

- [3] Сайт Выживай.ру. Радиация: опасность в доме! Газ радон и радиоактивные предметы. [Электронный ресурс] <http://vyzhivaj.ru/radiaciya/radiaciya-opasnost-v-dome-gaz-radon-i-radiaktivnye-predmety>
- [4] Алиев С. Добыча тория в России. [Электронный ресурс]. <http://smart-lab.ru/blog/241711.php>
- [5] Сайт города Припять. Динамика радиационного гамма-фона. [Электронный ресурс]. <http://pripyat.com/monitor>
- [6] Lebedev S. V., Dubrova S. V., Fedorov P. V., Kurilenko V. V., Siabato W. Environmental assessment of risks associated with the Ordovician Dictyonema shale in the eastern part of the Baltic Klint // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 2. С. 147–159.
- [7] Балахонова А.С. Рениевое оруденение диктионемовых сланцев Прибалтийского бассейна (Ленинградская область). Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. г.-м.н., С.-Петербург, 2014, с.1-22.
- [8] Б.Ф. Апарин, Г.А. Касапкина, Н.Н. Матинян, Е.Ю. Сухачева. Красная книга почв Ленинградской области. Отв. ред. Б.Ф. Апарин: /СПб.: Аэроплан, 2007. - с. 48, 52.
- [9] Ефремова У.С., Лебедев С.В. Радиоактивность диктионемовых сланцев и оценка их влияния на экологическую обстановку в районе Дудергофских высот. Школа экологической геологии и рационального недропользования: Материалы шестнадцатой международной молодежной научной конференции. – СПб., 2016. – с. 228–230.
- [10] Письма и бумаги императора Петра Великого. СПб., 1912. Т.6. С.176.
- [11] 11. Щекатов А.М. Географический словарь Российского государства. СПб., 1804. Ч. 2. С. 313.
- [12] Кудрявцев Н. В., Лебедев И. М. Геологическое описание окрестностей Красного и Царского села. СПб., 1881. С. 30-31,48–49.
- [13] Ликвидирован источник радиоактивного заражения в районе деревни Ретселя Ломоносовского района. [Электронный ресурс] <http://eco.lenobl.ru/programm/news?id=38905>

## ДИНАМИКА СООТНОШЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕЧНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Казачёнок Н.Н.,  
Белорусско-Российский университет,  
г. Могилев, Республика Беларусь

**Аннотация:** на примере системы реки Теча показана перспектива исследования динамики соотношения техногенных радионуклидов в абиотических компонентах водной экосистемы для выявления источников радиоактивного загрязнения и прогнозирования развития радиационной ситуации

**Ключевые слова:** речная система, радиоактивное загрязнение, техногенные радионуклиды,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ .

## DYNAMICS OF THE RATIO OF TECHNOGENIC RADIONUCLIDES IN THE RIVER ECOSYSTEM

Kazachonok N.N. Belarusian-Russian University, Mogilyov, Belarus

**Abstract:** using the example of the Techa river system, the prospect of studying the dynamics of the ratio of technogenic radionuclides in the abiotic components of the aquatic ecosystem to identify sources of radioactive contamination and predicting the development of the radiation situation is shown.

**Keywords:** river system, radioactive contamination, radionuclides,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ .

Исследование динамики соотношения техногенных радионуклидов в природных объектах позволяет выявить закономерности геохимических и геоэкологических процессов в экосистемах. Долгоживущие радиоактивные изотопы могут служить трассерами стабильных изотопов этого же элемента или его биогеохимического аналога.

Поскольку дата появления в экосистеме техногенных изотопов в большинстве случаев определена с хорошей точностью и период их полураспада различается, динамика их соотношения в отдельных компонентах экосистем отражает направление и скорость их миграции в локальных и глобальных круговоротах.

