

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ ПУТЕЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MOSCOW REGION WATERWAYS

А.С. БАРИНОВ к.т.н.,
Т.Н. ЛАЩЕНОВА к.х.н.,
И.П. КОРЕНКОВ д.б.н., к.т.н.,
Ю.Н. ЗОЗУЛЬ к.б.н.
(ГУП МосНПО «Радон»)

A.S. BARINOV, Candidate of Technical Science,
T.N. LASCHENOVA, Candidate of Chemical Science,
I. P. KORENKOV, Doctor of Biological Science,
Candidate of Technical Science,
Y.N. ZOZUL, Candidate of Biological Science
(SUE SIA Radon Moscow)

■ Московский регион – высоко урбанизированный. Здесь расположены более 2000 предприятий, использующих радиоактивные источники и вещества, представляющих угрозу радиационного и токсичного загрязнения окружающей среды. Оценить уровень техногенного воздействия и степень загрязнения окружающей среды позволяют исследования водных артерий региона.

Основным источником водоснабжения Московского региона служат поверхностные воды. Водообеспечение столицы осуществляется в основном за счет Москворецкого (34%) и Волжского (58%) источников. Водоёмы и водотоки мегаполиса образуют единую коллекторно-речную сеть, которая представляет собой водно-техническую систему, обеспечивающую регулирование и отвод поверхностных вод и грунтового стока, с общим водоприемником – Москвой-рекой.

Программа исследований акватории реки Москвы в границах и за пределами города включает сеть гидропостов наблюдений. С 1997 года для мониторинга водных путей используется мобильный комплекс радиационного контроля на базе теплохода «Радон», оснащенный оборудованием для отбора проб и экспрессной оценки радиационного состояния окружающей среды.

Ежегодно на более 100 пунктах контроля отбирают пробы воды и донных отложений, с помощью дозиметрических приборов измеряют радиационные параметры. Оборудование мобильного комплекса позволяет брать пробы воды большого объема (до 400 л), благодаря чему можно определить низкие фоновые активности основных техногенных и природных радионуклидов.

Маршруты теплохода охватывают реки Москву и Оку, канал им. Москвы с каскадом водохранилищ, включая Ивановское и Угличское (см. схему). Наибольшее внимание уделяется реке Москве и ее притокам, которые отражают экологическое состояние водной среды столицы.

■ The Moscow region is a densely populated, largely urban area. The region is home to over 2,000 enterprises that use radioactive sources and materials that potentially represent threats of radioactive and toxic contamination to the environment. The levels of man-caused impact and contamination of the environment can be assessed through surveys of the region's waterways.

Surface waters are the main source of water supply in the Moscow region. Water to the capital city itself is mainly supplied from the Moskva river (34%) and Volga river (58%) sources. The water bodies and water streams of the conglom- erate form a single network of run-offs and rivers, which is a water-technical system that ensures regulation and drainage of surface and underground waters, all elements of which share a common receiver – the Moskva river.



Мобильный комплекс радиационного контроля
The mobile radiation monitoring system

The on-going programme of Moskva river waters monitoring inside and outside the city limits is based on a number of hydrological observation stations. Since 1997, monitoring of waterways has also been performed using the mobile radiation monitoring system installed aboard the Radon steamboat, which is equipped with sampling tools and a laboratory system for quick analysis of environmental samples.

Annually, samples of water and bed sediments are taken at over 100 observation stations and have their radiation parameters measured using dosimetry equipment. The mobile radiation monitoring system can take large-volume water samples (up to 400 liters), which make even low background activity levels of principal man-made and natural nuclides measurable.

The monitoring steamboat's routes include the rivers Moskva and Oka, the Moscow water canal with its cascade of water reservoirs, including the Ivankovo and Uglich reservoirs (see map). The biggest attention is paid to the Moskva river and its tributaries, which reflect the ecological situation of the waters in the capital city.

Исследования ведутся в навигационный период – с мая по октябрь. Точки контроля приурочены к рекреационным зонам (Серебряный бор и другие), зонам водозабора (Рублево, Пироговское и Учинское водохранилища), а также к местам расположения радиационно-опасных объектов. На участках, выделенных по комплексу признаков повышенного радиационного риска, выполняются детализированные работы, включающие исследование береговой полосы.

