструкции по разработке ПДС [4], необходимо проводить реконструкцию городских очистных сооружений с целью достижения ПДС. Для приведенного перечня веществ существующая законодательная и методическая база расчета ПДС разработана достаточно хорошо и обеспечивает экологическую безопасность водотока.

Однако, указанными веществами не исчерпывается весь состав городских СВ. В частности, серьезную экологическую угрозу создает наличие в СВ фармацевтических веществ (ФВ), которые поступают в городскую канализацию вместе с экскрементами больных, принимающих лекарственные препараты [5]. Как правило, под ФВ (лекарственный препарат, медикамент, фармацевтический препарат или просто лекарство) понимают вещество или смесь веществ синтетического или естественного

происхождения в виде лекарственных формы (таблетки, капсулы, растворы, мази и т.п.).

Чаще всего фармацевтические препараты состоят из одного или нескольких активных фармацевтических ингредиентов (АФИ) – веществ, которые в большинстве случаев имеют органическое происхождение. Кроме того, такие препараты содержат наполнители, добавки, неорганические соли или другие органические химические вещества: ароматизаторы, пигменты, красители и др. Часто последние имеют второстепенное значение для окружающей среды и не представляют опасности в сравнении с АФИ. Поэтому все исследования относительно влияния ФВ на окружающую среду проводятся относительно АФИ, которые проявляют сильные физико-химические и биологические свойства. Они были разработаны как биологически активные вещества для взаимодействия в организме человека или животного с ферментами и рецепторами. Даже небольшие изменения в химической структуре АФИ могут иметь существенное влияние и последствия для окружающей среды [5, 6].

Некоторые из ФВ поддаются биотрансформации в организме животных и человека, образуя метаболиты, которые выводятся из организма с мочой, калом и потом. Довольно часто активное вещество не полностью трансформируется или вообще не трансформируется и выводится из организма с другими метаболитами. Так, антибиотики метаболизируются в количестве от 5 до 95%. Исследования, проведенные в Германии, показали, что 75% используемых антибиотиков выводятся из организма животных и человека без изменения, то есть как АФИ [7], и далее попадают в окружающую среду и приводят к ее загрязнению.

На сегодняшний день человечество уже столкнулось с такими понятиями как лекарственная стойкость, метаболический синдром и синдром хронической усталости, которые, как свидетельствуют последние данные, связаны с изменениями в экспрессии генов в лейкоцитах. Появляются новые болезни, в том числе мутагенные

формы старых заболеваний. Многие из прежде смертельных болезней ныне имеют хроническую форму и вызывают зависимость человека от ежедневного принятия лекарственных препаратов, которые спасают и продолжают человеку жизнь. Наиболее распространенная неинфекционная заболеваемость в мире – сахарный диабет – на данный момент охватывает 366 млн. человек. В соответствии с эпидемиологическими данными, в 2030 году в мире будет насчитываться уже 552 миллионов больных этой болезнью [7]. Согласно статистическим данным, потребление антидиабетических препаратов в 2009 году в Германии достигло 2,3 т, а в Великобритании – 1,5 т. Меньше всего потребление антидиабетических препаратов в Дании, около 83 кг в год.

В Украине к наиболее употребляемым ФВ, несущим потенциальную угрозу окружающей среде, относятся прежде всего: диклофенак, бета-эстрадиол, дибазол, кетопрофен и ципрофлоксацин. От указанных ФВ не производится очистка СВ на городских очистных сооружениях, из-за чего эти вещества накапливаются в донных отложениях, во флоре и фауне ВО и тем самым ухудшают состояние водных экосистем. В Европе данные вещества рассматриваются как поллютанты и для них установлены величины допустимого содержания в природной воде [8]. При этом в Украине нормативы содержания данных ФВ в ВО отсутствуют и контроль за их поступлением в поверхностные воды не проводится. Также ФВ не входят в перечень загрязняющих веществ при оценке качества воды исходя из экологических нормативов [9, 10]. В силу этого отсутствует механизм установления допустимых сбросов ФВ в ВО и тем самым нарушается действие ст. 35 Водного кодекса, запрещающего сброс веществ, для которых не установлен норматив содержания в ВО (т.е. ПДК).

Целью настоящей статьи является разработка метода расчета допустимых сбросов ФВ в ВО, а также механизма достижения ПДС.

