

Построенная классификация-типизация рельефа по взаимосвязям морфометрических характеристик отражает пространственную сопряженность вертикальной и горизонтальной расчлененности территории республики (табл. 2). Соответствие типов и видов является стохастическим. В то время как тип IV почти жестко привязан к виду 1, тип I сочетается с различными видами взаимосвязей (в основном с видами 3 и 4). Графической моделью классификации является карта типологического районирования рельефа по взаимосвязям морфометрических параметров (рис. 2), а классификация служит легендой такой карты.

Список литературы

1. Сачок Г. И., Цуркова Т. Ф. Математико-картографическое моделирование природных условий Белоруссии. Мн., 1984.
2. Трофимов А. М., Заботин Я. И., Панасюк М. В., Рубцов В. А. Количественные методы районирования и классификации. Казань, 1985.

УДК 574:539.1.04:747.475(28)

А. Ю. КАПАТАЕВ, И. А. РУДАКОВСКИЙ, Л. Е. БУРЛАКОВА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА ЦЕЗИЯ-137 В ОЗЕРНЫХ ВОДОЕМАХ С РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

The results of the radioecology regime observations of two lakes, Jamnoye and Velikoye, in the Mogilev region are presented. The dependance of the radiation contents on the landscape is set. The contents of the radionuclides in different blocks of water ecosystems is studied. The coefficients of Cs¹³⁷ contents are calculated. It is demonstrated that in the lakes having the radioactive Cs¹³⁷ contents level below the control republic level for the water for drink the fish is not good for eating.

Актуальность радиозокологических исследований озер Беларуси определяется последствиями аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., в результате которой произошло крупномасштабное радиоактивное загрязнение природной среды, причем основное количество радиоактивных загрязнений было выброшено на площадь водосбора Днепра, его притоки и водохранилища. В этих условиях изучение механизмов миграции, распределения и биологического действия радионуклидов в водных экосистемах приобрело исключительное значение.

Материалом для данной работы послужили результаты обследований озер Ямное и Великое, расположенных в Чериковском р-не Могилевской обл. в течение 1992 г. Оз. Ямное расположено в зоне с радиоактивным загрязнением окружающей территории 5–15 Ки/км², его площадь 0,06 км², объем 0,18 млн м³, средняя глубина – 3 м, максимальная – 6,5 м. Это димиктический водоем с хорошо выраженной температурной и кислородной стратификацией. Прозрачность воды в летний период составляет 1,3 м, общая минерализация 240 мг/л, окисляемость – 8–10 мгО/л. Оз. Великое расположено в зоне с радиоактивным загрязнением окружающей территории 15–40 Ки/км², его площадь 0,02 км², объем 0,013 млн м³, средняя глубина – 2,3 м, максимальная – 5,1 м. Водоем характеризуется периодическим нарушением температурной стратификации в результате ветрового перемешивания. Прозрачность воды в летнее время составляет 1,8 м, общая минерализация – 252 мг/л, окисляемость – 33 мгО/л.

Поскольку функционирование озерных водоемов тесно связано с их водосбором, важное значение приобретает анализ распределения радиоактивного загрязнения на окружающей эти водоемы территории. Широко известно пятнистое распределение радиации на поверхности почвы, однако, от чего зависит эта пятнистость, понятно далеко не всегда. Особенно это касается небольших локальных пятен, когда на протяжении нескольких метров уровень радиации меняется в 2, 3 и более раз. Подробное обследование гамма-фона на прилегающих к озерам территориях позволило установить интересную зависимость, характеризу-

