
HYDROECOLOGICAL RESEARCH



O. O. Shugurov 
T. A. Strigina

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 504.6:629.039

*Oles Honchar Dnipro National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

THE CURRENT LEVEL OF β -RADIOACTIVITY IN THE ZAPORIZHZHYA STORAGE LAKE

Abstract. The condition control of the Ukrainian rivers is an integral part of the population safety level. The change of such state can occur for several reasons. The first is the increase of pollution level from the working enterprises. The second – the efficiency reduction of protective constructions which store the radioactive wastes of (tailings dam). And the third – movement changes of water masses which are capable to lift the radio nuclides received earlier from the river bed (for example, the accident on the Chernobil atomic station). Therefore, the aim of the work was the modern level evaluation of β -nuclide pollution (^{90}Sr and ^{137}Cs) in water of Zaporizhzhya storage lake on the largest density points of the industrial enterprises on the Dnieper river in the sequence Kamenskoe – Dnipro – Zaporizhzhya at different seasons of the three years. Within 2014–2016 we carried out investigations of Zaporizhzhya storage lake β -radiation level for different seasons. The sampling was made at depth from 1,0 m to 1,5 m on six points. These points corresponded to the coast ones of Zaporizhzhya storage lake which are bound up with the industrial enterprises wastes of Kamenskoe and Dnipro or the small rivers fall points into the Dnieper River. The sampling points were: a coastal area 200 m below the Dneprodzerzhinsky dam, the river port, Starie Kodaki, the mouth of the river Mokra Sura, village Vojskove and Fyodorivka. The water mass of 5 kg was taken from these points and poured into the glass bottles. For radioactive pollution level determination in river's points we used two samples by 60 dm³ volume or caesium (^{137}Cs) and strontium (^{90}Sr) definition. ^{90}Sr activity in water was determined radiochemically by oxalates sedimentation method with the subsequent measurement on the UMF-1500 installation. The isotope ^{137}Cs was besieged by potassium ferrocyanide from a muriatic solution with the subsequent measurement on a small background installation. The general β -radioactivity (Bq/l) was determined in the samples on the radiometer-«Beta» with the help of the SBT-13 counter by direct measurement method of samples. We showed that the levels of general β -activity water or at the investigated selection points of Zaporizhzhya storage lake fluctuated on average from 0,14 to 0,24 Bq/l, the content of ^{90}Sr radionuclides in water is from 0,029 to 0,055 Bq/l, for ^{137}Cs – is 0,042 Bq/l. In autumn β -activity level in Zaporozhzhya storage lake water decreased in comparison with spring – summer seasons. It is typical for storage lakes with a superficial filling which is followed by a relative increase of radioactive materials in water from deeply lying breeds bottom. For ^{90}Sr , the effect of fluctuations in its concentration is observed, depending on the presence of industrial centers on the way of water movement along the Zaporizhzhya Reservoir. This effect not marked for ^{137}Cs . An assessment of the level of water pollution has shown that in our time the indicators of the studied isotopes do not exceed the permissible levels of radioactivity stipulated by the norms of radiation safety of Ukraine from 1997.

Key words: Zaporizhzhya storage lake, radioisotopes, maximum permissible level, ^{90}Sr , ^{137}Cs .

 Tel.: +38066-509-44-99. E-mail: oshugurov@gmail.com

DOI: 10.15421/031712

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2017. Vol. 28, no. 3–4

21

УДК 504.6:629.039

О. О. Шугуров
Т. А. Стригіна

д-р біол. наук, проф.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38066-509-44-99, e-mail: oshugurov@gmail.com*

СУЧАСНИЙ РІВЕНЬ β -РАДІОАКТИВНОСТІ В ЗАПОРІЗЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ

Анотація. У статті розглянуто питання сучасного забруднення вод Запорізького водосховища р. Дніпро радіонуклідами ^{90}Sr і ^{137}Cs протягом 2014–2016 рр. Зразки води відбирали в найбільш забруднених ділянках водосховища. Було виявлено зміну вмісту ^{90}Sr і ^{137}Cs у різні сезони року. Показано, що в Запорізькому водосховищі загальні середньорічні показники β -радіоактивності знаходяться в межах 0,14–0,28 Бк/л. На обраних ділянках уміст у воді радіонуклідів ^{90}Sr становить 0,029–0,055 Бк/л, для ^{137}Cs – 0,042 Бк/л, що не перевищує допустимі рівні радіоактивності, передбачені НРБ-97 України. Показано, що концентрація ^{90}Sr у воді була істотно пов'язана з фактом протікання біля великих промислових міст – Каменського і Дніпра, а концентрація ^{137}Cs – не залежала від цього. Виявлено, що в осінньо-зимовий період показники радіоактивності у воді значно зменшувалися в порівнянні з весняно-літнім, що характерно для водойм з поверхневим живленням. Зроблено висновок, що за період 2014–2016 рр. радіаційна ситуація досягла рівня, що існував до аварії на Чорнобильській АЕС.

