

Профилактическая токсикология и гигиеническое нормирование

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.777:615.91

Мамонов Р.А., Жолдакова З.И., Синицына О.О., Юдин С.М., Печникова И.А.

КОМПЛЕКС КРИТЕРИЕВ ОПАСНОСТИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕЧНЯ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, Москва

Анализ отечественных и зарубежных документов показал необходимость корректировки существующих нормативов химических веществ в воде с учётом новых данных о неизученных ранее токсикологических свойствах, в том числе мутагенного, канцерогенного действия, влияния на эндокринную систему. Целесообразно скорректировать в пределах структурных рядов безопасные уровни с учётом закономерностей в рамках зависимости «структура – биотрансформация – активность». Необходимо критически подойти к пересмотру ПДК тех ароматических соединений, которые установлены по органолептическому признаку вредности. К пересмотру предложены нормативы 9 канцерогенов с учётом разработанных классификаций и безопасных уровней. Определение пороговых концентраций по общесанитарному показателю вредности может быть исключено из системы нормирования, так как процессы самоочищения не имеют существенного значения в климатических условиях России и относятся к экологическим показателям. Этот показатель вредности создаёт противоречие между оценкой опасности питьевых и поверхностных вод. Необходимо создать общие ПДК для групп веществ с учётом форм их присутствия в воде и совпадения механизма токсического действия с соблюдением принципа «единства норматива и метода контроля».

Ключевые слова: пересмотр ПДК; гармонизация; общесанитарный показатель вредности; единый норматив для групп веществ; зависимость «структура – биотрансформация – активность»; стабильность, биоаккумуляция.

Для цитирования: Мамонов Р.А., Жолдакова З.И., Синицына О.О., Печникова И.А. Комплекс критериев опасности для совершенствования перечня гигиенических нормативов химических веществ в воде. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(11): 1099-1102. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1099-1102>

Для корреспонденции: Печникова Ирина Александровна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенической оценки и прогнозирования токсичности веществ ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, Москва. E-mail: labtox430@mail.ru

Mamonov R.A., Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Yudin S.M., Pechnikova I.A.

COMPLEX OF HAZARD CRITERIA FOR IMPROVEMENT OF HYGIENIC STANDARDS LIST OF CHEMICALS IN WATER

Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation

Analysis of domestic (Russian) and foreign documents revealed the necessity to correct existing standards of chemicals in water according to the new data about previously unexplored toxicological properties including mutagenic, carcinogenic effects, effects on the endocrine system. It is advisable to correct safety levels within the structural sets based on the relationship "structure- biotransformation-activity". It is necessary to review critically the MACs of aromatic compounds substantiated on the organoleptic sign of harmfulness. The standards of nine carcinogens are proposed to revise with considering the classification and safety levels. Determination of threshold concentration on general sanitary index of harmfulness may be excluded from the regulation system because self-purification processes not sufficient in the Russian climatic conditions are related to ecological indices. This hazard index creates a discrepancy between the assessment of the danger of drinking and surface waters. It is necessary to create unified MACs for groups of substances in view of the forms of their presence in water and matching of toxic mechanism of action in compliance with the principle "unity of standard and method of control".

Keywords: MAC revision; harmonization; general sanitary index of harmfulness; unified standard for groups of chemicals; relationship "structure-biotransformation-activity" stability; bioaccumulation

For citation: Mamonov R.A., Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Yudin S.M., Pechnikova I.A. Complex of hazard criteria for improvement of hygienic standards list of chemicals in water. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(11): 1099-1102. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1099-1102>

For correspondence: Irina A. Pechnikova, MD, PhD, senior researcher of the Laboratory of ecologo-hygienic assessment and prediction of the toxicity of substances, "Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: labtox430@mail.ru

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment: The study had no sponsorship.

Received: 14 February 2017

Accepted: 05 July 2017

Согласно общепринятому в мировой практике и у нас в стране порядку, предельно-допустимые концентрации (ПДК) веществ в объектах окружающей среды могут подвергаться пересмотру и уточнению по мере получения новых научных данных и совершенствования методов определения токсичности и опасности веществ.

