

УДК 615:632.15:504.5

Л. В. ЕВСЕЕВА¹, К. Ю. НЕТЁСОВА², Ю. И. ГУВИН², И. А. ЖУРАВЕЛЬ³,
Н. Г. БОНДАРЬ²¹ *Общественная организация «Социальная и экологическая безопасность»*² *Национальный фармацевтический университет*³ *Харьковская медицинская академия последипломного образования*

ОЦЕНКА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УКРАИНЫ

Исследования последних лет подтверждают глобальное присутствие низких уровней лекарственных средств в сточных, поверхностных и грунтовых водах. Вопросы о возможных рисках и последствиях для окружающей среды и человека фармацевтических загрязнителей требуют оценки наличия лекарственных веществ в поверхностных водах Украины и при необходимости включения их в политику химической безопасности. На основании анализа потребления лекарственных препаратов выполнен расчет прогнозируемой экологической концентрации и произведена оценка приоритетных загрязнителей поверхностных вод Украины среди антибиотиков, гипогликемических препаратов и анальгетиков.

Ключевые слова: фармацевтические загрязнители в окружающей среде; оценка риска; прогнозируемая экологическая концентрация; поверхностные воды Украины

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Наличие лекарственных препаратов в поверхностных водах подтверждена многими исследованиями по всему миру [10, 11, 12]. Загрязнение воды фармацевтическими продуктами становится серьезной экологической проблемой мирового масштаба. Следы лекарственных средств (ЛС) обнаружены в различных водных системах [20, 22].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В 2011 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) опубликовала отчет «Лекарственные препараты в питьевой воде» как обзор большого количества исследований [18]. В отчете подтверждено, что следы ЛС обнаружены в поверхностных, грунтовых водах и даже в питьевой воде на уровне от 1 до 100 нг/л. Отрицательное воздействие на здоровье человека таких концентраций маловероятно. Однако, это стремительно растущая проблема, которая будет становиться все острее по мере роста численности населения и увеличения продолжительности жизни. Кроме того, поскольку ЛС являются биологически активными соединениями, попадая в окружающую среду они могут оказывать неблагоприятное воз-

действие на физиологию и поведение различных живых организмов даже при очень низких концентрациях. Это воздействие может быть усилено длительной экспозицией, а также сложной смесью лекарственных веществ [17, 21].

В настоящее время в мире подтверждено наличие в поверхностных и грунтовых водах более 200 лекарственных веществ и их метаболитов [16]. В ТОП-листе обнаруженных фармацевтических загрязнителей – антибиотики, нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), анальгетики, гипогликемические и гормональные препараты [17, 21].

Огромное количество лекарственных веществ поступает в окружающую среду через системы канализации. Источниками лекарственного загрязнения становятся бытовые стоки, которые формируются людьми, применяющими лекарства в медицинских целях как в домашних условиях, так и в условиях клиник. Значительное количество лекарственных субстанций плохо поддается биodeградации в системе очистных сооружений и в неизменном виде или в виде метаболитов попадает в поверхностные и грунтовые воды. Именно этот источник фармацевтического загрязнения окружающей среды практически не поддается контролю и регулированию существующими методами [19].

© Коллектив авторов, 2016

Наиболее часто обнаруживаются в поверхностных водах следующие фармацевтические препараты: Диклофенак, Карбамазепин, Ибупрофен, Сульфаметоксазол, Напроксен, Эстрон, 17-βэстрадиол, Триметоприм, Парацетамол [15].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕ РЕШЕННЫХ РАННЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

В Украине исследования по определению лекарственных препаратов в поверхностных водах до настоящего времени не проводились. Растущая озабоченность глобальным фармацевтическим загрязнением окружающей среды заставляет изучить этот вопрос и в Украине.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ

Целью наших исследований стала оценка приоритетных фармацевтических загрязнителей поверхностных вод Украины и расчет их прогнозируемой экологической концентрации (ПЭК).

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения прогнозируемых экологических концентраций (ПЭК, англ. PEC) ЛС существует несколько подходов.

