

9. Айдаров И. П. Проблемы природопользования и природообустройства в России и пути их решения: монография. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010. – 94 с.

10. Айдаров И. П. Экологические основы мелиорации земель: монография. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2012. – 180 с.

11. Васильев С. В. Воздействие нефтегазовой промышленности на лесные и болотные экосистемы. – Новосибирск: Наука, 1988. – 136 с.

12. Ушаков И. Б. Качество жизни и экологический риск // Экология человека. – 1996. – № 3. – С. 73–76.

13. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской

Федерации на период до 2020 года. – URL: <http://www.smolin.ru/odv/reference-source/2008-03.htm> (дата обращения 31.08.12.).

14. Зырянова У. П., Кузнецов В. В., Лазарев В. И. Экономика природопользования и природоохранной деятельности: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 183 с.

Материал поступил в редакцию 02.04.12.

*Айдаров Иван Петрович, доктор технических наук, профессор, академик Россельхозакадемии
Тел. 8 (499) 976-16-02*

УДК 502/504.4.06

С. В. ВАСИЛЕНКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Представлены результаты обследования процесса осаждения цезия в осушительных каналах. Эксперименты показывают высокую эффективность очистки воды посредством осаждения наносов, а вместе с ними и адсорбированных на них радионуклидов цезия. Наивысшая удельная активность формируется в верхнем слое ила, поэтому существует опасность повторного загрязнения при воздействии ветра.

Радионуклиды, удельная активность, осушительные каналы, цезий-137.

There are given results of investigation of Cesium settling in drainage canals. The experiments show a high effectiveness of water cleaning by means of alluviation and adsorbed Cs radio nuclides. The highest specific activity is formed in the silt upper layer that is why there is a danger of water recurrent contamination under the impact of wind.

Radio nuclides, specific activity, drainage canals, Cesium (Cs-137).

В западных районах Брянской области, наиболее загрязненных радионуклидами, построено и существует в настоящее время множество осушительных систем. Каналы на всем протяжении заросли камышом, рогозом, осокой, кустарником. Частично они продолжают выполнять свои функции по отводу воды, особенно в весеннее время, работая как собиратели. Все осушительные системы нуждаются в

реконструкции.

В таблице приведены сведения о радионуклидах в донных илах осушительных каналов и рек. Наибольшая концентрация зафиксирована в нагорно-ловчем канале Новозыбковского района – 2811,3 Бк/кг и отстойнике на главном магистральном канале у выхода с территории осушительной системы – 2050 Бк/кг [1]. Аналогичный отстойник на осушительной

системе в Красногорском районе также отличается высокой концентрацией загрязнения – 2761 Бк/кг. Ил в этих отстойниках представлен торфяными частицами. Торфяные иловые отложения реки Полонки, находящиеся в подвижном состоянии поверх чистого песчаного ложа реки, показали 2624 Бк/кг. В крупных реках Беседь, Ипуть отмечена невысокая концентрация радионуклидов в илах: 355; 100 Бк/кг.

В осушительных каналах, находящихся в рабочем состоянии, пусть даже только весной отводящих талые воды, наблюдаются пониженные концентрации радионуклидов в илах: 175; 130; 185; 52,7; 259,5; 201,5; 124,8 Бк/кг.

Четкой зависимости между высокой плотностью загрязнения водосборных площадей и высокой активностью ила не выявлено. Исключение представляют нагорно-ловчие каналы, улавливающие смытые в результате водной эрозии частицы почвы.

Дренажный сток, зафиксированный в смотровых колодцах, отличается пониженным содержанием радионуклидов – 0,83; 2,5 Бк/кг, т.е. в пределах допустимых уровней для питьевой воды – 11 Бк/кг.

В воде открытых каналов содержание радионуклидов по результатам исследований колеблется от 0,5 до 46 Бк/кг, причем на наиболее загрязненных территориях в Новозыбковском районе вода в каналах почти повсеместно отвечает нормам питьевой воды. В реке Ипуть радиа-

ция составляет 1,5 Бк/кг, в реке Беседь – 17,4 Бк/кг, в реке Полонка – 45,2 Бк/кг. В реке Полонка высокая радиация объясняется вторичным загрязнением от ила, торфяные частицы которого легко переносятся водой. Глубина воды 10...20...30 см. Ручей Дубенец, впадающий в реку Полонку, в истоках имеет радиацию 3 Бк/кг, в устье – 59 Бк/кг.

При использовании водоемов сельскохозяйственного назначения без ограничений в водопользовании доминирующая доза формируется за счет внутреннего облучения. Внешнее облучение, создающееся в результате пребывания людей на берегах, на пляжах, купания в воде, катания на лодках, нахождения на затопляемых поймах, существенно меньше внутреннего облучения. Считается, что критическим видом водопользования является потребление рыбы, а на втором месте стоит использование воды водоемов для орошаемого земледелия (таблица).