Разработанная под руководством С.Н. Черкинского в середине прошлого века система научного обоснования ПДК химических веществ в воде нашла отражение в МУ 1296–75¹.

В дальнейшем методология обоснования ПДК постоянно совершенствовалась [1, 2] и сформировалась как сложная, многокомпонентная система, учитывающая различные виды неблагоприятного влияния химических веществ на человека.

Согласно действующим в настоящее время МУ 2.1.5.720–98², программа исследований при обосновании ПДК предусматривает определение безопасных концентраций по трём показателям вредности: органолептическому, санитарно-токсикологическому и общесанитарному. Дополнительными критериями безопасности являются стабильность, способность к биоаккумуляции вещества и сравнительная токсичность исходных веществ и продуктов их трансформации в воде.

В настоящее время за рубежом все большее внимание уделяется влиянию на эстетические свойства воды, и в рамках ВОЗ увеличивается количество веществ, для которых при обосновании норматива учитывается их влияние на этот критерий [3]. Вместе с тем, общесанитарный показатель вредности не используется ни в одной зарубежной или международной методике обоснования гигиенических стандартов веществ в воде. Кроме того, в качестве одного из основных показателей опасности за рубежом рассматривается стабильность и главное – способность к биоаккумуляции, и в настоящее время наиболее опасными считаются стабильные органические загрязняющие вещества (СОЗВ).

В табл. 1 представлены примеры стандартов США по сравнению с нормативами в России.

Из табл. 1 видно, что при учёте биоаккумуляции, как это принято в США, нормативы являются значительно более жёсткими при сравнении с нормативами, когда эти показатели не учитываются. Поэтому необходимо гармонизировать или уточнить нормативы ряда веществ с учётом их стабильности и способности к биоаккумуляции.

Методики изучения токсичности веществ в нашей стране практически совпадают с принятыми в мировой практике³.

Именно этим объясняется совпадение большинства ПДК, установленных по лимитирующему санитарно-токсикологическому показателю вредности, со стандартами ВОЗ и других стран для питьевой воды. Более низкие безопасные концентрации, установленные за рубежом, для некоторых веществ по сравнению с отечественными нормативами были обусловлены наличием канцерогенных свойств, которые не исследовались в нашей стране. В настоящее время проведена гармонизация отечественных нормативов для этих соединений с международными [5].

В табл. 2 представлено распределение 1356 ПДК по лимитирующим показателям вредности.

Как видно из табл. 2, ПДК большинства веществ установлены по органолептическому признаку вредности, и только в 20% случаев лимитирующим показателем вредности является общесанитарный. Органолептический признак вредности – существенный и важный, так как ухудшение эстетических свойств воды – это первая причина отказа населения от водопотребления.

С другой стороны, ПДК с учётом изменения запаха воды установлены для так называемых ароматических органических соединений, в отношении которых в последние годы выявлены мутагенный, канцерогенный и другие виды вредных эффектов. Поэтому

Максимальные допустимые концентрации веществ (в мкг/л) в воде водных объектов некоторых штатов США и стандарты US EPA и России для питьевой воды

Вещество	Штат Вермонт	Штат Северная Каролина	US EPA стандарты	Россия ПДК
Мышьак	0,02	Не установлена	50	10
Бензол	1,2	1,19	5	1
Тетрахлорметан	0,25	0,254	5	2
Хлордан	0,00057	0,000575	2	Не установлена

токсикологические исследования, проведенные до 80-х годов прошлого века, не всегда соответствуют современным требованиям. С этим связана необходимость их корректировки с учётом новых научных данных. Примером такой корректировки может служить обоснованное нами предложение об изменении лимитирующего показателя вредности бисфенола А с органолептического на санитарно-токсикологический в связи с тем, что недавно он был отнесен к «разрушителям эндокринной системы» [6].