В принятом в ЕС (2006 г.) Руководстве по оценке экологического риска ЛС для человека (ЕМЕА / CHMP / SWP / 4447/00) [14] приводится расчет PEC в поверхностных водах (мг/л) по формуле:

$$PEC_{surfacewater} = \frac{DOSE_{ai} \cdot F_{pen}}{WASTERW_{inhab} \cdot DILUTION},$$

где: $DOSE_{ai}$ – максимальная суточная доза потребляемого на душу населения (мг/ человек* дней); F_{pen} – доля проникновения на рынок; $WASTERW_{inhab}$ – объем сточных вод на одного жителя в сутки (л/человек*день), данные по региону; $DILUTION$ – коэффициент разведения (данные по региону).

Эта формула позволяет спрогнозировать воздействие фармацевтической субстанции на окружающую среду и используется для оценки экологического профиля новых субстанций.

Для определения PEC уже представленных на рынке фармацевтических препаратов, попадающих в окружающую среду через систему канализации, используется подход, основанный на расчете PEC исходя из известного объема потребления ЛС в определенном регионе, объема сточных вод на человека, степени экскреции препарата [5, 8, 9].

Для расчета потребления лекарственных субстанций нами были использованы показатели DDD (Defined Daily Dose – установленная суточная доза) и DIDs (Defined daily doses per 1,000

Inhabitant-Days – количество суточных доз на 1000 населения в день) [3, 13, 23]. Эти показатели были введены для получения сопоставимых данных по потреблению лекарственных препаратов и они широко используются для лекарственной статистики.

Нами проведены расчеты приоритетных фармацевтических загрязнителей по нескольким основным категориям: антибиотики, гипогликемические препараты, анальгетики.

Антибиотики

Динамика потребления в Украине антибиотиков различных групп с использованием АТС/DDD-методологии была описана в исследовании Мостового Ю. М. и Демчук А. В. [3] со ссылками на ежегодный отчет ESAC (European Surveillance of Antimicrobial Consumption Network) об использовании противомикробных лекарственных препаратов. По данным исследования наибольшее количество продаж в Украине приходится на 3 группы: пенициллины, фторхинолоны и макролиды.

Нами в ходе работы были проанализированы данные потребления отдельных представителей антибиотиков различных групп, рассчитанные по методологии АТС/DDD и выраженные в количестве суточных доз на 1000 населения за 1 день (DDD/1000/день). Среди пенициллинов больше всего применяются на рынке Украины амоксициллин и ампициллин (Л. В. Яковлева, 2013) [6], среди фторхинолонов – норфлоксацин и ципрофлоксацин (Л. В. Яковлева, 2009) [7], среди макролидов – кларитромицин и азитромицин (Л. В. Яковлева, 2015) [2].

Усредненные показатели DDDs/1000/день по этим препаратам приведены в табл. 1. Эти показатели позволяют рассчитать потребляемых лекарственных средств в пересчете на активный фармацевтический ингредиент. В расчетах использованы данные по DDD (установленная суточная норма), приведенные на сайте ВОЗ по методологии лекарственной статистики [23]. Данные о численности населения Украины взяты на сайте Государственной службы статистики Украины из отчета за 2014 год.

Гипогликемические препараты

Среди гипогликемических препаратов Метформин является одним из наиболее часто встречающихся в последнее время загрязнителей водных объектов. Стремительно растущий рынок сахароснижающих препаратов не позволяет использовать данные 5-10 летней давности. Расчеты потребления метформина за 2013 год в Украине взяты нами из обзора [1].

Общий объем потребления пероральных сахароснижающих препаратов в Украине в 2013 г. составлял 11,13 DIDs, что в 1,92 раза больше, чем

Таблиця 1

**РАСЧЕТ СРЕДНЕГОДОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ АНТИБИОТИКОВ
В УКРАИНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРА DIDs**

Наименование АФИ	DIDs (DDD/1000/день)	DDD [23] (г)	Расчетное значение потребления АФИ, т/год
<i>Приоритетные пенициллины</i>			
Амоксициллин	1,61 [6]	1,0	38,6
Амоксициллин с клавулановой кислотой	0,71 [6]	1,0	
Ампициллин	0,29 [6]	2,0	9,5
<i>Приоритетные фторхинолоны</i>			
Норфлоксацин	0,51 [7]	0,8	6,7
Ципрофлоксацин	0,50 [7]	1,0	8,2
<i>Приоритетные макролиды</i>			
Кларитромицин	0,32 [2]	0,5	2,7
Азитромицин	0,75 [2]	0,3	3,7
<i>Ко-тримоксазол</i>			
Триметоприм	0,62 [3]	0,4	4,0
Сульфаметоксазол	0,62 [3]	2,0	20,4

в 2008 г. По данным за 2006-2008 гг. значение DIDs по метформину составляло от 0,7 до 1,3 [1], а по данным 2013 г. показатель DIDs для метформина уже составил около 2,8. Расчетное значение потребления АФИ метформин для Украины за 2013 г. составляет 92,8 т/год.