При коэффициенте накопления Cs-137 в рыбе 2000 (по отношению к воде) допустимое содержание Cs-137 в рыбохозяйственных водоемах характеризуется величиной 11 Бк/л.

Коэффициент накопления Cs-137 донных отложений по отношению к воде водоема составляет 30 000 Бк/кг/Бк/л [1]. Особенно важно учитывать степень загрязнения донных отложений при рассмотрении вопроса о снятии водоема с эксплуатации.

Переход радиоактивного заражения из донных отложений в воду осуществляется

Содержание радионуклидов в иловых отложениях водных объектов

Район	Населенный пункт	Место отбора пробы	Радиация, Бк/кг
Красногорский	Красная Гора	Расширение на канале 1-РГД – отстойник	2761,0
		Река Полонка	2624,0
		Ручей Дубенец на переезде	202,0
		Река Беседь	355,0
		Канал, створ 8а	175,0
		Канал 1.6 ПГД, створ 15	130,0
		Канал 1.6 ПГД, створ 18	189,0
Новозыбковский	Деревня Грива	Канал Д-1	2811,3
		Верхний канал, створ 6	52,7
		Канал, створ 5	359,5
		Канал Д-1	201,5
		Канал, створ 7а	124,8
		Канал, створ 6а	1050,0
	Новозыбков	Река Ипуть	100,0
Злынковский	Деревня Карпиловка	Канал, соединенный с рекой, Д-1	820,0

в процессе диффундирования, взмучивания при ветро-волновом воздействии и ускорении течения воды при увеличении расходов воды во время паводков. При повышении турбулентности взмучиванию подвержен верхний слой донных отложений, но именно в верхнем слое ила (5...10 см), как показали проведенные полевые обследования, содержится основная концентрация (плотность) радиоактивного загрязнения цезия-137.

По подсчетам С. В. Казакова, допустимый уровень активности Cs-137 в воде при использовании водоема для рыборазведения характеризуется 0,031 Бк/л, а критическим вариантом использования является водопользование без ограничений (питьевое водоснабжение, рыборазведение, орошаемое земледелие, использование затопляемых земель) – 0,015 Бк/л [1]. Содержание цезия в донных отложениях ограничивается 46 Бк/кг, а при использовании донных отложений в качестве удобрений – 4 Бк/кг. Из сказанного видно, насколько актуальны исследования процессов загрязнения и очищения водоемов на радиоактивных территориях Брянской и других областей.

Природные процессы очищения воды в водных объектах происходят постоянно, но очень медленно. Одним из способов активизации процессов самоочищения воды является посадка в водотоках на мелководьях водной растительности. При невысокой стоимости и незначительных эксплуатационных издержках водоток очищается от нескольких загрязнителей. Заросли тростника, камыша, рогоза очищают загрязненные воды на 90 % от примесей, извлекая более 20 химических элементов [2].

В 2005–2007 годах автором были проведены полевые исследования на магистральном канале осушительной системы возле населенного пункта Колодезский Новозыбковского района Брянской области. После аварии на Чернобыльской АЭС населенный пункт попал в зону отселения. Удельная радиоактивность почв на водосборе магистральном канале достигла 15 000 Бк/кг. Канал на всем протяжении зарос камышом, рогозом, осокой. Осенью 2005 года отбирались пробы воды по длине канала и в водоприемнике. Удельная активность воды росла,

колеблясь по длине канала от 3 до 7 Бк/л. В момент отбора наблюдалось слабое течение воды в канале. В сентябре 2006 года зафиксированы такие же значения удельной активности воды при слабо выраженном течении воды в канале. В начале июня 2007 года течения воды не наблюдалось, и в стоячей воде по всей длине канала и в водоприемнике активности цезия-137 обнаружено не было.

В сентябре 2006 года на магистральном канале отбирались пробы рогоза и в этой же точке – ила и воды. Ил, в котором непосредственно находились корни рогоза, имел удельную активность 371 Бк/кг, ниже корней – 240 Бк/кг. У воды удельная активность была 5,8 Бк/кг.

В начале июня 2007 года пробы отбирались в том же створе канала, что и в 2006 году. Ил из корневой системы рогоза имел удельную активность 348,5 Бк/кг. Радиоактивность воды не была обнаружена (вода стоячая). Распределение радиоактивности в корнях и стеблях рогоза отличалось общим снижением концентрации излучения по высоте растений.

В конце сентября загрязнения в листьях и тонких стеблях накапливаются меньше, чем в толстом стебле близ корня. В начале июня распределение активности по высоте растения более равномерное – от 91,2 до 107,1 Бк/кг, в конце сентября – от 160 до 93 Бк/кг. Вынос загрязнения с транспирацией в конце сентября из нижних частей растений идет замедленно. По данным Т. К. Горышиной, заросли тростника за вегетацию транспирируют 15 090 м³ воды с 1 га [3].