Наиболее перспективным объектом изучения соотношения радионуклидов в речных системах является система реки Теча. Считают, что основной сброс радиоактивных отходов в систему реки Теча осуществлялся в период 1949-1954 гг. При этом суммарные активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в сбросах были практически одинаковы [1], Поскольку периоды полураспада у  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  очень близки, следовало ожидать, что уровни загрязнения этими радионуклидами абиотических компонентов речной экосистемы не будут значительно отличаться. Однако, как показывают исследования [2-7], современные значения активности радионуклидов в пойменной почве различаются на порядки (Рис. 1). При этом отношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  может значительно изменяться как в зависимости от расстояния по руслу реки (Рис. 2), так и от времени после загрязнения (Рис. 3) и от глубины отбора пробы [2, 3].

Это объясняется тем, что  $^{90}\text{Sr}$  более подвижный [3, 8] и активнее вымывается. Его активность в воде намного больше, чем  $^{137}\text{Cs}$ . Хотя уровень загрязнения радионуклидами воды в реке очень сильно варьирует [3, 9, 10], соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в воде значительно меньше 1 (Рис. 4). Поэтому со временем  $^{90}\text{Sr}$  быстрее перемещается вниз по руслу реки, причем в наибольшей степени его потери выражены в почвах, близко расположенных к урезу воды (Рис. 1). Таким образом, исследование динамики соотношения радионуклидов в разные сроки после сбросов жидких радиоактивных отходов и в разных абиотических компонентах речной системы позволяет выявить закономерности их миграции в гидросфере.

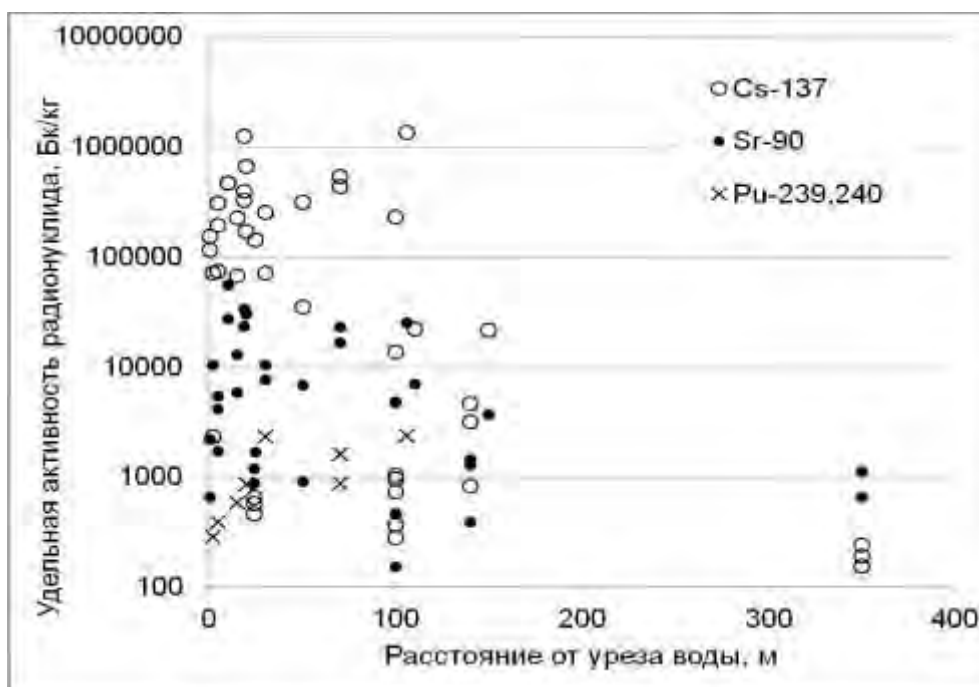


Рис.1 – Содержание радионуклидов в пробах верхнего слоя пойменной почвы Асановских болот на разном расстоянии от русла реки Теча.