Анальгетики

Анальгетики являются одними из самых востребованных препаратов на фармацевтическом рынке. В обзоре [4] приводятся данные по реализованным за 2009 год лекарственным препаратам, выраженные в количестве суточных доз (DDD) по АФИ. Используя эти данные и значе-

ния DDD для каждого АФИ нами были получены значения потребления за 2009 год в Украине наиболее востребованных (по версии первоисточника) препаратов (табл. 2).

Расчет общего объема потребления приоритетных препаратов показал, что в пересчете на АФИ наибольшее расчетное потребление (в т/год) приходится, в первую очередь, на анальгетики: ацетилсалициловую кислоту и метамизол натрия.

Вероятность эмиссии в окружающую среду наиболее используемых ЛС была определена исходя из расчетного годового потребления АФИ. Используя подход, приведенный в [5, 9], расчет

Таблиця 2

**РАСЧЕТ СРЕДНЕГОДОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ АФИ В УКРАИНЕ,
РЕАЛИЗОВАННЫХ ЗА 2009 ГОД, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗНАЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА DDD**

АФИ	млн DDD [4] 2009	DDD [23]	Расчетное значение потребления АФИ, т/год
Нафазолин	321	0,4 мг	0,1
Аскорбиновая кислота	260	0,2 г	52,0
Цианкобаламин	209	1 мг	0,02
Ацетилсалициловая кислота (АСК)	199	3 г	597,0
Еналаприл	172	10 мг	1,7
Фолиевая кислота	151	10 мг	1,5
Оксиметазолин	122	0,4 мг	0,05
Ранитидин	77	0,3 г	23,1
Фуросемид	77	40 мг	3,1
Диклофенак	74	0,1 г	7,4
Дротаверин	69	0,1	6,9
Тамсулозин	60	0,4 мг	0,02
Амлодипин	54	5 мг	0,3
Сальбутамол	52	0,8 мг	0,04
Метамизол натрия	47	3 г	141,0

Таблица 3

РАСЧЕТ ПРОГНОЗИРУЕМОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ (РЕС) ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ АФИ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ РЫНКЕ УКРАИНЫ (СРЕДИ АНТИБИОТИКОВ, ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И АНАЛЬГЕТИКОВ)

Наименование АФИ	Расчетное потребление за год, в т	Степень экскреции с мочой (F_{excr})		РЕС, мкг/л
		в неизменном виде [9]	в виде метаболита [9]	
АСК	597,0	0,6	-	10,80
Метамизол натрия	141,0	-	0,96 ¹⁾	4,08
Метформин	92,8	1,0	-	2,80
Амоксициллин	38,6	0,9	-	1,05
Сульфаметоксазол	20,4	0,4	0,6 ²⁾	0,25 0,37
Ампициллин	9,5	0,9	-	0,26
Ципрофлоксацин	8,2	0,5	0,22 ³⁾	0,12
Норфлоксацин	6,7	0,3	0,08 ⁴⁾	0,06
Триметоприм	4,0	0,5	-	0,06
Азитромицин	3,7	0,5	-	0,06
Кларитромицин	2,7	0,18	0,15 ⁵⁾	0,02

¹⁾ 4-метил-амино-антипирин; ²⁾ ацетилсульфаметоксазол; ³⁾ 4 различных метаболита; ⁴⁾ неинфицированный метаболит;

⁵⁾ 14-ОН-clarithromycin.

прогнозируемой экологической концентрации (РЕС) в поверхностных водах Украины был проведен по формуле:

$$PEC_{surfacewater} = \frac{M_{ai} \cdot F_{excr} \cdot 10^9}{WASTEW_{inhab} \cdot N \cdot DILUTION \cdot 365}$$

где: $PEC_{surfacewater}$ – прогнозируемая экологическая концентрация АФИ в поверхностных водах, (мкг/л);

F_{excr} – степень вывода АФИ из организма в результате физиологической экскреции;

M_{ai} – реализация препарата в пересчете на АФИ за год, кг;

N – количество жителей региона, человек;

$WASTEW_{inhab}$ – объем сточных вод на одного жителя в сутки (л/человек*день), данные по региону (по умолчанию, принимается равным 200 л);

$DILUTION$ – коэффициент разбавления сточных вод в поверхностных водах (данные по региону), (по умолчанию, принимается равным 10).