Ключові слова: *Запорізьке водосховище, радіоізотопи, гранично допустимий рівень, ^{90}Sr , ^{137}Cs .*

УДК 504.6:629.039

О. О. Шугуров
Т. А. Стрыгина

д-р биол. наук, проф.

*Днепроvский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38066-509-44-99, e-mail: oshugurov@gmail.com*

СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ β -РАДИОАКТИВНОСТИ В ЗАПОРОЖСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы современного загрязнения вод Запорожского водохранилища р. Днепр радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs в течение 2014–2016 гг. Образцы воды отбирали в наиболее загрязненных участках водохранилища. Было обнаружено изменение содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в различные сезоны года. Показано, что в Запорожском водохранилище общие среднегодовые показатели β -радиоактивности находятся в пределах 0,14–0,28 Бк/л. На выбранных участках содержание в воде радионуклидов ^{90}Sr составляет 0,029–0,055 Бк/л, для ^{137}Cs – 0,042 Бк/л, что не превышает допустимые уровни радиоактивности, предусмотренные НРБ-97 Украины. Показано, что концентрация ^{90}Sr в воде была существенно связана с фактом протекания возле крупных промышленных городов – Каменского и Днепра, а концентрация ^{137}Cs – не зависела от этого. Выведено, что в осенне-зимний период показатели радиоактивности в воде значительно уменьшались в сравнении с весенне-летним, что характерно для водоемов с поверхностным питанием. Сделан вывод, что за период 2014–2016 гг. радиационная ситуация достигла уровня, существовавшего до аварии на Чернобыльской АЭС.

Ключевые слова: *Запорожское водохранилище, радиоизотопы, предельно допустимый уровень, ^{90}Sr , ^{137}Cs .*

ВВЕДЕНИЕ

В водохранилищах р. Днепра при отсутствии поступления радионуклидов в виде аэрозолей на поверхность водного зеркала их радионуклидное загрязнение определяется смывами с территории водосбора весенними паводками и дождем (Belokon, 2003). Современное радиоактивное загрязнение воды Запорожского

водохранилища определяется в первую очередь уровнем таких радионуклидов, как ^{90}Sr и ^{137}Cs . В отличие от известной тенденции последовательного снижения содержания ^{137}Cs в воде водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС (Romanenko, 2006), содержание ^{90}Sr в течение такого периода меняется мало.

В наше время содержание различных радионуклидов в воде определяется прежде всего интенсивностью поступления радионуклидов с радиоактивно загрязненных территорий Чернобыльской зоны, например в многоводные периоды (Gudkov, 2007), а также за счет сбросов от уранодобывающих предприятий (Ljashenko, 2004). Поэтому среди рисков распространения радиоактивных веществ за пределы зоны отчуждения возможными прямыми выбросами с саркофага и поступлениями при промывке дождями окружающих Днепр грунтов (Zavaltseva, 2016) вынос продуктов деления урана водными системами занимает для Украины основное место. Этот путь сейчас на 80 % определяет основное распространение ^{90}Sr и ^{137}Cs (Rudik, 1998).

Следует отметить, что точками риска заражения бассейна многих рек являются хвостохранилища отходов, находящиеся непосредственно рядом с её крупными притоками (Lavrentjeva, 2015). Это особенно важно, если учесть, что радиоактивные воды Днепра способны накапливаться в живых организмах Черного моря (Mirzoeva, 2005; Egorov, 2006). В связи с этим существует реальная необходимость постоянного контроля за качеством воды бассейна р. Днепр.

В результате стандартных физико-химических и биологических процессов радионуклиды переходят в растворимую форму, доступную для гидробионтов (Belokon, 2002; Gudkov, 2007). В воде радионуклиды могут находиться в двух формах: растворимой и сорбированной на взвешках, требующих отдельного изучения. Целью данной работы было выявить и проанализировать текущее содержание в воде Запорожского водохранилища растворимых форм указанных радионуклидов, доступных для попадания в организм гидробионтов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в период 2014–2016 гг. Были отобраны пробы воды в наиболее загрязненных участках Запорожского водохранилища в различные сезоны. Точками отбора проб были: прибрежный участок на 200 м ниже плотины ДнепроДзержинской ГЭС, речной порт, Старые Кодаки, устье р. Мокрая Сура, с. Войсковое, район с. Федоровки. На глубине 1–1,5 м брали по 5 л воды, которую после выпаривания использовали для анализа.

