

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ НАСЕЛЕНИЕМ ГОРОДОВ КРЕМЕНЧУГ, СВЕТЛОВОДСК И КОМСОМОЛЬСК

Д. М. Саламатин

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

Проанализированы результаты токсикологических исследований поверхностных водоемов, используемых для водозабора в городах промышленного региона Среднего Приднестровья: Кременчуге, Светловодске и Комсомольске. Для определения уровня токсичности водных проб использован метод биотестирования, нормированный РД-118-02-90 и ДСТУ 4173:2003. Показано, что вода из Кременчугского и Днепродзержинского водохранилищ не оказывает токсического действия на тест-объект *Scenedesmus quadricauda*. Уровень токсического влияния воды на разных стадиях подготовки на тест-объект *Daphnia magna* зависит от ряда биогенных и абиогенных факторов, обсуждаемых в статье.

Ключевые слова: гидробионты, водохранилища, биотестирование, токсичность, водоподготовка.

РЕЗУЛЬТАТИ БІОТЕСТУВАННЯ ВОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ НАСЕЛЕННЯМ МІСТ КРЕМЕНЧУК, СВІТЛОВОДСЬК І КОМСОМОЛЬСЬК

Д. М. Саламатін

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

Проаналізовано результати токсикологічних досліджень поверхневих водойм, що використовуються для водозабору в містах промислового регіону Середнього Придніпров'я: Кременчуці, Світловодську та Комсомольську. Для визначення рівня токсичності водних проб застосований метод біотестування, нормований РД-118-02-90 та ДСТУ 4173: 2003. Показано, що вода з Кременчуцького та Дніпродзержинського водосховищ не має токсичної дії на тест-об'єкт *Scenedesmus quadricauda*. Рівень токсичного впливу води на різних стадіях підготовки на тест-об'єкт *Daphnia magna* залежить від ряду біогенних і абіогенних факторів, що обговорюються в статті.

Ключові слова: гідробіонти, водосховища, біотестування, токсичність, водопідготовка.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Водные поллютанты вызывают количественные и качественные изменения в составе биогидроценозов: численность и биомасса одних видов резко снижается, вплоть до полного исчезновения, другие массово развиваются, приходя на смену предыдущим, третьи появляются впервые. Видовой состав и численность гидробионтов быстро реагирует даже на незначительное загрязнение воды, не всегда определяемое химическими методами. Поэтому, живые организмы зарегулированных рек следует рассматривать в трех основных аспектах: как природный возобновляемый ресурс (биомасса для получения топлива, корма или удобрения), как индикатор экологического состояния и как фактор формирования качества природной воды.

Интенсивная техногенная деятельность человека привела к загрязнению всех геологических сред, особенно гидросферы. Актуальность этой проблемы обусловлена использованием воды для питьевых, технологических, хозяйственно-бытовых, агротехнических и других нужд. За последние 15–20 лет все чаще регистрируются вспышки заболеваний как известной, так и неизвестной этиологии в сочетании с анафилактической реакцией, что напрямую связано с качеством вод, поступающих в системы водоснабжения населенных пунктов.

В связи с этим вызывает озабоченность ситуация, сложившаяся в Кременчугском промышленном регионе (гг. Кременчуг, Светловодск и Комсомольск Полтавской и Кировоградской областей) из-за резкого ухудшения качества воды в Кременчугском и Днепродзержинском водохранилищах, а соответст-

венно, и в городских системах водоснабжения. Учитывая систематический сброс со сточными водами огромного количества биогенных элементов агрогенного и техногенного происхождения, наблюдаются интенсивный рост и развитие микроводорослей, в том числе токсичных цианобактерий.

Экологические проблемы, связанные с токсичностью природных вод в точках водозабора особенно остро дали о себе знать в регионе наших исследований в период с 2005 по 2015 г.г., когда резко увеличилась заболеваемость гепатитом, дизентерией, а также наблюдались случаи заболевания органов дыхания неизвестной этиологии, например, токсикоаллергическим бронхоальвеолитом (ТАБА) жителей г. Комсомольск. Анализ ретроспективы пятилетней заболеваемости позволил выявить четкий сезонный характер этой патологии с обострением в октябре–декабре каждого года. К решению этой проблемы были привлечены ведущие институты и научно-исследовательские центры Украины: УкрНИИЭП, НИИ медицинской радиологии, Национальный клинико-иммунологический центр и др. [1–3].