ющую связь гамма-фона с гипсометрическими уровнями рельефа местности. Непосредственно у уреза воды и в заболоченных низинах уровень радиации значительно ниже, чем на высоких берегах и гривах. Так, у уреза воды оз. Ямного уровень радиации колеблется от 32 до 50 мкР/ч, составляя в среднем 38 мкР/ч. На более высоких местах уровень радиации находится в пределах от 35 до 80 мкР/ч, в среднем 64 мкР/ч. В оз. Великом у уреза воды этот показатель составляет 109–195 мкР/ч, в среднем 155 мкР/ч, а на высоких берегах – 166–379 мкР/ч, в среднем 270 мкР/ч. Установленная закономерность подтверждается более поздними данными, полученными на постоянном разрезе, заложенном через окружающую территорию и оз. Великое (рис. 1). Хорошо заметно, что в заболоченной низине (станция 1) уровень гамма-фона в 1,6 раза ниже, чем на расположенной рядом (в пределах 20 м) гриве (станция 2). Затем к урезу воды уровень радиации вновь снижается. На поверхности воды уровень гамма-фона близок к нормальному и составляет: у берегов (в 3 м от уреза воды) 20–22 мкР/ч, в центре озера – 16 мкР/ч, что в десятки раз ниже, чем на окружающей территории.

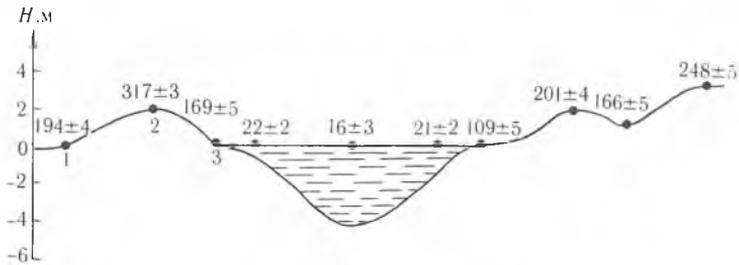


Рис. 1. Распределение гамма-фона на оз. Великом и окружающей территории:

H – высота от уреза воды, м; цифрами над точками обозначен уровень гамма-фона на почве, мкР/ч и доверительный интервал, рассчитанный при $p = 0,01$; под точками – номера станций

Определение содержания радиоактивного цезия в почве из мест окружающей территории с различными гипсометрическими уровнями также показало, что в заболоченных низинах концентрация радионуклидов значительно ниже, чем на гривах. Так, если в низине с высотой по отношению к озеру 0,1 м содержание цезия составляет 31,7 Ки/км², то на гриве высотой 2,0 м этот показатель уже достигает 59,8 Ки/км², а на высоте 3,5 м – 86,6 Ки/км².

Анализ вертикального распределения радиоактивного цезия в почве показал, что на гривах в верхнем 5-сантиметровом слое грунта содержится более 96 %, а в низинах – 94 % суммарного содержания этого элемента в почве.

Установленная закономерность между уровнем радиации и гипсометрическим уровнем местности имеет важное практическое значение, поскольку позволяет выбирать места с наименьшими уровнями радиоактивного загрязнения.

Радиоэкологические исследования на самих озерах показали, что содержание радиоактивного цезия в воде оз. Ямного с мая по октябрь колеблется с $0,73$ до $3,93 \cdot 10^{-11}$ Ки/л. Минимальная концентрация цезия отмечена в мае, максимальная – в сентябре. Основная масса радионуклидов в воде сосредоточена в растворенной форме, во взвеси находится менее 20 %, однако в пересчете на 1 кг взвешенного вещества содержание цезия-137 достигает $3,5 \cdot 10^{-10}$ Ки/кг. В оз. Великом количество цезия в сезонном аспекте изменяется от $2,76 \cdot 10^{-11}$ до $6,55 \cdot 10^{-11}$ Ки/л. Минимум, как и в оз. Ямном, отмечен в мае, максимум – в октябре и сентябре. В оз. Ямном в растворенной форме в воде находится более 85 % радиоактивного цезия. В среднем за период исследования концентрация радиоактивного цезия в воде оз. Ямного составляет $2,08 \cdot 10^{-11}$ Ки/л, а в оз. Великом – $5,49 \cdot 10^{-11}$ Ки/л. Таким образом, в обоих водоемах в воде содержание радионуклидов цезия значительно ниже республиканского контрольного уровня (РКУ), составляющего для питьевой воды $5 \cdot 10^{-10}$ Ки/л.