Общая β -радиоактивность определялась в пробах на радиометре «Бета» со счетчиком СБТ-13 методом «прямого» измерения проб (Bagenov, 1990; Kitsno, 2008). Уровни общей β -радиоактивности и содержания радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в Бк/л в воде определяли методами сцинтилляционных гамма- и бета-радиометрии с погрешностью 20 %. Активность стронция в воде определяли радиохимическим методом оксалантного осаждения с последующим измерением на установке малого фона УМФ-1500. Активность измеряли и определяли по активности дочернего иттрия-90 (Andreev, 2005). Радиоизотопы цезия осаждали ферроцианидом калия с солянокислого раствора в виде гексахлортелурита с последующим измерением на установке малого фона.

Всего было отобрано по шестнадцать образцов в различные сезоны исследования, статическая обработка проведена с использованием программы Statistica v.6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Отбор проб проводили на наиболее загрязненных участках Запорожского водохранилища, в местах нахождения коммунальных и промышленных стоков, промышленных предприятий, а именно:

1) точка на 200 м ниже плотины Днепродзержинской ГЭС. Условия формирования гидробиологического режима здесь проходят под воздействием большого течения, которое зависит от сброса гидроузла, правый берег находится под антропогенным влиянием судоходства. Грунт представлен промытыми песками;

2) Днепровский речной порт (находится в районе поступления суммарных промышленных стоков ряда металлургических заводов города). Грунт состоит из чёрного ила, засыпанного гравием;

3) район Старых Кодак (расположен на участке воздействия вод Самарского залива, Приднепровской ГЭС и коммунальных стоков). Грунт заиленный, вдоль побережья – линия затопленной и фрагментно-воздушной растительности;

4) устье р. Мокрая Сура. Выносит в Днепр промышленные воды шинного завода и других предприятий. Место отбора (согласно гидрологическим показаниям) значится как Сурская затока. Грунт в виде черного ила, вдоль берегов многочисленные заросли воздушно-водной растительности;

5) район возле с. Войскового (находится по правому берегу водохранилища напротив Плоско-Осакаровка). Грунт лесной, заиленный, по фарватеру – черный ил;

6) район с. Федоровки. Грунт представлен черным илом.

Наши исследования показали, что общая динамика β -активности воды в исследуемых точках отбора в весенний период колебалась от 0,14 до 0,25 Бк/л. Наиболее высокие показатели отмечены в районе плотины г. Каменское – 0,21–0,29 Бк/л в весенний период сбросов. В летний и осенний период значения общей радиоактивности более высокие в точках ниже г. Днепра – с. Войскового и Федоровки (рис. 1).

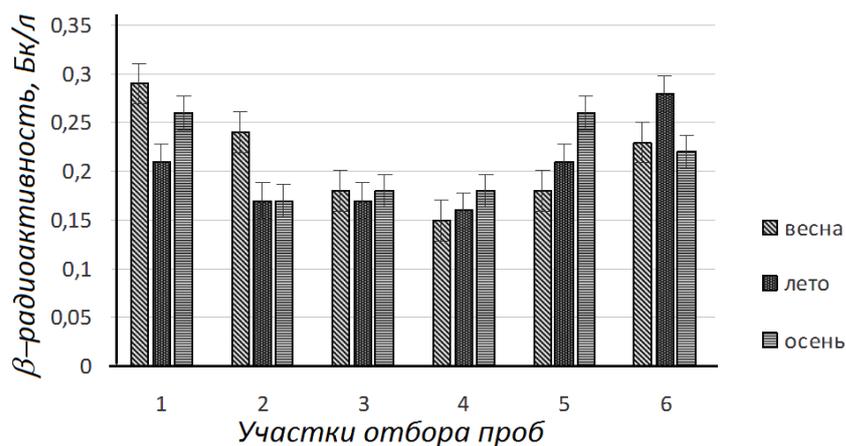


Рис. 1. Усредненная общая β -радиоактивность (Бк/л) на исследуемых участках отбора (1–6) в течение различных сезонов (весна, лето, осень) 2014–2016 гг. Указаны среднеквадратические отклонения при $p < 0,05$