Часть исследователей склоняется к тому, что причиной заболеваемости в г. Комсомольск является загрязнение атмосферного воздуха аэрозолями серной и соляной кислот в сочетании с выбросами мелкодисперсных частиц оксидов металлов. Другие считают основной причиной ТАБА массовое развитие синезеленых водорослей (цианобактерий), выделяющих в воду альготоксины различной химической природы: от самых простых по структуре (например, аммиака) до фенолов, полипептидов, алка-

лоидов и полисахаридов [4, 5]. Дополнительный вклад в увеличение токсичности воды в источниках водоснабжения вносит, на наш взгляд, сама система водоподготовки [6].

Целью нашего исследования является проведение и анализ результатов биотестирования проб воды [7], отобранных на створах Кременчугского и Днепродзержинского водохранилищ с использованием в качестве тест-объектов ракообразных *Daphnia magna* [8], а также культуры зеленых водорослей *Scenedesmus quadricauda* [9] для определения уровня токсичности исследуемой воды. Пробы для биотестирования на хлорококковых водорослях отбирались в соответствии с унифицированными методами три раза в месяц на протяжении апреля–августа 2016 г. Створы были установлены на восточной части дамбы Кременчугского водохранилища (нижний бьеф) и возле свай старого Крюковского моста на Днепродзержинском водохранилище (верхний бьеф).

Пробы воды для биотестирования на низших ракообразных отбирались в трех точках системы водоснабжения г. Кременчуг, Светловодск и Комсомольск: в местах водозабора, после прехлорирования и коагуляции, а также на выходе в городскую систему водоснабжения). Биотестирование основано на установлении разницы между количеством погибших дафний в тестируемой воде в сравнении с контролем. Критерием острой летальной токсичности является гибель 50 и более % организмов в опыте по сравнению с контролем за 24 часа тестирования.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В ходе кратковременного (для определения острой токсичности) и длительного (для определения хронической токсичности) тестирования какое-либо токсическое действие воды на модельные организмы (*Scenedesmus quadricauda*) не было выявлено (табл.). Этот факт подтверждается также результатами гидрохимического анализа, в частности отсутствием токсичных ингредиентов [10].

При изучении качества воды в Кременчугском промышленном регионе было выявлено, что вода используемая в г. Кременчуг, существенно отличается от воды, подаваемой в г. Комсомольск. Качество воды, используемой населением г. Светловодска по результатам биотестирования занимает промежуточное положение. С целью выявления различий в качестве воды была исследована ее токсичность методом биотестирования проб из створов, установленных в местах водозабора городов Кременчуг, Светловодск и Комсомольск, отобранных с периодичностью четыре раза в месяц на протяжении июня–октября 2016 г.

Полученные результаты были сведены в табличные матрицы, на основании которых построены гистограммы минимального и максимального уровня токсичности воды на трех стадиях подготовки в Кременчуге, Светловодске и Комсомольске (рис. 1, 2). Анализ этих зависимостей позволил прийти к следующим выводам:

– минимальные значения летальности тест-объекта составили от 5 (для Кременчуга) до 45 %

(для Комсомольска) на всех стадиях водоподготовки, что указывает на отсутствие острого токсического действия воды на него;

– максимальные значения летальности тест-объекта составили от 10 (для Кременчуга) до 90 % (для Комсомольска), что указывает на отсутствие острого токсического действия воды на него на первых двух стадиях водоподготовки (меньше 50 %);

– острая токсичность воды – 70, 85 и 90 % выявлена в точках ее входа в городские системы водоснабжения Кременчуга, Светловодска и Комсомольска соответственно (рис. 1, 2).

– токсикологическая характеристика воды в случаях летальных для тест-объекта концентраций усугубляется по мере ее постадийной подготовки (от водозабора через прехлорирование и коагуляцию до выхода в системы водоснабжения).