Содержание радионуклидов в донных отложениях литорали оз. Ямного колеблется от $1,6$ до $28,5 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг сухого вещества (в среднем $11,4 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг), а в профундали от $0,6 \cdot 10^{-7}$ до $1,9 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг (в среднем $1,31 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг). В оз. Великом этот показатель в литорали колеблется от $3,7 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг (в среднем $14,1 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг), а в профундали — $0,84 \cdot 10^{-7}$ — $7,65 \cdot 10^{-7}$, в среднем $3,7 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг. Коэффициенты накопления цезия донными отложениями составляют в оз. Ямном для песчаного грунта литорали 54800, а для илов профундали — 6298. В оз. Великом эти показатели соответственно равны 25680 и 6740 (таблица). Как известно, коэффициенты накопления радионуклидов илами более чем на порядок выше, чем песчаными грунтами [1, 2, 3 и др.]. Полученные нами данные можно объяснить наличием стратификации водных масс в момент выпадения радиоактивных осадков на поверхность озера, в результате чего основная масса радионуклидов аккумуляровалась песчаными грунтами литорали. Попаданию в профундаль радиоактивных веществ препятствовало термическое расслоение водной массы, что совпадает с литературными данными [4]. Аналогичные данные были получены и сотрудниками лаборатории гидроэкологии Белгосуниверситета [5].

Среднесезонные величины содержания радиоактивного цезия и коэффициенты его накопления (КН) в различных блоках тестовых озер

Объект исследования	оз. Ямное		оз. Великое	
	цезий	КН	цезий	КН
Вода, $\times 10^{-11}$ Ки/л	2,08	—	5,48	—
Донные отложения, $\times 10^{-7}$ Ки/кг	песок	11,40	14,10	25680
	ил	1,31	3,70	6740
Макрофиты, $\times 10^{-7}$ Ки/кг	кубышка	0,38	1,70	3100
	телорез	0,39	2,39	4354
	элодея	0,97	3,44	6277
	рдест	0,43	1,34	2445
	уруть	—	5,59	10200
Моллюски, $\times 10^{-8}$ Ки/кг	перловица: раковина	0,21	—	—
	тело	2,84	—	—
	живородка прудовик	1,39	4,13	754
	—	—	5,82	1060
Рыбы, $\times 10^{-8}$ Ки/кг	окунь	—	15,80	2883
	плотва	—	13,50	2464

Установлено два основных типа вертикального распределения цезия в грунтах литорали озер. В первом случае максимальная концентрация радионуклидов приходится на верхний слой грунта, с глубиной содержание радионуклидов закономерно снижается (рис. 2). Примером подобного типа служит оз. Великое. Иной тип стратификации цезия в грунтах отмечен в оз. Ямное. Здесь максимум содержания радионуклидов приходится на слои 6–9 или 9–12 см, а кривая, отражающая содержание цезия в донных отложениях, имеет куполообразный характер (см. рис. 2).

Анализ сезонной динамики содержания радиоактивного цезия в макрофитах показал, что концентрация этого элемента в растениях максимальна в середине мая, т. е. в начале вегетации (рис. 3). Затем к июню содержание цезия падает примерно в два раза, а в дальнейшем несколько увеличивается к осени. Таким образом, минимальная концентрация радионуклидов в макрофитах приходится на период их наибольшего роста, а максимумы отмечены в начале и конце периода вегетации. Указанная закономерность в большей или меньшей степени присуща всем изученным видам водных растений, повторяется на обоих тестовых

полигонах и, таким образом, может считаться достоверной. Вместе с тем есть сведения, что пики содержания радионуклидов в водных растениях приходятся на периоды усиленной вегетации – летние месяцы [1]. Полученные нами зависимости отличаются от литературных данных. В целом по сезонной динамике содержания радионуклидов в высших водных растениях сведений в литературе очень мало и они часто противоречивы, что подтверждает актуальность полученных нами данных и требует дальнейших исследований, поскольку макрофиты играют чрезвычайно важную роль в водных экосистемах и в ряде случаев могут служить источником попадания радиоактивных элементов в пищу человека.