В последние годы в мировой практике всё больше новых веществ относят к канцерогенам. Поскольку изучение канцерогенного эффекта – это дорогостоящий и длительный процесс, целесообразно использовать методы прогноза или обобщения международных данных. Такой анализ, проведённый в 2000 г. позволил представить перечень из 46 веществ, которые относятся к 1, 2, 3 классам канцерогенности и ПДК которых подлежат пересмотру [5].

В Институте разработан метод прогноза токсичности и опасности веществ на основе зависимости «структура – биотрансформация – активность». Методика позволяет уточнить токсикометрические параметры, исходя их количественных закономерностей. В сочетании с логико-комбинаторным ДСМ-методом (*Прим. ред.* – ДСМ-метод назван в честь его «разработчика» Джона Стюарта Милля) методика позволяет выявить вероятность и степень проявления специфических свойств веществ, в том числе аллергенного, канцерогенного, мутагенного и способности к метгемоглобинообразованию. Например, обоснована высокая вероятность канцерогенного действия ряда неизученных веществ [7, 8].

В табл. 3 приведены примеры веществ, нормативы которых предлагается пересмотреть с учётом прогноза и разработанной нами классификации опасности веществ по канцерогенному эффекту [9].

Дополнительным способом выявления веществ, ПДК которых подлежат корректировке, может служить выявление статистическими методами «аутлайнеров» в рядах структурно-родственных соединений [10].

Третий показатель вредности – общесанитарный – характеризует безопасность веществ по влиянию на процессы естественного самоочищения в поверхностных водных объектах. Самоочищение представляет собой сложный биохимический процесс, обусловленный нормальной жизнедеятельностью водного биоценоза. Загрязнение воды химическими веществами в опасных концентрациях может привести к гибели отдельных представителей биоценоза и, как следствие, к нарушению экологического равновесия водного объекта.

Вместе с тем, с учётом климатических условий на большей части страны (длительного холодного осенне-зимне-весеннего периода) процессы самоочищения протекают только в короткий тёплый период и не имеют существенного значения при оценке опасности веществ.

Кроме того, нормативы, установленные по влиянию на процессы самоочищения, создают противоречие между реальным уровнем опасности питьевой воды и воды водных объектов, что может приводить, к тому, что безопасная для человека питьевая вода не может сбрасываться в водные объекты без дополнительной очистки. Поэтому авторы СанПиН 2.1.4.1074–01⁴ попыта-

¹ Методические указания по разработке и научному обоснованию ПДК вредных веществ в воде водоемов. № 1296 – 75, утв. Минздравом СССР 15.04.75 г.

² Методические указания по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: МУ 2.1.5.720–98. М., 1998. – 45 с.

³ Руководство Р 1.2.3156–13 Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. – 639 с.

⁴ СанПиН 2.1.4.1074–01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

Таблица 2

Количество ПДК, установленных по лимитирующим показателям вредности

Признак вредности	Количество веществ
Санитарно-токсикологический	490
Органолептический	657
Общесанитарный	209

лись устранить это противоречие, исключив из перечня ПДК, представленного в Приложении 2, вещества, ПДК которых установлены по общесанитарному признаку вредности. Таким образом 20% веществ оказались вне санитарного контроля.

За рубежом (Директива 2000/60/ЕС) этот показатель вредности отнесён к экологическим и не учитывается ни в одной стране при обосновании нормативов, обеспечивающих безопасные условия водопользования населения.

Поэтому целесообразно отказаться от общесанитарного показателя вредности и пересмотреть ПДК веществ, установленные по влиянию на процессы естественного самоочищения водных объектов, определив безопасные уровни по санитарно-токсикологическому или органолептическому показателю. Однако влияние на активность БПК может использоваться как первый этап изучения трансформации и способности к биодеградации веществ [11, 12].