ВЫВОДЫ. Таким образом, в результате исследований обнаружены всплески острой токсичности до 70–90% летальности дафний с периодичностью в 9–12 дней. На наш взгляд, это объясняется причинами экзогенного характера биологического и химического происхождения.

Интенсивное развитие фитопланктона в исследуемых водохранилищах, источниках водоснабжения в летний период с последующим его отмиранием приводит к аккумуляции специфических органических веществ, а при совместном их присутствии – к эффекту суммации токсического действия. Это хлороформ, образующийся при распаде отмирающей массы фитопланктона, пептиды, органические кислоты, сложные эфиры, терпеновые соединения, производные фенола и др. [11].

Нельзя исключать из возможных причин увеличения токсичности воды и процессы инфильтрации из подземных водоносных горизонтов через донные отложения. Особенно это касается соединений ряда фенолов, способных распространяться на достаточно большие расстояния (10–12 км) от точки поступления до главного водоносного горизонта.

Ухудшение качества природных вод, на наш взгляд, обусловлено также исчезновением на протяжении последних десятилетий типичных для поверхностных водоемов видов зеленых микроводорослей из родов *Pediastrum*, *Volvox*, *Scenedesmus*, *Chlorella* и др. На их место пришли доминирующие в настоящее время виды цианобактерий из родов *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabeana*, и др.

В связи с этим возросли интенсивность и продолжительность «цветения» воды. Наиболее интенсивным этот период в Днепродзержинском водохранилище регистрируется на протяжении последних пяти лет, что резко снижает качество воды в Речище (водозабор г. Комсомольск), откуда поступает вода на водоочистные сооружения и далее в населенный пункт. Вполне вероятно, что из-за накопления отмерших частей водорослей в придонном слое и последующих процессов распада этой массы в воду высвобождаются значительные количества альго-токсинов.

Таблиця – Результати біотестування проб из Кременчугського (1) и Днепродзержинського (2) водохранилищ с использованием *Scenedesmus quadricauda*

Месяц отбора проб, 2016	Анализируемая вода	Экспозиция тестирования, сутки	Численность тест-объекта, тыс. кл./см ³		Коэффициент прироста численности тест-объекта			Оценка тестируемой воды
					1	2	Критерий достоверности	
			1	2				
октябрь	Контроль	0	48,50	49,85	2,47	2,50	0,023	Тестируемая вода не оказывает ни острого, ни токсического действия
		4	119,80	124,57	3,27	3,28		
		14	158,62	163,83	3,45	3,39		
	Тест	0	48,54	49,88	2,35	2,40		
		4	114,29	120,55	3,14	3,17		
		14	153,74	157,86	3,33	3,29		
сентябрь	Контроль	0	39,71	40,40	3,47	3,51	0,012	
		4	138,00	141,81	3,79	3,82		
		14	150,65	154,39	4,11	4,23		
	Тест	0	39,74	40,44	3,02	3,04		
		4	120,96	122,82	3,66	3,69		
		14	145,45	149,02	3,98	3,71		
август	Контроль	0	50,78	48,20	3,14	3,18	0,045	
		4	159,70	163,29	3,45	3,48		
		14	175,47	178,65	3,11	3,12		
	Тест	0	50,78	48,22	2,95	3,98		
		4	149,95	153,64	3,15	3,19		
		14	160,44	153,74	3,46	3,37		
июнь	Контроль	0	42,30	45,70	3,51	3,53	0,039	
		4	148,59	151,35	3,67	3,70		
		14	155,41	160,90	3,77	3,80		
	Тест	0	42,35	45,71	3,14	3,19		
		4	132,90	145,72	3,47	3,49		
		14	147,25	159,55	3,61	3,54		
июнь	Контроль	0	47,33	48,27	3,18	3,24	0,017	
		4	150,75	155,18	3,58	3,64		
		14	169,50	175,41	3,76	3,81		
	Тест	0	47,33	48,20	3,14	3,16		
		4	148,78	152,30	3,53	3,58		
		14	167,49	172,55	3,67	3,74		