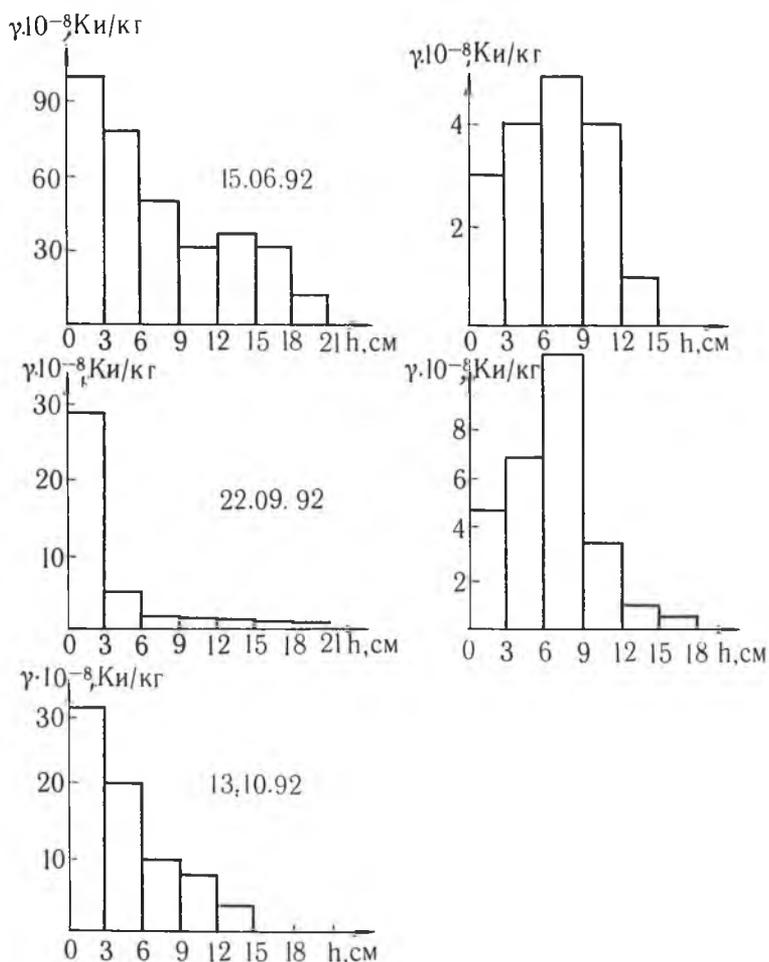


Рис. 2. Распределение радиоактивного загрязнения в толще донных отложений в оз. Великое (слева) и оз. Ямное (справа): по оси ординат содержание радиоактивного цезия; по оси абсцисс—слой грунта

Коэффициенты накопления цезия в макрофитах в оз. Ямном колеблются от 1827 у кубышки до 4663 у элодеи (см. таблицу). В оз. Великом коэффициенты накопления радионуклидов высшей водной растительностью оказались выше, чем в оз. Ямном и составляют у кубышки 3100, а у урути – 10200. Эта разница, вероятно, обусловлена более высоким содержанием цезия в воде и донных отложениях оз. Великого и, следовательно, более интенсивной его аккумуляции водными растениями, хотя по некоторым данным концентрации цезия в одних видах гидробионтов из озер с различным содержанием этого элемента в воде весьма близки [6].

Коэффициенты накопления цезия-137 макрофитами, полученные на-

ми для погруженных растений и растений с плавающими листьями, почти на порядок выше аналогичных, приводимых в литературе [1, 7], а также полученных для оз. Святского (Ветковский р-н, Гомельская обл.), имеющего примерно одинаковый с оз. Великое радиационный фон на берегах [5].

