

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРИТИЯ В ПРЕДЕЛАХ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

Н.Н. Казачёнок

*Белорусско-Российский университет, г. Могилёв, Республика Беларусь,  
kazachenok.nina@mail.ru*

## LAWS OF THE DISTRIBUTION OF $^3\text{H}$ IN THE SCOPE OF THE BIOGEO- CHEMICAL PROVINCE OF TECHNOGENIC RADIOACTIVE ISOTOPES

N.N. Kazachonok

*Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus*

Аннотация. Представлены результаты исследования закономерностей переноса трития в озе-  
ра, питающиеся осадками. Загрязнение тритием озера зависит от направления ветров прино-  
сящих осадки. Загрязнение тритием реки Теча зависит от фильтрации из технологических  
водоёмов в обводные каналы и через тело плотины.

*Ключевые слова: тритий, радиоактивное загрязнение, озеро, осадки, река.*

### Введение

Исследование распространения  $^3\text{H}$  имеет важное значение не только для  
обеспечения радиационной безопасности населения и природной среды, но и  
создает основу для совершенствования методологии изучения локальных кру-  
говоротов воды в экосистемах.  $^3\text{H}$ , входя в состав НТО может служить трассе-  
ром водных потоков, он способен быстро мигрировать на большие расстояния,  
как в водотоках, так и в атмосфере в газообразном состоянии. Технологические  
водоемы Теченского каскада водоёмов (ТКВ) предоставляют уникальную воз-  
можность для исследования распространения  $^3\text{H}$  различными путями (испаре-  
ние с поверхности водоема, конденсация и выпадение с осадками, фильтрация  
через тело плотины и береговую линию, движение в водотоках каналов и реки,  
перемещение в грунтовых водах). При этом, распространение  $^3\text{H}$  происходит в  
условиях, приближенных к естественным.

### Объекты и методы

Исследования проводили в 2009-2013 гг. на территории Южно-Уральской  
биогеохимической провинции техногенных радиоактивных изотопов (ЮУП-  
ТРИ). Отбор воды производили в июне, отбор снега на всю глубину – в конце  
марта. Определение  $^3\text{H}$  в воде проводили методом прямого измерения на жид-  
костном  $\alpha$ -,  $\beta$ -радиометре Quantulus после предварительной дистилляции из  
щелочной среды с добавлением перманганата К для очистки от летучих радио-  
активных изотопов.

### Обсуждение результатов

Источником загрязнения окружающей среды  $^3\text{H}$  является радиохимиче-  
ский комбинат ПО «Маяк». На рисунке 1 представлены значения удельной ак-  
тивности  $^3\text{H}$  в водоемах ТКВ, обводных каналах, верховьях реки Теча и близ-  
лежащих озерах. Измерения активности  $^3\text{H}$  в обводных каналах показало, что  
источником загрязнения Течи является фильтрация в левобережный канал  
(ЛБК) и через тело плотины. Основной источник загрязнения воды ЛБК  $^3\text{H}$ , по-

видимому, фильтрация из водоемов В-3, В-4 (пруд Метлино). Активность  $^3\text{H}$  в верхнем течении ПБК относительно невысока и соответствует активности в озере Улагач. В нижней части канала она увеличивается в  $\approx 2,5$  раза, очевидно, за счет фильтрации из В-11. Водоем В-10, несмотря на довольно высокие активности  $^3\text{H}$  в воде, по-видимому, не вносит существенного вклада в радиоактивное загрязнение воды Течи.