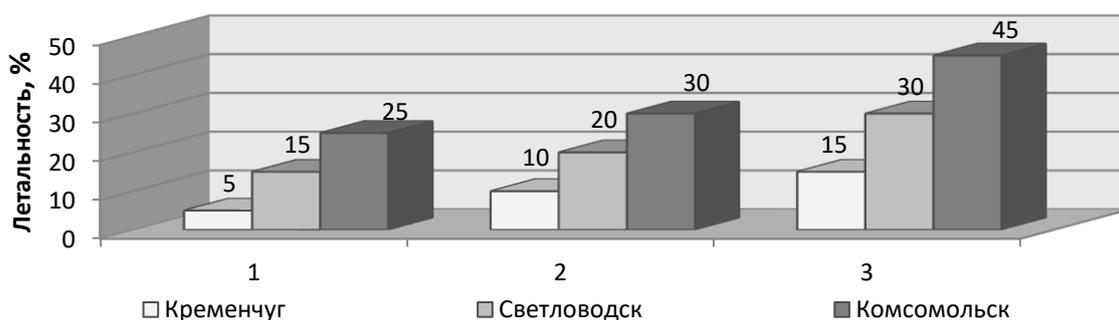


Рисунок 1 – Минимальные значения летальности дафний на трех стадиях водоподготовки

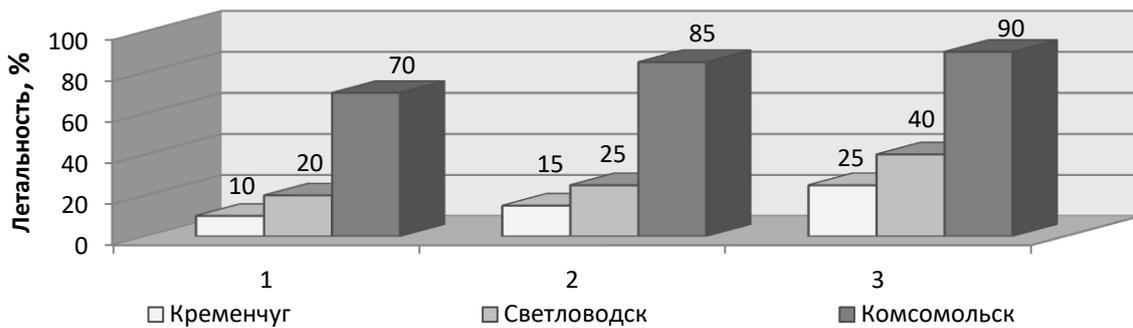


Рисунок 2 – Максимальные значения летальности дафний на трех стадиях водоподготовки

На всплески токсичности влияет также небольшая глубина в точке водозабора (до 10 м), что способствует прогреванию водоема летом, когда в результате «цветения» микроводорослей при наличии сульфата железа (II), происходит активация окислительных процессов. Вследствие этого выделяются сероводород, диоксид серы и другие газы, растворяющиеся в воде с образованием слабых кислот. Проходя водоочистку, они остаются в системах водоснабжения и значительно увеличивают проницаемость клеточных мембран живых организмов.

Установлено, что в процессе хлорирования также происходит высвобождение альготоксинов, а также частичное образование хлороформа [6]. При использовании такой воды, в горячем водоснабжении особенно, происходит вдыхание хлороформа, а в сочетании с уже присутствующими в воде частично растворенными сероводородом, аммиаком и диоксидом серы, происходит усиление токсического действия. В результате могут наблюдаться удушье, нарушение сердечного ритма, атония, анафилактическая реакция, а у ослабленных другими функциональными нарушениями людей и анафилактический шок.

Таким образом, важнейшим условием восстановления нарушенной структурно-функциональной организации экосистемы водоема, используемого для водоснабжения г. Комсомольск, является увеличение частоты водообмена в 7–10 раз посредством его углубления и сокращения пути прямого поступления воды из Днепродзержинского водохранилища.