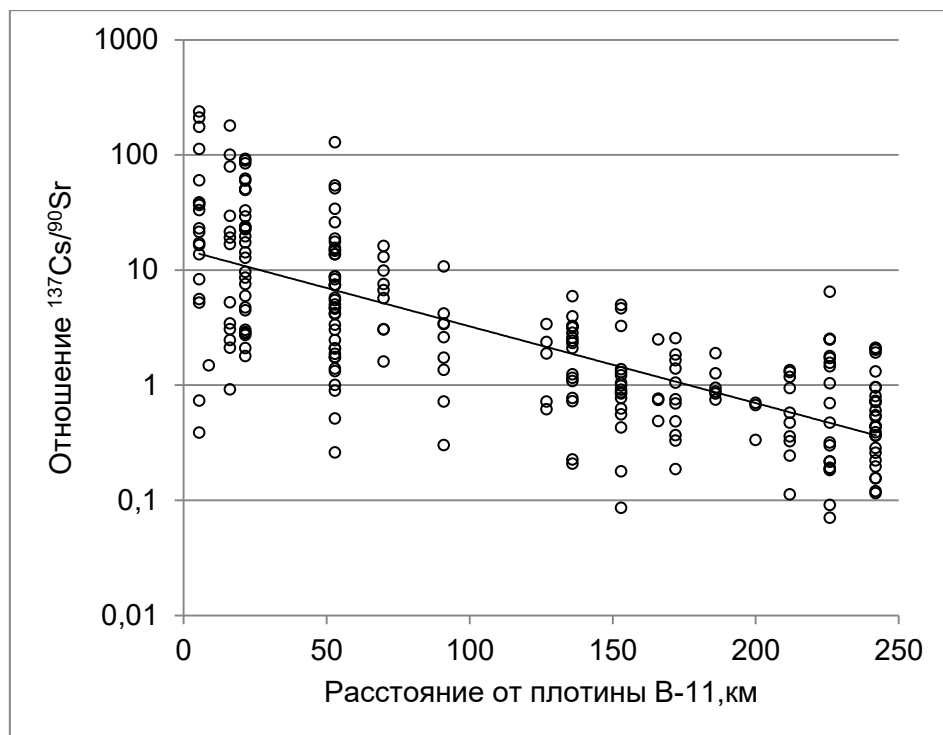


Рис. 2 – Динамика отношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в верхнем слое пойменной почвы в зависимости от расстояния по руслу реки Теча.

Удельные активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  в воде реки Теча оказались взаимосвязаны. В верхнем течении реки в 40 пробах 2009-2012 гг. коэффициент корреляции между ними составил 0,759. В среднем за этот период в верхнем течении активность  $^3\text{H}$  превышала активность  $^{90}\text{Sr}$  в  $11,2 \pm 1,2$  раза. В нижнем течении это соотношение несколько снижается и составляет  $9,3 \pm 1,6$  раз.

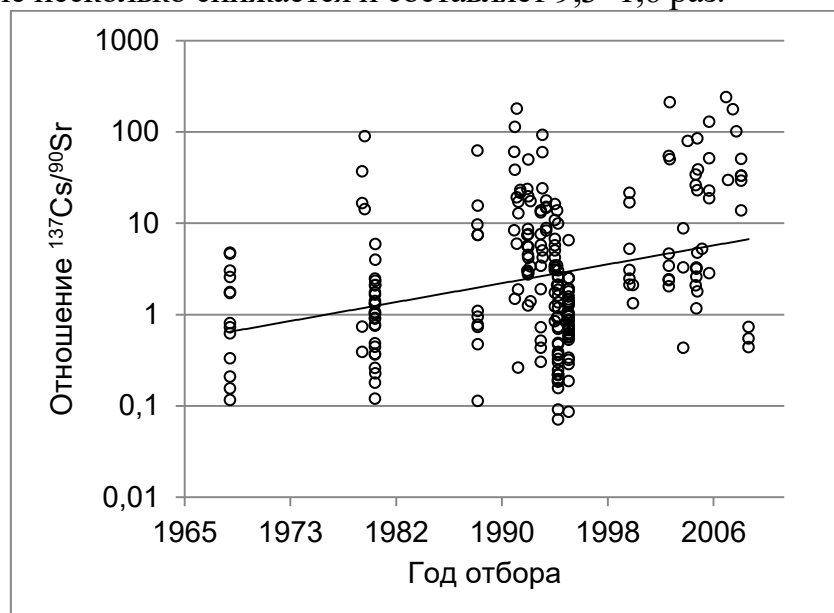


Рис. 3 – Динамика отношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в верхнем слое пойменной почвы в зависимости от времени