В работах [5, 11-15] предложен относительно недорогой способ предотвращения поступления в ВО фармацевтических веществ на стадии загрязнения ими городских сточных вод. Т.е. предлагалось проводить очистку больничных стоков перед их сбросом в городскую канализацию. Для достижения этой цели были проведены исследования по деградации фармацевтических препаратов путем электрохимической деструкции. Установлено, что использование титановых анодов с покрытием оксидом рутения в течение 10 минут в модельных растворах, имитирующих хозяйственные воды больниц, приводит к полной деструкции ФВ, а также позволяет в едином процессе электрохимической очистки дезинфицировать сточные воды от кишечной палочки. Хотя, при реальной очистке сточных вод ее эффективность может не достигать 100 %, тем не менее, именно электрохимическая деструкция может стать универсальным механизмом, позволяющим одновременно удалять устойчивые ФВ, а также дезинфицировать сточные воды от патогенных микроорганизмов. На основе теоретических и экспериментальных исследований установлена целесообразность использования способа анодного окисления для деструкции вышеперечисленных пяти фармацевтических веществ, характерных для сточных вод лечебных учреждений, и которые входят в приоритетный список загрязняющих веществ в Европе [8].

Допустимая норма сброса ФВ в водоприемник может быть определена из следующего балансового уравнения:

$$\frac{C_{\text{ПДС}} \cdot q}{Q + q} = C_{\text{ПДК}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{ПДС}}$ – искомая допустимая масса ФВ, отводимая в ВО с коммунальными СВ, г/м³; q – расход коммунальных СВ, м³/сутки; Q – расход реки-водоприемника выше сброса СВ м³/сутки; $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация ФВ в природной воде, г/м³.

Однако, согласно [4], для установления норматива на сброс помимо расчета допустимой отводимой массы вещества необходимо также предусматривать план водо-

охранных мероприятий с целью поэтапного достижения ПДС. В случае использования описанного способа очистки СВ от ФВ, план водоохраных мероприятий может быть сведен к определению доли больничных СВ, которые необходимо очистить путем электрохимической деструкции до их попадания в горканализацию. Для этого необходимо общую суточную массу, поступающую в горканализацию вещества M (г/сутки) разделять на два источника: из лечебных учреждений и от больных, проходящих лечение вне стационаров. Если h – доля лекарственного препарата, потребляемого второй категорией больных, то поступающие в горканализацию массы ФВ из стационаров и от «домашних» больных, равны соответственно $(1-h) \cdot M$ и $h \cdot M$.

Кроме того, поступающее ФВ из больничных учреждений также необходимо разделить на очищаемые и неочищаемые путем электрохимической деструкции. Если d – доля больничных СВ, подлежащая очистке перед поступлением в горканализацию, то с учетом эффективности очистки f масса ФВ в СВ, прошедших и не прошедших деструкцию, будет равна соответственно $d \cdot (1-h) \cdot (1-f) \cdot M$ и $(1-d) \cdot (1-h) \cdot M$.

Таким образом, балансовое уравнение для определения искомой величины d будет следующим:

$$\frac{d \cdot (1-h) \cdot (1-f) \cdot M + (1-d) \cdot (1-h) \cdot M + h \cdot M}{Q+q} = C_{\text{пдк}} \quad (2)$$

Решая уравнение (2) относительно искомой величины d , имеем:

$$d = \frac{1 - \frac{(Q+q) \cdot C_{\text{пдк}}}{M}}{f \cdot (1-h)} \quad (3)$$

Был проведен приблизительный расчет допустимого сброса диклофенака на примере коммунальных СВ г. Харькова. ПДК диклофенака, согласно европейским нормативам, составляет $0,0001 \text{ г/м}^3$ [8]. Проектная мощность Диканевских очистных сооружений, на которые поступает основной объем городских СВ, составляет $q = 700 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$. Водоприемником СВ является р. Лопань, меженный расход воды которой составляет $Q = 2,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом, при отсутствии предварительной

очистки расчетная концентрация вещества в р. Лопань составляет:

$$C = \frac{260}{700000 + 2,2 \cdot 3600 \cdot 24} = 0,00032 \text{ г/м}^3 \quad (4)$$

Как видно из расчета, имеет место тройное превышение допустимого норматива качества для природной воды.