В моллюсках интенсивность накопления цезия значительно ниже, чем в грунте и макрофитах. Мягкие ткани моллюсков сильнее накапливают цезий, чем раковина.

У рыб коэффициент накопления близок к макрофитам. В оз. Великом содержание цезия в окунях составляет $15,8 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг, а в плотве — $13,5 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг в пересчете на сухое вещество. В пересчете на сырое вещество эти величины составляют соответственно $3,2 \cdot 10^{-8}$ и $2,7 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг. Таким образом, полученные величины почти в два раза превышают РКУ для рыбы, составляющий $1,6 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг. Следовательно, в озерах, где содержание цезия в воде не превышает РКУ для питьевой воды, обитает несъедобная рыба.

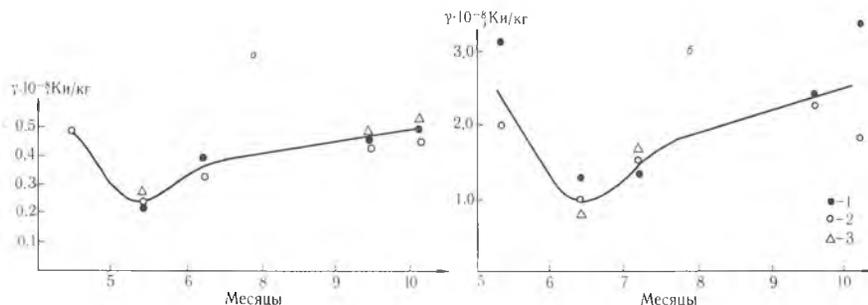


Рис. 3. Динамика содержания радиоактивного цезия в макрофитах в оз. Ямное (вверху) и оз. Великое (внизу):
1—телорез; 2—кубышка желтая; 3—рдест плавающий

Сравнительный анализ содержания цезия в различных блоках водных экосистем показал, что концентрация этого радионуклида в обоих озерах идет по схеме: вода — моллюски — рыба — макрофиты — донные отложения.

Список литературы

- Куликов Н. В., Чеботина М. Я. Радиозэкология пресноводных биосистем. Свердловск, 1988.
- Любимова С. А. // Радиозэкология водных организмов. 2. Рига, 1973. С. 96.
- Машнева Н. И., Родионова Л. Ф., Тихонова А. И. и др. Биологические последствия радиоактивного загрязнения водоемов. М., 1983.
- Hesslein R. H., Broecker W. S., Schindler D. W. // Canadian Journ. of Fisheries and Aquatic Sciences. 1980. V. 37. № 3. P. 378.
- Остапеня А. П., Павлютин А. П. // Прикладные вопросы лимнологии Белоруссии. Мн., 1992. С. 100.
- Провести исследования и выполнить прогнозы загрязнения донных отложений в результате аварии на ЧАЭС: Расширенный отчет о НИР (БГУ)/Рук. А. П. Остапеня. Мн., 1990.
- Тимофеева-Ресовская Е. А. // Тр. Ин-та биологии. Вып. 30. Свердловск, 1963.

УДК 631.6 + 631.8

Н. П. ИВАНОВ, Я. К. КУЛИКОВ,
А. С. ЧУБАКОВ, В. Ю. МАЛАШЕНКО

СТРУКТУРНЫЕ ПОЧВЕННЫЕ МЕЛИОРАЦИИ КАК ОСНОВА ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

One of the problems of natural environment optimization is discussed in the article, that is optimization of fundamental properties of the soils by the method of structural soil reclaimings. The theoretical foundations and practical results of the reclaimed peat soils grounding are considered. The essential improvement of the morphological, water-physical, agrochemical properties of the optimized soil and their positive effect on productivity and quality of the agricultural crops are revealed.