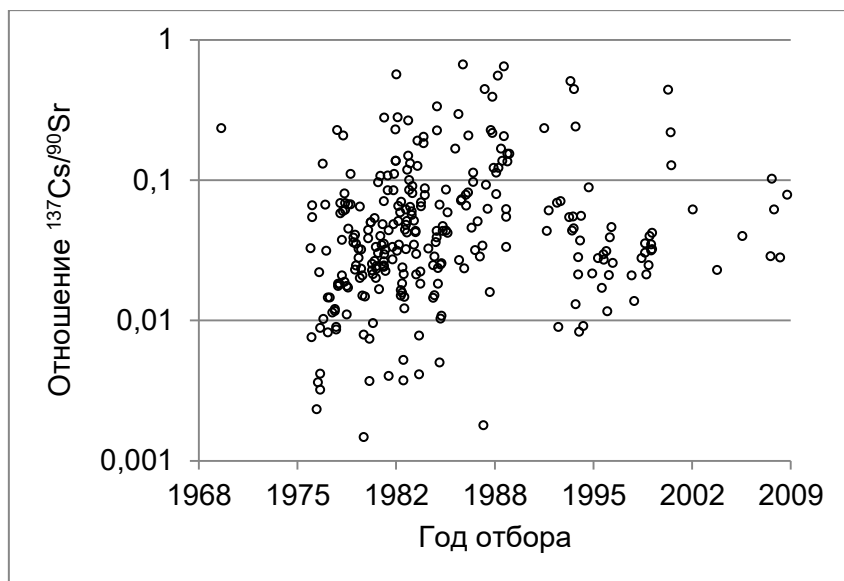


Рис. 4 Отношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в воде в створе Муслюмова

Динамика соотношения активностей  $^3\text{H}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в воде по течению реки при отборе проб в течении времени, сопоставимом с временем добегания (2-3 суток) показывает синхронность их колебаний. В 2009 г. на участке Асанов мост-Новый мост активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде снизилась на 15,6%,  $^3\text{H}$  – на 16,7%. В 2011 г. снижение на этом участке составило соответственно 47,2% и 38,7%, в 2012 г. активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде снизилась на 43,8%,  $^3\text{H}$  – на 41,3%. Такие совпадения снижения активностей  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  позволяют предположить, что на данном участке сорбция и десорбция  $^{90}\text{Sr}$  относительно сбалансированы и снижение обеспечивается разбавлением водой из реки Зюзелги. На основании исследований соотношения между активностями радионуклидов в абиотических компонентах речной системы нами разработана методика выявления и оценки вклада источников ее загрязнения [3, 12].

#### Литература

- [1] Мофров Ю.Г. Реконструкция радиоактивного стока основных радионуклидов с водами р. Теча в период 1949–1954 гг. Бюллетень сибирской медицины, №2. – 2005. – С. 110-116.
- [2] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я. Динамика радиоактивного загрязнения абиотических компонентов водных экосистем различных типов на Южном Урале // Вода: химия и экология, 2016. - №9. - с. 9–19
- [3] Казачёнок, Н.Н. Геоэкология техногенных радиоактивных изотопов. Могилёв: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 283 с.
- [4] Kostyuchenko V. V., Akleyev A. V., Peremyslova L. M., Popova I. Ya. , Kazachonok N. N., Melnikov V. S. Environmental Migration of Radionuclides ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ) in Accidentally Contaminated Areas of the Southern Urals / Radioactive Waste, Edited by Rehab Abdel Rahman, Publisher: InTech, April 25, 2012, pages 65-98.
- [5] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Костюченко В.А., Поляничкова Г.В., Тихова Ю.П., Мельников В.С., Россинская Г.Б., Коновалов К.Г., Копелов А.И. Радиоактивное загрязнение водных экосистем в результате деятельности радиохимического предприятия // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: матер. IV Междунар конф. (Томск, 4–8 июня 2013 г.); Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 238-241.
- [6] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Костюченко В.А., Мельников В.С., Поляничкова Г.В., Тихова Ю.П., Коновалов К.Г., Россинская Г.Б., Копелов А.И. Современная радиэкологическая обстановка и источники радиоактивного загрязнения на реке Теча // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности, - № 1, -2013. – С. 63-70
- [7] Казачёнок Н.Н., Попова И. Я., Мельников В.С., Поляничкова Г.В., Тихова Ю.П., Коновалов К.Г., Копелов А.И.  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239/240}\text{Pu}$  в системе реки Теча Вода: химия и экология, № 11, 2013, с. 10-15.
- [8] Казаченко Н.Н., Попова И.Я., Костюченко В.А., Мельников В.С., Исследование перехода  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в подвижные формы в пойменном почвенно-растительном комплексе при различных режимах