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Этот показатель отражает степень загрязнения окружающей среды в целом. Такие объекты являются сборником всех поверхностных смывов, в том числе атмосферных, приемниками сточных вод, аккумуляторами и транспортерами загрязняющих веществ.

Исследования показывают, что величина максимальной эффективной дозы γ -излучения (МЭД ГИ) над поверхностью воды в основном изменяется в пределах 0,04 – 0,08 мкЗв/ч, что соответствует природному фону. Минимальные значения, соответствующие мощности дозы космического излучения (для наших широт 0,03 мкЗв/ч), зафиксированы над зеркалом водоема на значительном удалении от берегов (более 200 м от берега). Максимальные значения не превышают 0,4 мкЗв/ч и обусловлены, как правило, особенностями геометрии измерений, когда теплоход проходит шлюзы и под мостами.

Результаты исследований проб воды, проведенных в 2001–2006 годах, показали, что реакция среды (рН) в летний период остается слабо щелочной, изменяясь в пределах 7,5 – 8,5 при среднем значении $8,2 \pm 0,2$. Количество взвешенных веществ в среднем составляет 4 мг/л.

В поверхностных водах Московского региона низкое содержание радионуклидов, что характерно для большинства поверхностных вод европейской части России, не подверженной радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В воде присутствуют природные ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra и техногенные ^{137}Cs и ^{90}Sr . Максимальные содержания ^{90}Sr (0,0067 Бк/л), ^{226}Ra (0,005 Бк/л) и ^{228}Ra (0,0011 Бк/л) отмечены в водохранилищах канала им. Москвы (Икшинское, Пестовское и Химкинское). Наибольшим содержанием ^{137}Cs (0,0017 Бк/л) характеризуется участок реки Москвы в черте города. При этом уровень активности радионуклидов на два-три порядка ниже гигиенических нормативов для питьевой воды.

В воде реки не обнаружено токсичных химических веществ в содержаниях, превышающих ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.1315-03. Среднее содержание элементов, присутствующих в воде, как правило, менее 0,2 ПДК. Среднее значение суммарного показателя содержания элементов первого и второго классов опасности ($K_{\text{сум}}$), нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, менее единицы.

В целом качество поверхностных вод по содержанию токсичных элементов соответствует требованиям, предъявляемым к воде объектов

The monitoring campaigns take place during the navigation season, i.e. from May to October. Points of monitoring are normally located in recreational areas (Serebryany Bor, etc.), water intakes (Rublevo, Pirogovskoe and Ucha water reservoirs), as well as near radiation-dangerous sites. Areas that are regarded as having increased radiation risk are subjected to more detailed surveys, including shore and bank surveys.

QUALITY OF SURFACE WATERS

This parameter is indicative of overall contamination of the environment. Surface waters act as collectors of all water run-offs (including atmospheric precipitation), eventual receivers of waste water, accumulators and transporters of contamination.

Research shows that the maximum effective exposure dose from γ -emission above water surface was primarily within 0.04 – 0.08 $\mu\text{Sv/h}$, which corresponds to natural background levels. Minimal values, which correspond to exposure dose from cosmic radiation alone (0.03 $\mu\text{Sv/h}$ for our latitudes), were recorded above water level far from the shore (more than 200 m away). Maximum values, which did not exceed 0.40 $\mu\text{Sv/h}$, were normally recorded in locations with specific geometries of measurement, such as when the boat was passing through water locks and under bridges.

Results obtained from measurement of water samples taken during 2001–2006 indicated that the water pH in summer periods remained sub-alkali, varying between 7.5 and 8.5 and averaging 8.2 ± 0.2 . The average amount of suspended materials was 4 mg/liter.

Surface waters of the Moscow regions displayed low content of radionuclides, a pattern common to most surface waters in European Russia, those that were not contaminated as a result of the Chernobyl accident. Presence of natural ^{40}K , ^{232}Th , and ^{226}Ra was recorded, along with man-produced ^{137}Cs and ^{90}Sr . Maximum concentrations of ^{90}Sr



Схема расположения пунктов контроля водных путей Московского региона
Map of monitoring locations in the Moscow region waterways

РАДИАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА
RADIATION PARAMETERS OF BOTTOM SEDIMENTS IN MOSCOW REGION WATER BODIES