Согласно приблизительным данным, суточное потребление диклофенака составляет $M=260 \text{ г}$. Основное количество лекарственного препарата принимается в стационарных больничных учреждениях. Согласно [7], можно принять $h = 0,1$. Поэтому если эффективность очистки будет достигать 95 %, то доля больничных СВ, подлежащих предварительной очистке, будет равна:

$$d = \frac{1 - \frac{(700000 + 2,2 \cdot 3600 \cdot 24) \cdot 10^{-4}}{260}}{0,95 \cdot (1-0,1)} = 0,77 \quad (5)$$

Таким образом, если 77 % больничных СВ, содержащих диклофенак, будут проходить электрохимическую обработку перед их поступлением в горканализацию, это обеспечит удовлетворительное состояние р. Лопань по данному показателю качества воды исходя из европейских стандартов.

Вывод. Приведенный в статье способ нормирования фармацевтических веществ в городских сточных водах, а также предложенный механизм достижения рассчитанных нормативов на сброс позволит избежать чрезмерного загрязнения воды и донных отложений указанными веществами.

Однако для практической реализации предлагаемой схемы нормирования ФВ в СВ необходимо проведение ряда организационных мероприятий:

1. Утверждение на законодательном уровне европейских нормативов содержания ФВ в поверхностных водах. (Либо разработка национальных нормативов с учетом возможной специфики Украины [16].)
2. Сделать обязательным для областных органов охраны здоровья предоставление статистической информации эко-

логическим органам (в случае соответствующего запроса) о потреблении ФВ в больничных учреждениях.

3. Проведение регулярных анализов состава городских СВ на предмет наличия в них ФВ.
4. Установление лечебным учреждениям, являющимся абонентами городской канализации, ограничений на сброс ФВ при заключении соответствующего договора.

При этом следует отметить, что в данной статье приведенный алгоритм расчета не учитывает пики сезонных заболеваний, во время которых отведение ФВ в горканализацию возрастает. Учет сезонных особенностей загрязнения поверхностных вод фармацевтическими веществами является предметом дальнейших исследований в данной области.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Водный кодекс Украины. К., Видавничий Дім "Ін Юре", 2004. – 138 с.
2. Проскурнин О.А., Кирпичева И.В., Кононенко А.В., Третьякова Н.В. Расчет концентрации вещества в контрольной точке водного объекта в зоне действия сбросов сточных вод // Науковий вісник будівництва. – Харків, 2017. – № 1. – т. 87. – с. 165-169.
3. Постанова Кабінету Міністрів України № 1100 від 11 вересня 1996 р. «Про Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується».
4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично-допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами: Затв. Мінприроди України 15.12.94. – Харків: УкрНЦОВ, 1994. – 79 с.
5. Samoilenko N. Analysis of studies in the field of wastewater pollution by pharmaceutical contaminants / N. Samoilenko, I. Yermakovych // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія. - 2014. - № 1140, вип. 11. - С. 101-106.
6. Carballa M. Comparison of predicted and measured concentrations of selected pharmaceuticals, fragrances and hormones in Spanish sewage / M. Carballa, F. Omil, J.M. Lema // *Chemosphere*. – 2008. - Т. 72.- С: 1118–1123.
7. Єрмакович І. А. Зниження антропогенного впливу на водні об'єкти за рахунок проведення електрохімічної деструкції фармацевтичних речовин в стічних водах / І.А. Єрмакович, Н. М. Самойленко, С. О. Смірнова // Системи обробки інформації. – 2015. – Вип. 11. – С. 196-198.
8. EU Water Framework Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (2000). Official Journal of the European Communities, 43 (22.12), 72.
9. Проскурнин О.А. Расчет допустимых сбросов возвратных вод в водные объекты с использованием балльной системы нормирования качества поверхностных вод / О.А. Проскурнина, А.И. Юрченко, Е.С. Березенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ПФ „Михайлов”, 2017. – № 2. – Т. 88. - С.239-243.
10. Васенко О.Г. Розширення переліку показників екологічної класифікації якості поверхневих вод / О.Г.Васенко, Г.А. Верніченко, Д.Ю. Верніченко–Цветков, М.С. Коваленко // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. пр. УкрНДЦЕП – Харків: ВД «Райдер», 2011. – № 33 – С. 33–48.
11. Lindqvist N. Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewages and in receiving waters / N. Lindqvist, T. Tuhkanen, L. Kronberg // *Water Research*. - 2005. – № 39. – С. 2219–2228.
12. Samoilenko N. Analysis of studies in the field of wastewater pollution by pharmaceutical contaminants / N. Samoilenko, I. Yermakovych // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Екологія. - 2014. - № 1140, вип. 11. - С. 101-106.
13. Єрмакович І. А. Использование электрохимической деструкции для обезвреживания сточных вод лечебных учреждений / Н.Н. Самойленко, И. А. Єрмакович // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. - №70.- С. 18 - 21.