РЕС для наиболее употребляемых в Украине антибиотиков, гипогликемических препаратов и анальгетиков оценивали на основе сценария наилучшего случая и с учетом ряда упрощающих допущений: система канализации является основным путем поступления лекарственных средств в поверхностные воды, нет никакого удержания лекарства в очистных сооружениях (табл. 3).

Руководство по оценке экологического риска ЛС для человека (ЕМЕА / CHMP / SWP / 4447/00) предусматривает расчет прогнозируемой экологической концентрации (РЕС) в поверхностных водах. РЕС оценивается на основе сценария наилучшего случая. Если значение РЕС ниже предель-

Таблица 4

ЗНАЧЕНИЯ РЕС/PNEC ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ АФИ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ РЫНКЕ УКРАИНЫ СРЕДИ АНТИБИОТИКОВ, ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И АНАЛЬГЕТИКОВ

Наименование АФИ	РЕС, мкг/л	PNEC [24], мкг/л	РЕС/PNEC ratio
АСК	10,802	2,0E+02	0,05
Метамизол натрия (метаболит)	4,08	2,0E+01	0,20
Метформин	2,798	6,0E+01	0,05
Амоксициллин	1,048	1,6E-02	65,48
Сульфаметоксазол	0,615	5,9E-01	1,04
Ампициллин	0,258	3,30E+01	0,01
Ципрофлоксацин	0,124	3,6E-02	3,43
Норфлоксацин	0,061	5,2E-02	1,17
Триметоприм	0,060	2,0E+01	0,003
Азитромицин	0,056	4,8E+00	0,01
Кларитромицин	0,015	2,0E-01	0,07

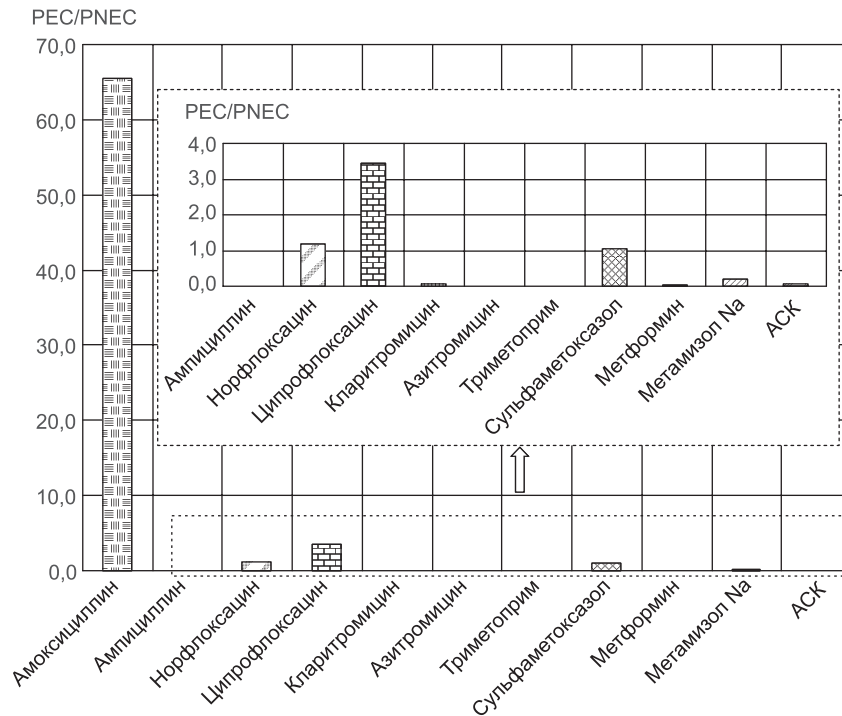


Рис. Приоритетные фармацевтические загрязнители поверхностных вод Украины на основании значения соотношения PEC/ PNEC (среди антибиотиков, гипогликемических препаратов и анальгетиков)