Распределение Distribution	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг Total radionuclide activity, Bq/kg					
	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra	A _{эфф.}	A _{эфф.}
Среднее (σ) Average (σ)	6 (-)	372 (113)	23 (11)	24 (12)	86 (35)	
Медиана Median	3	368	22	22	83	
(Q25-Q75)	(2-6)	(284-460)	(13-31)	(14-31)	(56-112)	

хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а по величине радиационных параметров удовлетворяет нормам радиационной безопасности для питьевой воды.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Донные отложения, являясь депонирующей средой, служат индикатором долговременного техногенного воздействия. Измерение их радиационных параметров, показало присутствие (во всех пробах) природных ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²³²Th, в отдельных образцах зафиксирован техногенный ¹³⁷Cs активностью более 2 Бк/кг (см. таблицу). Средние значения удельной активности радионуклидов близки к аналогичным показателям для природных радионуклидов в почве Московского региона (для ⁴⁰K – 200–700 Бк/кг, ²²⁶Ra – 10–30 Бк/кг, ²³²Th – 10–30 Бк/кг). Среднее содержание ¹³⁷Cs также находится на уровне фоновых значений для почв Москвы (4–5 Бк/кг), обусловленных глобальными выпадениями.

За весь период наблюдений средние значения активности радионуклидов в донных отложениях водных путей Московского региона изменялись незначительно, оставаясь в пределах погрешности измерения (<50%).

Величина удельной активности радионуклидов в донных отложениях главным образом определяется механическим составом отложений и гидродинамическими условиями их образования. Так, удельная активность ¹³⁷Cs в илистых донных отложениях в четыре раза выше, чем в песчаных; для природных радионуклидов это соотношение в среднем составляет 2,5:1.

В качестве критерия оценки содержания токсичных химических элементов, присутствующих в значимых количествах в донных отложениях, в виду отсутствия федеральных норм и критериев загрязненности, использован региональный норматив «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга». В соответствии с данным нормативом донные отложения в районе поселка Рублева, что выше города Москвы по течению реки, классифицированы как «чистые».

Для определения степени химического загрязнения донных отложений, используя критерий оценки степени химического загрязнения почв, рассчитали суммарный показатель загрязнения (Z_c):

$$Z_c = \sum_1^n \frac{C_i - C_{\Phi i}}{C_{\Phi i}} = \sum_1^n (K_{ci} - 1)$$

(0.0067 Bq/litre), ²²⁶Ra (0.005 Bq/litre) and ²²⁸Ra (0.0011 Bq/litre) were recorded in the water reservoirs of the Moscow canal (Ikshin, Pestov and Khimki). Highest content of ¹³⁷Cs (0.0017 Bq/litre) was characteristic of the Moskva river within Moscow city limits. Still, the concentrations of radionuclides were two or three orders of magnitude below the hygienic norms for drinking water.

Water samples from the river did not show content of toxic chemicals that would be above the permissible concentrations for water bodies used for household and communal water supply as per GN 2.15.1315-03. The average content of such elements in the water was normally less than 0.2 from the permissible concentration value. The average total contamination factor indicative of the concentrations of elements regarded by the regulations as toxic and sanitary hazard classes I and II (K_{total}) was less than one.

The overall quality of surface water in terms of concentrations of toxic elements was within the norm for water bodies used for household and communal water supply, and in terms of radiation parameters it was within the limits stipulated for radiation safety of drinking water.

CONTAMINATION OF WATER BOTTOMS

Bottom sediments, which act as depositing grounds, are indicative of the extent of long-term man-caused impacts. Measurement of radiation parameters of samples taken from the bottoms of water bodies registered the presence (in all samples) of natural ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²³²Th, whereas some samples measured man-made ¹³⁷Cs with activity more than 2 Bq/kg (see table). The average values of specific radionuclide activity were close to those displayed by natural radionuclides in Moscow region soils (200–700 Bq/kg for ⁴⁰K, 10–30 Bq/kg for ²²⁶Ra, 10–30 Bq/kg for ²³²Th). The average content of ¹³⁷Cs was also within background levels for Moscow region soils (4–5 Bq/kg), which is due to global fall-out.

Over the entire period of observations, the activity levels of radionuclides in the bottom sediments of Moscow region water bodies changed insignificantly, staying within measurement error (<50%).