С высокой степенью вероятности ситуация, возникшая в Кременчугском промышленном регионе, может повториться в любой точке днепровского каскада водохранилищ, поскольку их использование регламентируется санитарными нормами без учета их биологических и химических особенностей. Полученные результаты указывают на необходимость детального изучения экологической ситуации на местах с целью выработки эффективных мероприятий, направленных по улучшению качества воды, поступающей в системы питьевого водоснабжения, включая фоновый экологический гидромониторинг [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитрієва О.О. Звіт про НДР «Комплекс еколого-медичних досліджень щодо захворювання

населення м. Комсомольська на альвеоліт та технічні рішення щодо зміни умов водозабору і коректування технологічної схеми підготовки питної води». Укр. НДІЕП. Г/д № 4.4-85. – Харків, 1999. – 68 с.

2. Кайдашев И.П. Отчет о НИР «Изучение некоторых показателей резистентности организма больных бронхо-легочной патологией неизвестной этиологии в г. Комсомольск Полтавской области». УМ-СА. – Полтава, 1998. – 17 с.

3. Сова Р.Ю. Результаты санитарно-гигиенического анализа проб воды з м. Комсомольська Полтавської області. – ЕКОГІНТОКС. – Київ, 2000. – 12 с.

4. Горюнова С.В., Демина Н.С. Водоросли – продуценты токсических веществ. – М., 1974. – 256 с.

5. Carmichael W.W. Algal Toxins and Health. Water Environment // Environmental Sci. Res. New York: Plenum Press, 1981. Vol. 20. – P. 325–338.

6. Влияние условий хлорирования на образование хлороформа / Л.И. Гюнтер, Л.П. Алексеєва, Я.Л. Хромченко // Химия и технология воды. – 1985. – № 6. – С. 65–67.

7. Біотестування як метод оцінки якості питних вод // Вісник національної академії наук України. – 2006. – № 10. – С. 55–57.

8. ДСТУ 4173:2003. Національний стандарт України. Якість води визначення гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*, *Crustacea*). – К., 2004. – 42 с.

9. Методическое руководство по биотестированию воды РД-118-02-90 / под ред. Крайнюковой А.Н. – М.: Госкомприрода, 1991. – 48 с.

10. Никифоров В.В. Результаты гидрохимико-биологического анализа и биотестирования природных вод акватории проектируемого регионального ландшафтного парка «Кременчугские плавни» // Вестник Харьковского политехнического университета, 2000. Серия «Новые решения в современных технологиях». – Т. 77 – С. 3–7.

11. Марченко В.П. Влияние некоторых продуктов разложения синезелёных водорослей на формирование запаха природных вод // Научные основы технологии обработки воды. – К.: Наук. думка, 1975. – Вып. 2. – С. 113–116.

12. Никифоров В.В., Штрбова Є.Д. Биотестирование в системе гидроэкологического мониторинга // Экологическая безопасность. – Кременчуг, 2011. – № 1 (11). – С. 31–35.

THE RESULTS OF THE BIOTESTING OF WATER USED BY CITIZENS OF KREMENCHUK, SVETLOVODSK AND KOMSOMOLSK

D. Salamatin

Kremenchuk Mikhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine.

Purpose. To conduct and analyze the results of the biotesting of water samples, selected at the sites of the Kremenchug and Dneprodzerzhinsk reservoirs using crustaceans and green algae as a test object. **Methodology.** To determine the level of water samples toxicity, the biotesting method standardized by RD-118-02-90 and DSTU 4173:2003 was used. The hydrobionts of the regulated rivers should be considered in three main aspects: as a natural renewable resource (biomass for the production of fuel, fodder or fertilizers), as an environmental indicator and as a factor in the formation of the quality of natural water. The results of toxicological studies of surface water bodies used for water intake in the cities of the industrial region of the Middle Dnieper: Kremenchug, Svetlovodsk and Komsomolsk have been analyzed. **Results.** It has been shown that the water from Kremenchug and Dneprodzerzhinsk water reservoirs does not have a toxic effect on the test object *Scenedesmus quadricauda*. **Originality.** It has been proved that the level of toxic effect of water at different stages of preparation for the *Daphnia magna* test object depends on a number of biogenic and abiogenic factors discussed in the article. **Practical value.** The results indicate the need for a detailed study of the environmental situation on the ground with a view to developing effective measures aimed at improving the quality of water entering the drinking water supply systems, including background ecological hydromonitoring.

Key words: hydrobionts, reservoirs, biotesting, toxicity, water treatment.