увлажнения в модельном эксперименте/Медико-биологические проблемы жизнедеятельности, № 2(4), сентябрь, 2010, с. 24-30

[9] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я. Динамика радиоактивного загрязнения абиотических компонентов водных экосистем различных типов на Южном Урале/Вода: химия и экология, 2016. - №9. - с. 9–19

[10] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я. Динамика радиоактивного загрязнения воды в различных типах водоемов на Южном Урале //География: развитие науки и образования. Часть II. Коллективная монография по материалам ежегодной Междунар. науч.-практ. конф. LXIX Герценовские чтения, Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена, 21-23 апреля 2016 года / Отв. ред. В.П. Соломин, В.А. Румянцев, Д.А. Субетто, Н.В. Ловелиус. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2016. – С. 46-50

[11] Казачёнок Н. Н., Попова И. Я., Мельников В. С., Полянчикова Г. В., Коновалов К. Г., Тихова Ю. П. Закономерности распределения  $^3\text{H}$  в открытых водоемах и источниках питьевого водоснабжения в зоне влияния ПО «Маяк»/АНРИ, - № 3, - 2013. – С.43-51

[12] Казачёнок Н. Н., Попова И. Я., Мельников В. С. Методика оценки источников радиоактивного загрязнения речной системы/АНРИ, - № 2, - 2014 С.37-44

## ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Стрельцов М.А., Синай М.Ю., Нестерова Л.А., Синева В.С.  
РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

**Аннотация:** исследуется состав дождевой воды, изменения ее кислотности при контакте с атмосферой, и участие в процессе химического выветривания горных пород, использующихся в декоре и облицовке зданий.

**Ключевые слова:** химическое выветривание, состав дождевой воды, pH дождевой воды, городская среда.

## CHEMICAL WEATHERING OF ROCKS UNDER THE CONDITIONS OF URBAN ENVIRONMENT

Strelczov M.A., Sinai M.Yu., Nesterova L.A., Sineva V.S.,  
Herzen University, Saint Petersburg

**Abstract:** the composition of rainwater, changes in its acidity in contact with the atmosphere, and participation in the process of chemical weathering of rocks used in the decoration and facing of buildings is investigated.

**Keywords:** chemical weathering, rainwater composition, rainwater pH, urban environment.

Дождевая вода является основным агентом химического выветривания; она принимает участие в большинстве химических реакций на поверхностях горных пород в естественных и городских условиях. Наиболее часто происходит реакция преобразования кальцита в гипс на мраморных или известняковых поверхностях в современной городской среде, что приводит к непоправимым потерям памятников культурного наследия. Настоящее исследование посвящено механизму этого превращения: реакция замещения кальцита гипсом была реализована экспериментально для определения роли диоксида серы в процессе; ведется мониторинг изменения кислотности дождевой воды.

Образование гипса на поверхности карбонатных пород часто описывается реакцией  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . Однако причины появления ионов серной кислоты на поверхности пород все еще обсуждаются.