В некоторых случаях для соединений, относящихся к одному классу по химической структуре, существует только групповой аналитический метод (анионные ПАВ, производные оксидилендифосфоновой кислоты (ОЭДФК), полимеры с разной молекулярной массой, разные формы металлов и других неорганических веществ и др.), что не позволяет выявлять вещества в случае, если их ПДК дифференцированы. Поэтому установление дифференцированных нормативов для таких веществ не имеет практического смысла. Это обусловило обоснование единых нормативов для нескольких групп веществ.

Примером такого обоснования может служить разработка единого норматива для ОЭДФК и её производных (медьаммонийного и цинкового комплексов, комплексов натриевой, монокалиевой, тринатриевой и триаммонийной солей) на уровне 0,6 мг/л (по ОЭДФК) в связи с отсутствием дифференцированных методов их определения [13].

В методических указаниях по обоснованию ПДК-веществ в воде приведены методы изучения трансформации веществ в воде, при этом справедливо обращается внимание на сравнительную оценку токсичности и опасность исходных веществ и продуктов их трансформации. Исследования поведения химических веществ должны учитываться и при разработке методов аналитического контроля.

В частности, обобщение данных литературы показало [14], что для группы соединений, относящихся к классу симтриазинов, установлены различные уровни безопасности: для циануровой кислоты – 6 мг/л, для дихлорциануровой кислоты (ДХЦК) – 4 мг/л, для мононатриевой соли циануровой кислоты – 25 мг/л (по органолептическому показателю вредности (привкус)). В собственных токсикологических экспериментах обоснована максимальная действующая доза трихлорциануровой кислоты (ТХЦК) на уровне 1 мг/кг веса животных, т. е. 20 мг/л воды. Пороговые концентрации по влиянию на привкус воды составили: ДХЦК – 12,9 мг/л (6,5 мг/л по циануровой кислоте), ТХЦК – 12 мг/л (6,6 мг/л по циануровой кислоте). Так, ТХЦК и натриевая соль ДХЦК применяются для обеззараживания воды в бассейнах, т. к. диссоциируют в воде с образованием циануровой кислоты и активного хлора. Поэтому контроль за их содержанием в воде должен осуществляться по двум показателям – активному хлору и циануровой кислоте. Поскольку именно циануровая кислота является высокостабильной, с учётом совпадения характера токсиколого-гигиенических свойств, механизма диссоциации и гидролиза хлорированных циануратов, а также принципа «единства норматива и метода его контроля» обосно-

Таблица 3

Вещества, нормативы которых предлагается пересмотреть с учётом канцерогенного эффекта на основании разработанной классификации

Название	ПДК, мг/л	Лимитирующий признак вредности, класс опасности	Класс опасности по канцерогенной активности
Акрилонитрил	2,0	с.-г., 2	2
Гептахлор	0,05	с.-г., 2	2
Гидразин	0,01	с.-г., 2	1
Катехол	0,01	орг., окр., 4	3
о-Нитроанизол	0,3	орг., привк., 3	2
Нитрометан	0,005	орг., зап., 4	3
Пиридин	0,2	с.-г., 2	2
1,2,3-Трихлорпропан	0,07	орг., зап., 3	1
Бензотрихлорид	0,001	с.-г., 2	1

вана единая ПДК для циануровой кислоты и её производных на уровне 6 мг/л по органолептическому показателю вредности с контролем по циануровой кислоте.

Обоснованные до 90-х годов прошлого века ПДК-веществ в воде не всегда сопровождались разработкой адекватных методов аналитического контроля. Кроме того, ряд методов предусматривает применение неиспользуемого в настоящее время устаревшего оборудования, что вызывает необходимость проведения анализа зарубежных и отечественных методов определения веществ в воде, обобщения используемых и разработки новых методов или исключения из перечня ПДК тех веществ, которые не обеспечены адекватными методиками определения.

В настоящее время постоянно изменяется законодательство, направленное на охрану окружающей среды и здоровье человека. Это вызывает необходимость определить статус ориентировочных допустимых уровней (ОДУ) химических веществ в воде, сроки их действия, а также уточнить перечень веществ, для которых установлены ОДУ, с учётом новых данных об их токсичности и опасности.