Specific activities of radionuclides in bottom sediments is mainly determined by the mechanical composition of the sediments and the hydrodynamic conditions in which they form. For instance, the specific activity of ¹³⁷Cs in silty bottoms was four times that in sandy bottoms; for natural radionuclides, this ratio was 2.5:1 on the average.

Assumed as a criterion for assessing the contents of toxic chemicals that are present in measurable quantities in the bottom sediments (as there are no federal requirements regulating these) was the regional code “Norms and criteria for assessment of contamination in bottom sediments of water bodies in Saint Petersburg”. According to the code, the bottom sediment samples collected near the Rublevo town upstream of Moscow were classified as “clean”.

In order to establish the degree of chemical contamination of bottom sediments (using the chemical contamination criterion for soils), the total contamination factor (Z_c) was calculated using the formula:

где C_i – содержание элемента в пробе;

$C_{\text{фи}}$ – фоновое содержание элемента (соответствующее показателю для донных отложений в районе Рублева);

K_{ci} – коэффициент техногенной концентрации химического элемента;

n – число элементов в пробе с $K_{\text{ci}} > 2$.

В сравнении с качеством донных отложений в районе Рублева величина Z_c по течению реки в черте города в среднем не превышает 16, что по критерию для почв соответствует категории загрязнения «допустимая».

В целом радиационные параметры донных отложений судоходных путей Московского региона находятся на уровне аналогичных параметров для почв. Содержание токсичных элементов в донных отложениях реки Москвы характеризует степень загрязнения как «допустимая».

Экологическая оценка позволила характеризовать современное состояние водных путей Московского региона по радиационным параметрам и содержанию токсичных элементов. Показано, что качество воды удовлетворяет требованиям, предъявляемым к водным объектам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Получен ценный фактический материал, необходимый для дальнейших исследований динамики накопления и распространения радионуклидов и токсичных элементов в объектах окружающей среды.

$$Z_c = \sum_1^n \frac{C_i - C_{\text{би}}}{C_{\text{би}}} = \sum_1^n (K_{\text{ci}} - 1)$$

where C_i is the element content found in the sample,

$C_{\text{би}}$ is the background concentration level of the element (corresponding to the background levels characteristic of the bottom sediments around Rublevo),

K_{ci} is the coefficient reflecting man-caused concentration of the chemical element,

n is the number of elements in the sample with $K_{\text{ci}} > 2$.

Compared with the quality of bottom sediments near Rublevo, the average Z_c value downstream inside Moscow city did not exceed 16, which corresponds to “acceptable” using the contamination criteria for soils.

On the whole, the radiation parameters of bottom sediments of Moscow region’s navigated waterways are similar to those of soils. The contents of toxic elements in the bottom sediments of the Moskva river could be classified as “acceptable”.

This environmental assessment has helped characterise the current situation in the waterways of the Moscow region in terms of their radionuclide and toxic elements content. It has been demonstrated that the quality of water meets the requirements to common-access water bodies used for household and communal water supply. Valuable factual data has been collected that is essential for continued research of build-up and spreading of radionuclides in the environment.

V Международная конференция «СОТРУДНИЧЕСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОТХОДОВ»

2–3 апреля 2008, г. Харьков, Украина

<http://waste.com.ua/cooperation>

Тематические направления

- **Нормативно-правовая база управления отходами**
- **Санитарно-экологические, организационные и экономические аспекты проблемы**
- **Технологии, оборудование, услуги по переработке твердых бытовых и промышленных отходов**
- **Обустройство и эксплуатация полигонов**
- **Радиоактивные и токсичные отходы**
- **Очистка сточных вод. Обработка осадков. Иловые площадки**
- **Выбросы в атмосферу. Газоочистка. Утилизация пылей и шламов**
- **Энергия из отходов**
- **Информационное, программное и метрологическое обеспечение**
- **Экологическое страхование, сертификация, стандартизация, аудит, экспертиза**
- **Участие общественности в решении проблемы отходов**

Организаторы

Независимое агентство экологической информации “ЭкоИнформ”
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ООО «Экологический Альянс»

«ЭкоИнформ», а/я 81, Харьков, 61052, Украина
Тел./факс +38 (057) 712-11-05, 759-19-90, моб. +38 (067) 910-67-96
E-mail: world_of_waste@mail.ru, ecoinvest@vl.kharkov.ua