Проскурнин О. А., Єрмакович І. А., Березенко Е.С., Кирпичова І.В. НОРМУВАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ РЕЧОВИН В КОМУНАЛЬНИХ СТІЧНИХ ВОДАХ, ЩО НАДХОДЯТЬ В ВОДНІ ОБ'ЄКТИ. Стаття присвячена проблемі нормування надходження фармацевтичних речовин (диклофенак, бета-естрадиол, дибазол, кетопрофен і ципрофлоксацин)

у водні об'єкти з міськими стічними водами. Дані речовини надходять у міську каналізацію разом з екскрементами хворих. При цьому на міських очисних спорудах вони не вилучаються і, потрапляючи у водний об'єкт, накопичуються в донних відкладеннях, у флорі і фауні і тим самим погіршують стан водних екосистем. Проблема загострюється тим, що в Україні, на відміну від країн ЄС, для зазначених речовин відсутні нормативи їхнього вмісту в природній воді, тому контроль за їх концентрацією у стічних водах не проводиться. У статті запропонований алгоритм розрахунку допустимого скиду даних речовин, а також наведений механізм досягнення розрахункових нормативів на скид, які дозволять запобігти надзвичайного забруднення води та донних відкладень. Наведений демонстраційний приклад розрахунку для Діканьовських очисних споруд (м. Харків).

Ключові слова: фармацевтичні речовини, водний об'єкт, стічні води, допустимий скид, нормування, міська каналізація, електрохімічна деструкція.

Proskurnin O.A., Ermakovich I.A., Berezenko E.S., Kirpichova I.V. NORMALIZATION OF PHARMACEUTICAL SUBSTANCES IN MUNICIPAL WASTE WATER ENTERING IN

WATER OBJECTS. The article is devoted to the problem of the standardization of the arrival pharmaceutical substances (diclofenac, beta-estradiol, dibazol, ketoprofen and ciprofloxacin) into water objects with municipal waste water. These substances enter municipal sewage system together with the excrements of patients. At the same time, they are not removed at city sewage-purification facilities and, getting into a water object, accumulate in bottom sediments, in flora and fauna, and thereby worsen the condition of water ecosystems. The problem is aggravated by the fact that in Ukraine, unlike the EU countries, for these substances there are no standards for their content in natural water, so control of their concentration in waste water is not conducted. In article is offered algorithm of the calculation of the possible unset these substances, and also the mechanism is proposed to achieve the calculated standards for discharge, which will avoid excessive contamination of water and bottom sediments. The demonstration example of the calculation is given for Dikanevsk sewage-purification facilities (Kharkov-city).

Keywords: pharmaceutical substances, waterbody, waste water, possible unset, standardization, municipal sewerage, electrochemical destruction.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-274-278
УДК 614.08

Скочко С.А., Нестеренко О.В., Самохвалова А.І.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури»
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: bjieknuca@gmail.com)*

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЦЕНОЗУ АКТИВНОГО МУЛУ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

Проаналізовано фази роботи активного мулу на очисних спорудах. Розглянуто склад активного мулу в різних станах на комплексі споруд каналізаційної очисної станції в м. Лозова. Рекомендується використання утвореного активного мулу як добрива та проведення подальшої дослідницької роботи його складу.

Ключові слова: активний мул, бактерії, біомаса, очисні споруди, нітрифікація.

Постановка проблеми. Зараз проблема забруднення навколишнього середовища стоїть дуже гостро, так як бездумне ставлення до природи – це прямий шлях до загибелі людства. Одним із істотних джерел шкідливих викидів є системи каналізації, оскільки пристрої цих систем передбачаються не тільки в житлових, але й у виробничих будівлях.

На сьогоднішній день у всьому світі проблема очищення стічних вод є надзвичайно серйозною, тому для її вирішення винаходять різні методи. Біологічна очистка є основним методом видалення з міських стічних вод здебільшого органічних і бактеріальних забруднень. Тому саме спорудам біологічної очистки відводиться ключова