Уровни общей β -активности отмечались в средних точках исследуемого региона устья р. Мокрая Сура 0,27–0,29 Бк/л, с. Войсковое 0,24–0,29 Бк/л, с. Федоровка 0,21–0,27 Бк/л. В осенний период более высокие показатели общей β -активности были отмечены в устье р. Мокрая Сура 0,18–0,26 Бк/л. Необходимо отметить, что осенью уровень β -активности в воде Запорожского водохранилища заметно снижался по сравнению с весенне-летним периодом, что характерно для водоемов с поверхностным питанием и где наблюдается некоторое снижение общей радиоактивности воды во время наводнения и повышение во время летней межени. Поверхностное питание рек притоков сопровождается относительным увеличением поступления в воду радиоактивных веществ с глубокого залегания пород.

Определено, что элементами, дающими существенный радиотоксический вклад в общую радиоактивность воды Запорожского водохранилища, являются стронций-90 и цезий-137. В результате проведенных исследований была обнаружена сезонная динамика содержания таких изотопов в точках отбора вод (рис. 2, 3). Уровень содержания всех радионуклидов в воде Запорожского водохранилища постоянно меняется. Если до Чернобыльской аварии содержание стронция-90 в водоемах Приднепровья находился в пределах 0,036–0,21 Бк/л, то после нее вследствие миграции и распределения содержание стронция-90 достигало 0,34 Бк/л (что в 2–3 раза выше, чем изначально). Затем началось постепенное снижение активности радионуклида, и сейчас оно составляет 0,05 Бк/л (рис. 2).

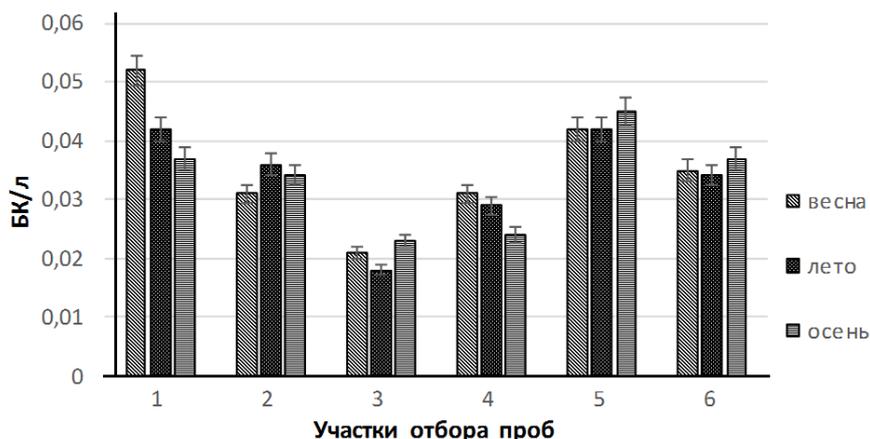


Рис. 2. Усредненное содержание стронция-90 в воде Запорожского водохранилища в различные сезоны в период 2014–2016 гг. Приведены среднеквадратические отклонения при $p < 0,05$

Концентрация растворимого стронция-90 в воде в рассмотренных периодах изменялась в общей тенденции к уменьшению. В 2014–2016 гг. содержание стронция-90 в водах, взятых в приведенных точках водохранилища, преобладало над концентрацией цезия-137. Уровень стронция был максимальный (0,053 Бк/л) в весеннее время в точках сброса вод с Днепродзержинской плотины. По мере отхода от плотины твердых частиц вниз по реке величина его концентрации (и соответственно радиоактивность) снижается вдоль реки Днепр вплоть до Старых Кодак (0,018 Бк/л). Ниже по реке радиоактивность увеличивается за счет сбросов от реки Самары (Vasenko, 1992), Приднепровска (часть Самарского района), аэропорта, стоков из Мокрой Суры. В результате наблюдается определенный рост радиоактивности от стронция-90 во всех весенне-осенних периодах ниже г. Днепра вплоть до с. Войскового. Дальше от города вновь наблюдается медленное снижение его концентрации.