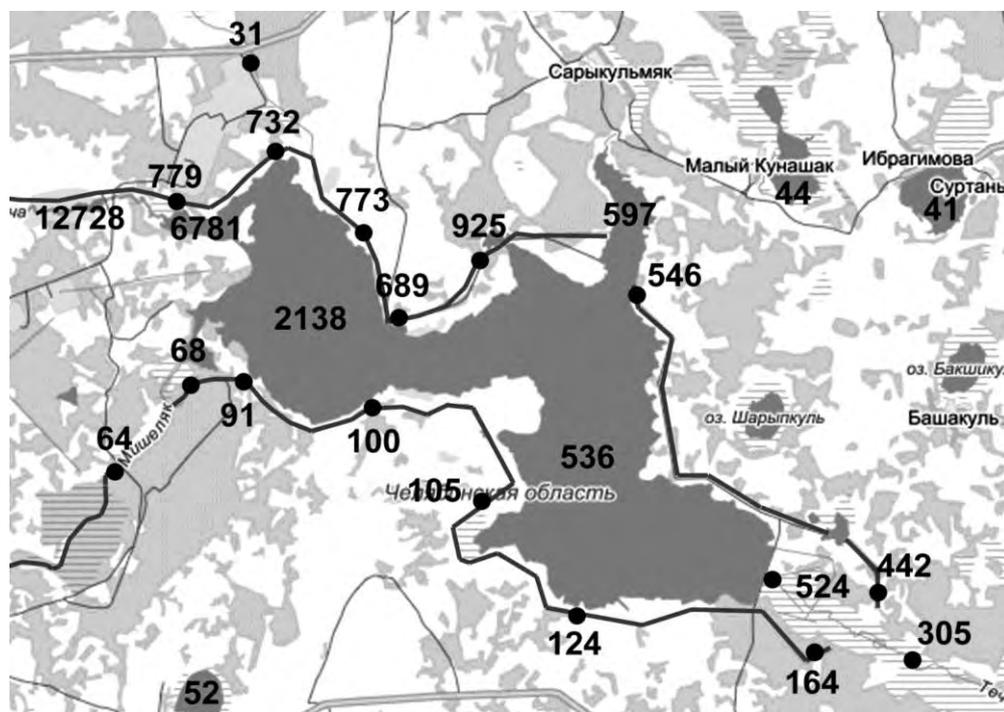


Рис. 1. Объемная активность  $^3\text{H}$  в воде ТКВ и обводных каналов [1, 2, 3].

При использовании методов решения задач оптимизации оказалось, что сток грунтовой воды с Асановского болота может быть сопоставимым со стоком ПБК и фильтрата плотины и обеспечивать разбавление загрязненной  $^3\text{H}$  воды фильтрата плотины и ЛБК. При этом грунтовая вода должна быть относительно чистой. Действительно, грунтовая вода из скважины у Асанова моста содержала 42 Бк/л  $^3\text{H}$ , что значительно меньше, чем в русле реки [5].

На рисунке 2 представлены данные о загрязнении  $^3\text{H}$  воды озёр ЮУПТРИ и снега, выпавшего на поверхность льда этих озер.

Кроме того, с апреля по сентябрь 2011 г. отбирали дождевую воду в н.п. Тюбук, активность  $^3\text{H}$  в сборной пробе составила 52,3 Бк/л; в июле 2013 г. активность  $^3\text{H}$  в дождевой воде в н.п. Большое Таскино составила 13,5 Бк/л, Башакуль – 12,4 Бк/л, Челябинск – 13,1 Бк/л. На территории России в основных реках в 2009 г. активность  $^3\text{H}$  была от 1,6 Бк/л до 3,1 Бк/л, в 2010 г. – от 1,3 Бк/л до 2,9 Бк/л, в 2011 г. от 1,6 Бк/л до 2,5 Бк/л; фоновым уровнем для речной воды в 2010 г. считалось 2,2 Бк/л, в 2011 г. – 2,0 Бк/л). Средняя объемная активность  $^3\text{H}$  в осадках составляла в 2010 г. – 2,2 Бк/л, в 2011 г. – 2,5 Бк/л. Наибольшая активность зафиксирована в июне и июле (3,4 Бк/л в 2011 г.) [7].

Таким образом, поверхностные воды ЮУПТРИ и осадки на ее территории загрязнены  $^3\text{H}$  в значительной степени.

Для того, чтобы оценить влияние расположения площадки отбора отно-

сительно ТКВ и направления ветра на уровень загрязнения снега, рассчитали коэффициенты корреляции Пирсона между активностью  $^3\text{H}$  в снеговой воде, плотностью выпадений  $^3\text{H}$  на  $1 \text{ м}^2$ , расстоянием места отбора от промплощадки ПО «Маяк» и углом отклонения азимута места отбора относительно промплощадки от румбов: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ.