Зеленая масса невысушенного рогоза имела удельную активность 15,1 Бк/кг, после высушивания – 109,2 Бк/кг. Удельная активность высушенного рогоза, замоченного до первоначального веса в зеленой массе, составила 27 Бк/кг.

Удельная активность корней превосходила активность других структурных частей растения, а также слоев ила. Наибольшей удельной активности достигли старые прошлогодние корни. Коэффициенты накопления (КН) для проб: отобранных в конце сентября – 0,43; отобранных в начале июня – 0,26. При подсчете коэффициентов ил был взят из корневого слоя, стебли рогоза нижней части растений имели 0...30 см.

Изучение скорости осаждения взвешенных частиц и распределения удельной активности мутной воды по глубине в зависимости от времени отстаивания проводилось в лабораторных условиях.

В сосуд емкостью 2,5 л помещали 600 г радиоактивной почвы (11 295 Бк/кг) и 2100 г дистиллированной воды. Один раз в сутки по 3 мин на протяжении трех суток грунт встряхивали и давали отстояться в течение 1, 2, 3, 4, 10, 24 ч. После отстаивания воду сливали по четырем слоям (2,8; 6; 6; 5 см) и определяли ее удельную радиоактивность. В результате отстаивания радиоактивность воды по мере возрастания глубины увеличивалась независимо от времени отстаивания, однако постепенно, от цикла к циклу, объемная активность нуклидов по глубине выравнивалась (рис. 1).

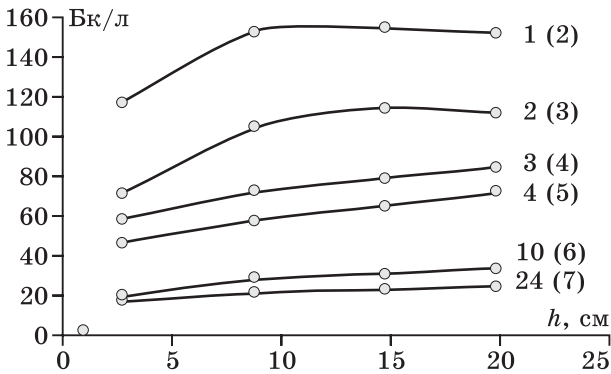


Рис. 1. Распределение объемной активности мутной воды по глубине в зависимости от времени отстаивания: 1...24 – часы отстоя; (2)...(7) – номер цикла

В опытах без отстаивания (точнее, отстаивание происходило только во время слива), наоборот, объемная активность в верхнем слое была наибольшей и уменьшалась с глубиной. Из слоя 2,8 см вода сливалась 5 мин, из слоев по 6 см – 11 мин, из нижнего слоя 5 см – 7 мин.

Сливаемую по циклам и слоям воду испаряли, взвешиванием определяли массу осадка и подсчитывали мутность. Зависимость объемной активности воды от ее мутности имела четко выраженную прямо пропорциональную зависимость (рис. 2).

Средняя скорость течения воды в осушительных каналах должна быть неразмываемой, чтобы не происходило повторного загрязнения воды радиоактивными наносами. Для донных отложений из ила, мелкого песка, пльвуна максимальная

скорость на размыв равна 0,15...0,30 м/с. За 30 мин отстаивания вода на 65...90 % освобождается от радиоактивного загрязнения.

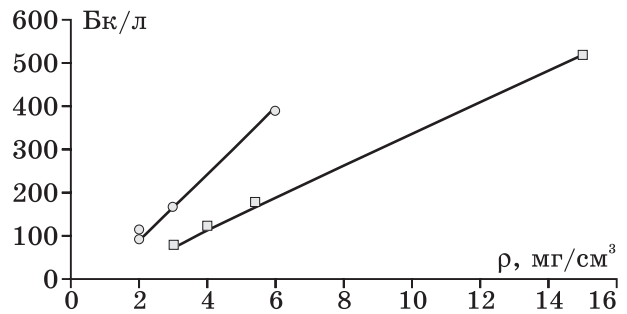


Рис. 2. Зависимость объемной радиоактивности воды от ее мутности в сосуде: о – 8-й цикл; □ – 9-й цикл (8 и 9 циклы – без отстаивания)

Поддерживаемая в канале не размывающая для ила скорость 0,15 м/с, за счет создания зарослей рогоза, камыша и тростника и увеличения коэффициента шероховатости в 3–5 раз, может уменьшиться до 0,05...0,03 м/с.