REFERENCES

1. Dmitrieva, O.O. (1999), "Zvit pro NDR «Kompleks eko-logo-medichnikh doslidzhen shchodo zakhvoryuvannya naseleennyia m. Komsomolska na alveolit ta tekhnich-ni rishennia shchodo zmini umov vodozaboru i korektu-vannya tekhnologichnoi skhemi pidgotovki pitnoi void" [R & D Report "Complex of ecological medical researches on the disease of the population of the city of Komsomolsk on alveolitis and technical decisions on changing the conditions of water intake and adjusting the technological scheme of drinking water preparation], Ukr. NDIIEP. G/d № 4.4-85. – Kharkiv, 68 p.
2. Kaydashev, I.P. (1998), "Otchet o NIR «Izuchenie neko-torykh pokazateley rezistentnosti organizma bol-nykh bronkho-legochnoy patologiyey neizvestnoy etio-logii v g. Komsomolsk Poltavskoy oblasti" [Research Report "Study of some indicators of the body's resistance to patients with broncho-pulmonary pathology of unknown etiology in Komsomolsk, Poltava region], UMSA, Poltava.
3. Sova, R.Yu. (2000), "Rezultati sanitarno-gigienichnogo analizu prob vodi z m. Komsomolska Poltavskoi oblasti" [Results of sanitary-hygienic analysis of water samples from the town of Komsomolsk in Poltava region], EKOINTOKS, Kiiv.
4. Goryunova, S. V., Demina, N. S. (1974), "Vodorosli – produtsenty toksicheskikh veshchestv" [Algae are producers of toxic substances], Moscow, Russia.
5. Sarmichael, W.W. (1981), "Algal Toxins and Health. Water Environment", Environmental Sci. Res. Plenum Press, New York, Vol. 20. – pp. 325-338.
6. Gyunter, L.I., Alekseyeva, L.P., Khromchenko, Ya.L., (1985), "Vliyaniye usloviy khlorirovaniya na obrazovaniye khlороформа" [Influence of chlorination conditions on the formation of chloroform], "Khimiya i tekhnologiya vody", № 6, pp. 65–67.
7. "Biotestuvannya yak metod otsinki yakosti pitnikh vod" [Biotesting as a method for assessing the quality of drinking water], (2006), Visnik natsionalnoi akademii nauk Ukraini, № 10, pp. 55–57.
8. DSTU 4173:2003. (2004), Natsionalniy standart Ukraini. Yakist vodi6 viznachennia gostroi letalnoi toksichnostina *Daphnia magna* Straus ta *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*. *Crustacea*), Kyiv.
9. Krainyukovoy, A.N. (1991), *Metodicheskoye rukovodstvo po biotestirovaniyu vody* [The methodical manual on biotesting of water RD-118-02-90], RD-118-02-90, Goskompriroda, Moscow, Russia.
10. Nikiforov, V.V. (2000), "Rezultaty gidrokhimiko-biologicheskogo analiza i biotestirovaniya prirodnykh vod akvatorii proyektiruyemogo regionalnogo landshaftnogo parka «Kremenchugskiy plavni»" [Results of hydrochemistry-biological analysis and biotesting of natural waters of the designing regional landscape park "Kremenchug plavni"], Vestnik Kharkovskogo politekhnicheskogo universiteta.. Seriya «Novyye resheniya v sovremennykh tekhnologiyakh». – T. 77 – pp. 3-7.
11. Marchenko, V.P. (1975), "Vliyaniye nekotorykh produktov razlozheniya sinezelenykh vodorosley na formirovaniye zapakha prirodnykh vod" [Influence of some products of decomposition of blue-green algae on the formation of the smell of natural waters], Nauchnyye osnovy tekhnologii obrabotki vody, Nauk.dumka, Kyiv, Vyp. 2, pp. 113–116.
12. Nykyforov, V.V., Shtrbova, E.D. (2011), "Biotestirovaniye v sisteme gidroekologicheskogo monitoring" [Biotesting in the system of hydroecological monitoring], *Ekologicheskaya bezopasnost*, Kremenchug, № 1 (11), pp. 31-35.

Стаття надійшла 28.10.2016.