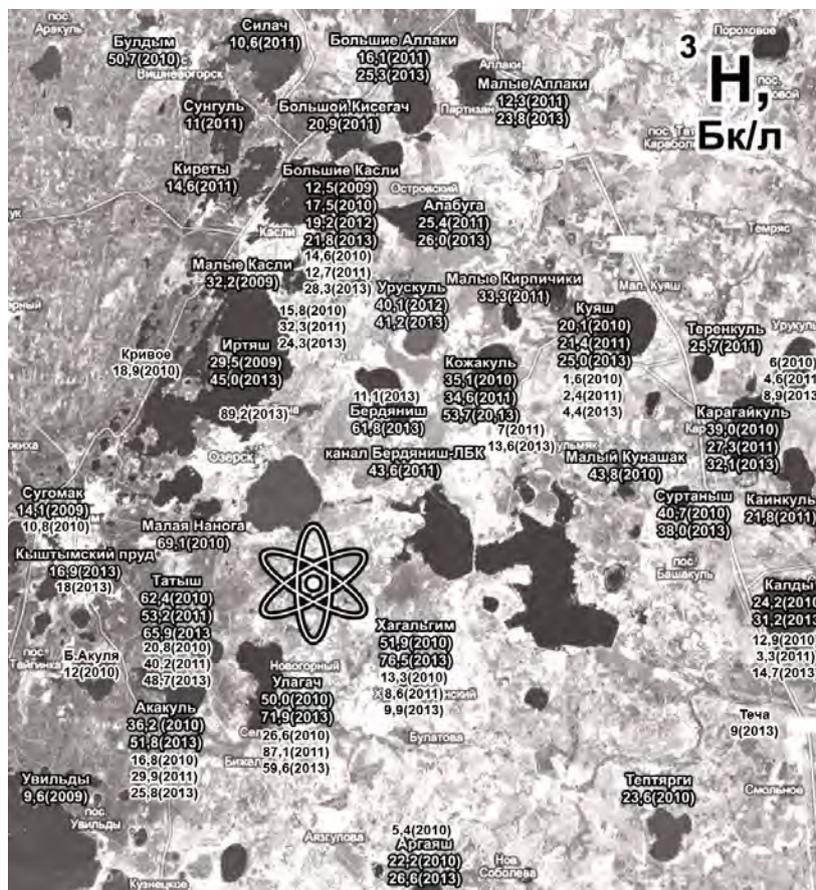


Рис. 2. Объемная активность  $^3\text{H}$  в воде озёр (белый шрифт) и зимних осадках (черный шрифт) [2, 4, 6].

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета  
<http://e.biblio.bru.by/>

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции загрязнения снега  $^3\text{H}$ , расстояния и направления от ПО «Маяк»

Год	Количество площадок отбора	Корреляция $^3\text{H}$ с расстоянием, км	Корреляция $^3\text{H}$ с отклонением азимута от румба сноса осадков, °		Множественная корреляция (от расстояния и отклонения)
			Направление сноса осадков при $r_{\text{max}}$	$r_{\text{max}}$	
2010	14	-0,674**	Запад	-0,502	0,706*
2011	11	-0,522	Запад	-0,659*	0,706
2013	15	-0,494	Северо-запад	-0,489	0,570
Всего площадок	19	-0,457	Запад	-0,300	0,474
Всего проб	40	-0,473**	Запад	-0,432**	0,536**

Примечание: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$

Оказалось, что коэффициенты корреляции расстояния от промплощадки,

а также угла отклонения азимута от румба, с активностью  $^3\text{H}$  в снеговой воде были выше, чем с плотностью выпадений. Из всех румбов в наибольшей степени коррелировали с активностью  $^3\text{H}$  в снеге Запад и Северо-запад (в 2013 г.). Значения коэффициентов корреляции активности  $^3\text{H}$  с расстоянием от площадки ПО «Маяк» и с направлениями, связь с которыми наиболее высока ( $r_{\max}$ ), приведены в таблице 1.

### Выводы

Таким образом, распространение  $^3\text{H}$  из поверхностных загрязненных вод происходит воздушным путем за счет испарения и конденсации с осадками. Снижение концентрации  $^3\text{H}$  в осадках и воде бессточных озер по мере удаления от источника загрязнения позволяет определить размеры территории, на которой происходит локальный круговорот воды. Фильтрация  $^3\text{H}$  через грунт позволяет оценивать направление и скорость движения грунтовых вод.

### Литература

- [1] Атлас геоэкологических карт на территорию зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк». – М., Озерск, «Геоспецэкология». 2007. – 106 с.
- [2] 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.
- [3] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Мельников В.С., Полянчикова 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. – 2013, № 11. – С. 10-15.
- [4] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Мельников В.С., Полянчикова Г.В., Тихова Ю.П., Коновалов К.Г., Копелов А.И. Радиоактивное загрязнение воды озёр на территории Южно-Уральской техногенной биогеохимической провинции радиоактивных изотопов. Вода: химия и экология. – 2014, №10. – С. 16-22.
- [5] Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Мельников В.С. Методика оценки источников радиоактивного загрязнения речной системы/ АНРИ. – 2014, №2. – С. 37-44.
- [6] 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.
- [7] Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2011 году / Под ред. С.М. Вакуловского. – Обнинск, 2012. – 297 с.

**S u m m a r y.** The results of an investigation of the laws of the transport of tritium into lakes feeding on sediments are presented. Contamination of tritium lakes depends on the direction of winds bringing rain. The contamination of the river Techa by tritium depends on the filtration from technological reservoirs to bypass canals and through the dam body.