Выявлено, что в исследуемые периоды содержание растворимого цезия-137 в водах Запорожского водохранилища сохраняет относительную количественную стабильность. В воде, как правило, с течением времени данный радионуклид фиксируется грунтами площадей водосбора и только в небольшом количестве смывается и переносится в воды водохранилищ. В послеаварийный период содержание цезия-137 находилось в пределах 0,03–0,04 Бк/л. В результате проведенных исследований отмечено, что наибольший уровень радиоактивного загрязнения воды в 2014–2016 гг. (рис. 3) цезием-137 зафиксирован в нижних частях Запорожского водохранилища: в весенние периоды – в районе с. Федоровки (0,05 Бк/л), осенью – в районе устья Мокрой Суры (0,03 Бк/л), летом – в районе с. Войскового (0,022 Бк/л).

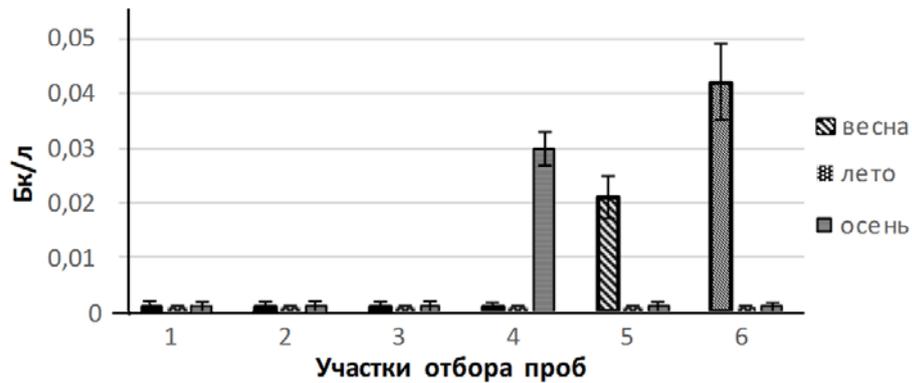


Рис. 3. Сезонная динамика содержания цезия-137 в течение 2014–2016 гг. Указаны среднеквадратические отклонения при $p < 0,05$

Рассматривая приведенные данные по указанным радиоактивным изотопам, можно отметить, что содержание стронция-90 и цезия-137 в воде в основном зависит от общего состояния и плотности загрязнения территории водосбора малых рек Днепра (Romanenko, 2001). Цезий-137 имеет большую миграционную способность, поэтому высокая плотность загрязнения наблюдается на значительные расстояния от ЧАЭС независимо от того, промышленно-развитый город на пути вод или нет. Сильное загрязнение водных объектов стронцием-90 наблюдается только вблизи к источнику загрязнения – крупным городам с металлургической и химической направленностью промышленности. Вследствие этого в распределении стронция-90 наблюдается образование локальных максимумов на уровне таких городов и снижение его концентрации по мере удаления от них.

Второй важный фактор специфики проявлений данных радионуклидов может быть связан с тем, что устойчивость фиксации цезия-137 в водных грунтах значительно выше, чем у стронция-90, который легко смывается дождевыми и талыми водами. Как следствие – непредсказуемая неравномерность распределения цезия-137 на исследуемых участках вдоль Запорожского водохранилища. Соответственно выявленная общая β -радиоактивность (рис. 1) определяется суммированием процессов распространения радиоизотопов, дающих в неё основной вклад, – стронция-90 и цезия-137. Такое суммарное распределение может быть существенно сглаженным за счет противофазных колебаний в течение различных сезонов года в различных точках водохранилища. Это подтверждает мнение о необходимости мониторинга практически всех нуклидов, способных давать реальный вклад в радиоактивное заражение воды.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных в 2014–2016 гг. исследований можно сделать следующие выводы:

- наиболее высокие показатели общей β -радиоактивности отмечены в весенне-летние периоды в с. Федоровке, а в летние периоды – в средних точках исследуемого региона: устье р. Мокрая Сура, с. Войсковое;
- в осенний период показатели общей β -активности в воде Запорожского водохранилища заметно снижаются по сравнению с весенне-летним, что характерно для водоемов с поверхностным питанием, где наблюдается некоторое снижение общей радиоактивности воды во время наводнения и повышение во время летней межени;
- в Запорожском водохранилище среднегодовые показатели общей β -активности воды в рассмотренные периоды находились в пределах от 0,14 до 0,28 Бк/л, содержание в воде радионуклидов стронция-90 – от 0,029 до 0,055 Бк/л, цезия-137 – 0,042 Бк/л;

– для стронция-90 проявляется эффект колебания его концентрации в зависимости от наличия промышленных центров на пути движения воды вдоль Запорожского водохранилища, для цезия-137 – такого не обнаружено;