ного значения, установленного на уровне 0,01 мкг/л, как указано в Руководстве, следует сделать вывод о том, что лекарственный препарат вряд ли будет представлять угрозу для окружающей среды. В противном случае производится расчет отношения прогнозируемой экологической концентрации (PEC) к прогнозируемой концентрации, которая не оказывает вредного воздействия на окружающую среду (Predicted No Effect Concentration, PNEC). Значения PNEC являются справочными данными и определяются для каждого вещества на основе доступной информации, относящейся к токсическому действию вещества на водные объекты [5]. Если отношение $PEC/PNEC < 1$, то риск отрицательного влияния на окружающую среду отсутствует (на момент определения), а если $PEC/PNEC > 1$, то лекарственный препарат предположительно находится в поверхностных водах в концентрации, представляющей риск для окружающей среды [14]. Значения PEC/PNEC рассчитаны нами для наиболее часто используемых АФИ на фармацевтическом рынке Украины среди антибиотиков, гипогликемических препаратов и анальгетиков (табл. 4).

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходя из рассчитанного значения PEC/ PNEC наиболее приоритетными фармацевтическими за-

грязнителями, представляющими риск отрицательного влияния на окружающую среду в Украине, являются антибиотики амоксициллин, ципрофлоксацин, норфлоксацин и сульфаметоксазол (рис.). Расчетные результаты PEC будут проверены при дальнейших исследованиях по определению содержания фармацевтических препаратов в сточных водах, т. е. измеренных концентраций в окружающей среде (Measured Environmental Concentration, MEC). Считаемо целесообразным организацию мониторинга фармацевтического загрязнения поверхностных вод Украины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Кириченко О. М. Фармакотерапія цукрового діабету II типу: оцінка споживання пероральних цукрознижувальних препаратів на українському фармацевтичному ринку / О. М. Кириченко, О. А. Кириченко, О. І. Леонченко // *Clinical Pharmacy*. – 2015. – Vol. 19, № 2. – С. 14-18.
2. Матяшова Н. О. Аналіз споживання макролідів в Україні / Н. О. Матяшова, Л. В. Яковлева // *Клінічна фармація*. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 19-22.
3. Мостовой Ю. И. Применение антибиотиков в Украине: закономерности и тенденции / Ю. И. Мостовой, А. В. Демчук // *Антибио-*