На каждом конкретном объекте во время предпроектных изысканий необходимо отобрать пробы радиоактивной почвы из пахотного горизонта и путем отстаивания взмученной почвы в лабораторных цилиндрах определить целесообразное время отстаивания и длину биоканала.

Остаточное содержание загрязнения в воде после прохождения потоком зарослей растительности может быть ликвидировано благодаря самоочищающей способности водотока на пути до водоприемника рыбохозяйственного назначения. По результатам полевых исследований после впадения магистрального осушительного канала в ручей, практически без разбавления, на расстоянии 1000 м удельная активность снизилась с 37 до 15 Бк/л [4].

Ниже участка биоканала по течению нужно обязательно оставлять чистое, без растительности, русло с относительно высокими скоростями течения, где будет происходить самоочищение воды.

Весьма эффективным мероприятием по очистке воды в осушительных каналах и предотвращению загрязнения водоприемников служит устройство цеолитовых кассет на каналах. Цеолиты обладают большой удельной поглощающей поверхностью и высокой адсорбционной емкостью.

Целесообразно использовать цео-

литсодержащие трепелы, расположенные вблизи радиоактивно-загрязненных районов Фокинского Брянской и Хотынецкого Орловской областей.

Наибольшая опасность загрязнения водоемов радионуклидами возникает в межженный период. Устанавливать кассеты следует в устье дрены или в смотровом колодце при впадении в закрытый коллектор, в открытых проводящих элементах осушительной сети и на ручьях.

Чтобы увеличить пропускную способность кассет, можно строить на каналах и ручьях локальные очистные сооружения с поперечными сечениями в несколько квадратных метров, используя метод каскадного расположения кассет. На весенний период для пропуска расхода талых вод кассеты следует убирать.

Для облегчения замены кассет их нужно устраивать с жесткими, дырчатыми стенками.

В открытых проводящих каналах и ручьях придонные слои воды переносят основную массу взвешенных и влекомых наносов, здесь же содержится и основная концентрация радионуклидов. Устанавливаемые вертикально кассеты целесообразно конструировать так, чтобы нижние участки кассет набирались из цеолита или смеси цеолита со щебнем мелких фракций, выше должны быть участки с заполнителем все более крупных фракций. По литературным данным, степень очистки воды на цеолитовых фильтрах такова, что удовлетворяет всем рыбохозяйственным нормативам [1–4].

Внесение в условиях дефицита кислорода 0,02 г цеолитового туфа на один литр раствора позволяет эффективно улучшить газовый режим. При этом концентрация растворенного в воде кислорода увеличивается уже в первые два часа не менее чем на 1 мг/л, что способствует развитию микроорганизмов и самоочищению водоемов от радионуклидов.

Прекратившая в конце лета вегетацию высшая водная растительность содержит значительное количество радионуклидов. Возникает проблема ее утилизации.

Исследован способ утилизации, заключающийся в скашивании, сжигании и промывке образовавшейся золы поливной водой. Высушенные стебли рогоза сгорают без остатка до пылинок. Пылеобразную золу помещают в сосуд с дренажными отверстиями

и промывают в течение 20 циклов. После 11 циклов промывки удельная активность сухой золы снижается с 538,5 до 234 Бк/кг, т. е. на 43 %. Масса сухой золы в сосуде после промывки уменьшается на 18 %.

За 11 циклов промывная норма воды составила 3368,3 м³/га при средней поливной норме за цикл 306,2 м³/га.

Выводы

В осушительных каналах и других водотоках можно достичь:

высокого эффекта очистки воды за счет осаждения наносов, а вместе с ними радионуклида цезия-137;

накопления активности цезия в биомассе, снижения его в иле и, следовательно, в воде при вторичном загрязнении всей экосистемы водоема;

высокого транспирационного расхода водной растительностью, а значит, снижения расхода воды в канале, особенно в межженный период, роста коэффициента разбавления радиоактивного загрязнения вод речными водами водоприемника;

уменьшения ветрового воздействия на водную поверхность и, следовательно, снижения уровня вторичного загрязнения воды при взмучивании наносов.

Способ сжигания высшей водной растительности и последующую промывку золы можно рекомендовать как средство изоляции и утилизации загрязненной радионуклидами растительности, выросшей в биоканалах.

1. Казаков С. В. Принцип оценки радиоэкологического состояния водных объектов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – № 6. – С. 694–704.

2. Зимон А. Д. Мир частиц. – М.: Наука, 1988. – 192 с.

3. Горышина Т. К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.

4. Василенков С. В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах: Проблемы экологической безопасности и природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. – М.: «Норма» МАЭБП, 2006. – С 137–140.

Материал поступил в редакцию 16.01.12.
Василенков Сергей Валерьевич, кандидат технических наук
 Тел. 8 (483) 412-45-90
 E-mail: poivp@bgsha.com