– все приведенные показатели изученных изотопов не превышают допустимых уровней радиоактивности, предусмотренных НРБУ-97.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Andreev, B. F., et al., 2005. Izotopi: svojstva, poluchenie, primenenie [Isotopes: properties, production, application]. Fizmatlit, Moscow (in Russian).
- Bagenov, V. A., 1990. Vrednie himicheskie veshchestva [The harmful chemical substances]. Chemical, Leningrad (in Russian).
- Belokon, A. S., Lavrova, T. V., Dvoretzky, A. I., 2002. Zabrudnennija radionuclidami richki Ingulets ta jji pritokiv [Contamination by radionuclides of the river Ingulets and its influx]. Herald of Dnipropetrovsk university (series: Biology. Ecology), 10(1), 79–86 (in Ukrainian).
- Belokon, A. S., Lavrova, T. V., Dvoretzky, A. I., 2003. Radioecologicheskie issledovanie vodnih ekosistem v zone vlijanija obektov uganopererabativajushih predprijatij [Radioecological studies of aquatic ecosystems in the impact zone of uranium processing enterprises]. III Radiation research congress (Radiobiology and Radioecology). Kiev (in Ukrainian).
- Egorov, V. N., et al, 2006. Content ^{137}Cs , ^{40}K , ^{90}Sr , ^{210}Po radionuclides and some chemical pollutants in the Black Sea mussels *Mytilus galloprovincialis*. Marine Ecol. J. 5(3), 70–78.
- Gudkov, D. I., Kagljan, A. E., Nazarov, A. B., Klenus, V. G., 2007. Radionuklidi v ribe zoni otchushdenija Chernobilskoj AES [Radionuclides in fish areas of alienation of the Chernobyl nuclear power plant]. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine 12, 177–183 (in Russian).
- Kitsno, V. O., Polishuk, S. V., Gudkov, I. M., 2008. Osnovi radiobiologii ta radioekologii: navchalnij posibnik [Basis of Radiobiology and Radioecology: Teach. Manual]. Hi-Tech. Press, Kyiv (in Ukrainian).
- Lavrentjeva, G. V., Silin, I. I., Sinzinsis, B. I., 2015. Zagrijaznenie geosistem radioaktivnim stronsiem v rajone razmeshenija regionalnogo hranilisha radioaktivnih othodov [The pollution of geosystems with a radioactive strontium in the district of placing aregional storage of radioactive wastes]. Geocol., engin. geology, hydrogeol., geocryology 1, 36–46 (in Russian).
- Ljashenko, V. I., 2004. Nauchnie osnovi povishenija bezopasnosti v uranodobivajushih regionah [Scientific basis for improving security in uranium mining regions]. Ecology of the environment and life safety 3, 56–70 (in Russian).
- Mirzoeva, N. Ju., 2005. Indikatsija morskoj ekosistemi v otnoshenii zagrijaznenija postchernobilskim ^{90}Sr [Indication of the marine ecosystem with respect to pollution by post-Chernobyl ^{90}Sr]. Sci. notes Ternopil Nat. Pedagog. Univ. (series: Biology, special issue «Hydroecology») 4(27), 151–152 (in Russian).
- Romanenko, V. D., 2006. Metodi hidroekologichnich doslidgen poverhnevih vod [The methods of hydroecological studies of surface waters]. Logos Ukraine, Kyiv (in Ukrainian).
- Romanenko, V. D., 2001. Stan ta perspektivi ozdorovlennja bassejnu Dnipra [Condition and prospects for the Dnipro river pool recovery]. Sci. notes Ternopil Nat. Pedagog. Univ., 7–8 (in Ukrainian).
- Rudik, A. F., 1998. Opredelenie aktivnosti estestvennih radionuklidiv v obektah okrushajushej sredi: metod. posobie [Determination of activity of natural radionuclides in environmental objects: methodical manual]. NPO AKP, Kyiv (in Ukrainian).
- Varenko, N. I., Kovtun, T. N., Murzina, T. A., 1992. Izmenenie himicheskogo sostava vodi reki Samara (Dneprovskaja) pod vlijaniem hozajstvennoj dejatel'nosti [Change in the chemical composition of the water of the Samara River (of Dniepr) under the influence of economic activity]. Hydrobiological journal 5, 93–97 (in Russian).
- Zavaltseva, O. A., Berseneva, D. E., 2016. Otsenka sorbsionnoj sposobnosti raznah tipov pochvogruntov po otnosheniju k tseziju i stronstiju [Assessment of the sorption capability of different types of soils in respect to cesium and strontium]. Forum of young sci. 1, 39–42 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію 18.11.2017