Следовательно, необходимо пересмотреть перечень ПДК и ОДУ веществ в воде водных объектов с учётом следующей информации:

- новые данные о токсичности веществ;
- зарубежные нормативы;
- стабильность и способность к биоаккумуляции;
- зависимость «структура – биотрансформация – активность» в рядах соединений;
- зависимость механизма токсического действия от структуры веществ;
- несоответствие общесанитарного показателя вредности задачам охраны здоровья населения;
- «единство норматива и метода его контроля»;
- наличие адекватных методов аналитического контроля в воде.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Исключить общесанитарный показатель вредности из методологии нормирования химических веществ в воде и пересмотреть ПДК веществ, для которых установлены нормативы по этому показателю.

2. Актуализировать нормативы веществ в воде с учётом новых данных о токсичности и опасности, а также изменениях показателей вредности.

3. Необходимо создать общие ПДК для групп веществ с учётом форм их присутствия в воде и совпадения механизма токсического действия с соблюдением принципа «единства норматива и метода контроля».

4. Привести в соответствие перечень ПДК и методы контроля химических веществ в воде.

5. Уточнить перечень веществ, для которых установлены ОДУ, с учётом новых данных об их токсичности и опасности.

Усовершенствованная система контроля за безопасными условиями хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не исключает дифференцированных требований к отдельным видам вод, например, к воде плавательных бассейнов и воде, расфасованной в ёмкости.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 3, 6 см. References)

1. Красовский Г.Н., Жолдакова З.И., Пешков А.С. и др. Экспресс-экспериментальные методы прогнозирования токсичности веществ в воде на основании схемы этапного нормирования. В кн.: *Гигиеническая оценка вредных веществ в воде: опыт сотрудничества стран-членов СЭВ.М.*; 1987: 137–45.
2. Жолдакова З.И., Синицына О.О., Полякова Е.Е. Проблема стабильности и трансформации в комплексном гигиеническом нормировании химических веществ. *Гигиена и санитария*. 2002; 81(6): 71–5.
3. Красовский Г.Н., Егорова Н.А. Гармонизация гигиенических нормативов с зарубежными требованиями к качеству питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2005; 84(2): 10–3.
4. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В., Синицына О.О. Современное состояние вопроса о безопасном уровне бисфенола А. Уточнение предельно допустимой концентрации бисфенола А в воде водных объектов. *Токсикологический вестник*. 2012; (4): 19–25.
5. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В. Комплексная система прогноза токсичности и опасности веществ, основанная на использовании соотношений структура-биотрансформация-токсичность. *Токсикологический вестник*. 2013; (5): 33–5.
6. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В. Прогноз безопасных уровней канцерогенов в воде на основе классификации канцерогенной опасности. В кн.: *Материалы III Съезда токсикологов*. М.; 2008: 118–9.
7. Харчевникова Н.В. *Научные основы прогноза токсичности и опасности химических веществ с учётом механизма токсического действия*: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М.; 2011.
8. Жолдакова З.И., Зайцева И.В., Степанова М.Б. Сравнительное изучение способности к трансформации производных антрахинона в водной среде. *Гигиена и санитария*. 1988; 67(1): 54–65.
9. Зайцева И.В., Жолдакова З.И., Степанова М.Б. Расчёт пороговых концентраций веществ по влиянию на процессы самоочищения водоёмов. *Гигиена и санитария*. 1987; 66(3): 14–5.
10. Синицына О.О., Жолдакова З.И., Карамзин К.Б., Тульская Е.А. Обоснование обобщенной предельно допустимой концентрации оксидилендифосфоновой кислоты и ее производных в воде. В кн.: *Сборник докладов 7-го Международного конгресса «Вода: экология и технология». Часть II*. М.; 2006.
11. Печникова И.А., Синицына О.О., Жолдакова З.И., Мамонов Р.А. Сравнительная оценка токсичности и опасности сим-триазинов в воде на примере производных циануровой кислоты и меламина. В кн.: *Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых и специалистов «Окружающая среда и здоровье. Гигиена и экология урбанизированных территорий», посвященная 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина» Минздрава России*. М.; 2016: 361–6.