- тикотерапия. – 2012. – № 21 (298). Режим доступа: www.health-ua.com
4. Потребление гипогликемизирующих препаратов в Украине. Анализ рынка аптечных продаж за первые 5 мес. 2008 г. // Ежемесячник Аптека 648 (27) 07.07.2008. Режим доступа: <http://www.apteka.ua/article/6810>
 5. Токсичность для водных объектов. Оценка технологий с точки зрения токсичности для водных объектов. Режим доступа: <http://alternativatech.com/printsipy-kompleksnoj-otsenki-vozdjstviya-na-okruzhayushchuyu-sredu/14-toksichnost-dlya-vodnykh-ob-ektov.html>
 6. Яковлева Л. В. Аналіз амбулаторного споживання пеніцилінових антибіотиків в Україні / Л. В. Яковлева, Н. О. Матяшова // Фармац. журн. – 2013. – № 1. – С. 26-31.
 7. Яковлева Л. В., Алексейчук А. А. Исследование потребления антибиотиков группы фторхинолонов, представленных на украинском рынке, по АТС/DDD методологии // Матер. II науч.-практ. конф. «Фармакоэкономика в Украине: состояние и перспективы развития», Харьков, 21-22 мая 2009. – Х., 2009. – 364 с.
 8. Achilleos M., Vasquez Hadjilyra I., Hapeshi E. et al. // Predicted environmental concentrations of selected pharmaceutical active ingredients in urban wastewaters in Cyprus: International Conference on the Protection and Restoration of the Environment IX, Kefalonia, Greece, 29 June – 3 July 2008.
 9. Besse J. P. Exposure Assessment of Pharmaceuticals and Their Metabolites in the Aquatic Environment: Application to the French Situation and Preliminary Prioritization / J. P. Besse, C. Kausch Barreto, J. Garric // J. of Human and Ecol. Risk Assessment. – 2008. – 14 (4). – P. 665-695.
 10. Cunningham V. L. Human health risk assessment from the presence of human pharmaceuticals in the aquatic environment / V. L. Cunningham, S. P. Binks, M. J. Olson // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 2009. – Vol. 53. – P. 39-45.
 11. Daughton C. G. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change? / C. G. Daughton, T. A. Ternes // Environ. Health Perspect. – 1999. – Vol. 107. – P. 907-938.
 12. Daughton C. G. Pharmaceutical Ingredients in Drinking Water: Overview of Occurrence and Significance of Human Exposure. ACS Symposium Series, Vol. 1048; American Chemical Society: Washington, DC, USA. – 2010. – P. 9-68.
 13. DDD Definition and general considerations. Available online: https://en.wikipedia.org/wiki/Defined_daily_dose
 14. Guideline on the environmental risk assessment of medicinal products for human use. EMEA/CHMP/SWP/4447/00
 15. Human Antimicrobial Drug Use Report 2012/2013/ Public Health Agency of Canada. Available online: <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/hamdur-rumamh/2012-2013/02-eng.php>
 16. Murdoch R. Pharmaceutical Pollution in the Environment: Issues for Australia, New Zealand and Pacific Island countries. May 2015. Available online: www.ntn.org.au
 17. Owens B. Pharmaceuticals in the environment: a growing problem / B. Owens // Pharm. J. – 2015. – Vol. 294, No 7850.
 18. Pharmaceuticals in drinking-water/ WHO/HSE/WSH/11.05/ World Health Organization 2011.
 19. Randhir P. Deo Pharmaceuticals in the Built and Natural Water Environment of the United States / P. Deo Randhir, U. Halden Rolf // Water. – 2013. – Vol. 5 (3). – P. 1346-1365.
 20. STOWA 2013-23 KWR 2013-062 Human pharmaceuticals in the water cycle. Available online: <http://www.stowa.nl/upload/publicaties/STOWA%202013%2023.pdf>
 21. Study on the environmental risks of medicinal products. FINAL REPORT. BIO Intelligence Service. – 2013. – P. 310.
 22. USEPA. Summary of the Clean Water Act. Available online: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>
 23. WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology (WHOC). Available online: http://www.whocc.no/atc_ddd_index
 24. Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. – Dessau-Roßlau, Oktober 2011.

УДК 615:632.15:504.5

Л. В. Євсєєва, К. Ю. Нетьосова, Ю. І. Губін, І. О. Журавель, Н. Г. Бондар

ОЦІНКА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД УКРАЇНИ

Дослідження останніх років підтверджують глобальну присутність низьких рівнів лікарських засобів у стічних, поверхневих і ґрунтових водах. Питання про можливі ризики і наслідки для навколишнього середовища і людини фармацевтичних забруднювачів вимагають оцінки їх наявності в поверхневих водах України і при необхідності включення їх у політику хімічної безпеки. На підставі аналізу споживання лікарських препаратів виконаний розрахунок прогнозованої екологічної концентрації (ПЕС) і проведена оцінка пріоритетних забруднювачів поверхневих вод України серед антибіотиків, гіпоглікемічних препаратів і аналгетиків.

Ключові слова: фармацевтичні забруднювачі в навколишньому середовищі; оцінка ризику; прогнозована екологічна концентрація; поверхневі води України

UDC 615:632.15:504.5

L. Ievsieieva, K. Netyosova, Iu. Gubin, I. Zhuravel, N. Bondar

ASSESSMENT OF PHARMACEUTICAL POLLUTANTS IN SURFACE WATER OF UKRAINE

Global presence of low levels of medicines in wastewater, surface water and groundwater is confirmed by recent investigations. Issues about the possible risks and consequences of pharmaceutical pollutants for the environment and human require an evaluation of the presence of medical substances in surface waters in Ukraine and, if necessary, their inclusion in area of chemical security. Based on the analysis of medicines consumption their predicted environmental concentration (PEC) was calculated; priority pollutants of surface waters in Ukraine was determined among the antibiotics, hypoglycemic agents and analgesics.

Key words: pharmaceutical pollutants in the environment; risk assessment; the predicted environmental concentration; surface waters of Ukraine

Адреса для листування:
61168, м. Харків, вул. Валентинівська, 4.
Тел. +380 50 400 94 65. E-mail: x123@ua.fm.
Національний фармацевтичний університет

Надійшла до редакції 03.10.2016 р.