References

1. Krasovskiy G.N., Zholdakova Z.I., Peshkov A.S., et al. Express-experimental methods for prediction of substances toxicity in water, based on the landmark scheme valuation. In: *Hygienic Assessment of Harmful Substances in the Water: The Experience of Co-operation of the Comecon [Gigienicheskaya otsenka vrednykh veshchestv v vode: opyt sotrudnichestva stran-chlenov SEV]*. Moscow; 1987: 137–45. (in Russian)
2. Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Polyakova E.E. The problem of stability and transformation in complex hygienic rationing of chemicals. *Gigiena i sanitariya*. 2002; 81(6): 71–5. (in Russian)
3. WHO. Guidelines for drinking-water quality. Geneva; 2011.
4. Krasovskiy G.N., Egorova N.A. Harmonisation of hygienic standards with international requirements to the quality of drinking water. *Gigiena i sanitariya*. 2005; 84(2): 10–3. (in Russian)
5. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V., Sinitsyna O.O. Current state of the issue of bisphenol A toxicity at exposure in doses close to those recognized safe. *Toksikologicheskii vestnik*. 2012; (4): 19–25. (in Russian)
6. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V. Prediction of the Hazard of Chemicals with Regard to Metabolism. *Toxicol. Lett.* 2000; 116(S1): 17.
7. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V. A complex system for predicting substances toxicity and hazard based on the application of the structure-biotransformation-toxicity relationship. *Toksikologicheskii vestnik*. 2013; (5): 33–5. (in Russian)
8. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V. Forecast of safe levels of carcinogens in the water on the basis of the classification of carcinogenic risk. In: *Proceedings of III Toxicologists Congress [Materialy III S'ezda toksikologov]*. Moscow; 2008: 118–9. (in Russian)
9. Kharchevnikova N.V. *Scientific basis for the forecast of the toxicity and hazards of chemicals consistent with the mechanism of the toxic effect*: Diss. Moscow; 2011. (in Russian)
10. Zholdakova Z.I., Zaytseva I.V., Stepanova M.B. Comparative study of the ability to transformation of anthraquinone derivatives in water. *Gigiena i sanitariya*. 1988; 67(1): 54–65. (in Russian)
11. Zaytseva N.V., Zholdakova Z.I., Stepanova M.B. Calculation of threshold concentrations to influence the processes of self-purification of water bodies. *Gigiena i sanitariya*. 1987; 66(3): 14–5. (in Russian)
12. Sinitsyna O.O., Zholdakova Z.I., Karamzin K.B., Tul'skaya E.A. Substantiation of generalized maximum allowable concentration of oxyethylidenediphosphonic acid and its derivatives in water. In: *Proceedings of the 7th International Congress «Water: Ecology and Technology». Part II [Sbornik dokladov 7-go Mezhdunarodnogo kongressa «Voda: ekologiya i tekhnologiya». Chast' II]*. Moscow; 2006. (in Russian)
13. Pechnikova I.A., Sinitsyna O.O., Zholdakova Z.I., Mamonov R.A. Comparative assessment of toxicity and danger sim-triazines in water for example derivatives of cyanuric acid and melamine. In: *Proceedings of the VI Russian scientific-practical conference with international participation of young scientists and specialists «Environment and Health. Hygiene and Ecology of the urbanized territories», dedicated to the 85th anniversary of the State Organization «Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene named after A.N. Sytin» of the Ministry of Health of Russia [Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem molodykh uchennykh i spetsialistov «Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e. Gigiena i ekologiya urbanizirovannykh territoriy», posvyashchennaya 85-letiyu FGBU «NII ECh i GOS IM.A.N. Sysina» Minzdrava Rossii]*. Moscow; 2016: 361–6. (in Russian)

Поступила 14.02.2017
Принята к печати 05.07.2017