

**М.Г. Ясовеев**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы БГПУ;

**Т.Ф. Семеж**, аспирант Центрального научно исследовательского института комплексных исследований водных ресурсов (ЦНИИКИВР);

**А.И. Андрухович**, магистрант кафедры экономической географии и охраны природы БГПУ;

**Д.Д. Таликадзе**, аспирант кафедры экономической географии и охраны природы БГПУ;

## **РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДНОЙ РЕКРЕАЦИИ**

*Введение.* В общей структуре рекреации, туризма и оздоровления в Беларуси рекреация на базе водных объектов занимает одно из первых мест. В то же время проведение рекреационных мероприятий требует строгого учета фактора техногенного воздействия на поверхностную гидросферу. В составе техногенного влияния радиоэкологическая компонента превалирует и имеет лимитирующее значение [4,7,14].

Цель работы – оценить радиоэкологические ограничения проведения водной рекреации в Беларуси. Объекты изучения – поверхностные воды, донные отложения и прибрежная зона (пляжи) рек, озер, водохранилищ. В работе оценено радиационное состояние и рекреационная ценность территорий. Предложена методика рекреационного районирования с учетом техногенного (радиоэкологического фактора).

*Методика проведения радиоэкологических исследований.* Методы исследования параметров включают полевую оценку мощности дозы внешнего гамма-излучения, комплекс методов оценки радиоактивности компонентов окружающей среды и методов лабораторного определения активности радионуклидов в пробах [4].

Для проведения радиационной оценки отобраны водные объекты, расположенные на территориях с различным уровнем радиоактивного загрязнения. Исследования проводились на р. Сож (г. Гомель, г. Ветка, н.п. Хальч, н.п. Ченки), оз. Сетен, оз. Святское, центральный пляж (г. Гомель), р. Ипуть (г. Добруш), р. Припять (г. Мозырь, г. Наровля, г. Речица, г.п. Комарин). Дозовые нагрузки на человека, получаемые в результате рекреационной деятельности на водоемах, зависят от степени загрязнения радионуклидами поверхностных вод, донных отложений, территорий, прилегающих к водному объекту (пляжу).

В настоящее время загрязнение радионуклидами поверхностных вод рек определяется вторичными процессами: поступлением их из донных отложений в результате процессов десорбции и взмучивания; смывом с загрязненных водосборов и пойменной территории рек; грунтовым стоком с подпочвенными водами; ветровым переносом с загрязненных участков водосбора, отмелей и т.д.

Уровень радиационного загрязнения речной воды меняется в зависимости от режима водности и наносов. Содержание в воде взвешенных наносов является результатом эрозионного смыва мелких почвенных частиц с поверхности водосбора и русловых процессов. Для миграции  $^{90}\text{Sr}$  транспорт речных наносов не имеет существенного значения.

Озера являются долговременными источниками вторичного радионуклидного загрязнения природных объектов. Анализ динамики многолетних изменений радиоактивного загрязнения озер разного типа показывает, что хотя за годы, прошедшие после аварии на ЧАЭС, содержание радионуклидов в озерных экосистемах значительно (более чем на порядок) снизилось, озера, по сравнению с другими водными экосистемами, до сих пор остаются объектами повышенной радиоэкологической опасности [7,13].

***Оценка дозовых нагрузок на рекреантов***

Для прогноза дозовой нагрузки на человека необходимо учитывать облучение, связанное с рекреацией на водных объектах и загрязненных радионуклидами территориях. [14].

Одним из авторов публикации (Г.Ф. Семез) разработана модель, позволяющая прогнозировать эффективную дозу внешнего облучения. Согласно данной модели, внешнее облучение от фотонного или бета - излучения радионуклида  $r$  при купании или нахождении на плавсредствах (лодке) описывается зависимостью вида:

$$H_{ri} = C_r^v * G_j * T_i * R_r^v,$$

где  $H_{ri}$  - годовая полевая доза от радионуклида  $r$  за счет  $i$ -того пути облучения,

$i=1$  - купание,  $i=2$  - нахождение на плавсредствах (лодке), Зв,

$C_r^v$  - объемная активность радионуклида  $r$  в воде, Бк/л,

$G_i$  - геометрический фактор облучения: при погружении  $G_1=1$ , при нахождении на лодке  $G_2=0.5$ ,

$T_i$  — ( $T_1$  и  $T_2$  соответственно) продолжительность купания и нахождение на лодке в течение года, с,

$R_r^v$  - дозовый коэффициент облучения от воды для радионуклида  $r$  (Зв\*л/(Бк\*с)).

Внешнее облучение от донных отложений и пребывания на пляже описывается зависимостью:

$$H_{ri} = C_r^s * G_i * T_i * R_r^s,$$

где  $H_{ri}$  - годовая полевая доза от гамма-излучения радионуклида  $r$  за счет  $i$ -того пути облучения,

$i=3$  - пребывание на заливных лугах в пойме рек (на поверхности донных отложений),

$i=4$  - пребывание на пляже, Зв.

$T_i$  - ( $T_3$ ,  $T_4$  соответственно) продолжительность пребывания на заливных лугах, пребывания на пляже в течение года, с;

$G_i$  - геометрический фактор облучения:

при пребывании на заливных лугах в пойме рек при  $G_3=1$ ,

пребывании на пляже  $G_4=0,2$ ,

при пребывании на поверхности воды  $G_4$  рассчитывается как фактор ослабления слоем воды в барьерной геометрии.

$C_r^s$  - поверхностная активность радионуклида  $r$  в донных отложениях, Бк/м<sup>2</sup>;

$R_r^s$  - дозовый коэффициент при облучении от поверхности почвы для радионуклида  $r$ , Зв\*м<sup>2</sup>/(Бк\*с).

Дозовая нагрузка по одному из радионуклидов не должна превышать 0,3 мЗв/год/

Нормирование содержания радиоактивных веществ в водоемах рекреационного профиля проводится с учетом следующих факторов:

– выпавшие на территорию Беларуси радионуклиды оказались вовлеченными в биологический круговорот в системе почва-вода-живые организмы-человек;

– биологическое воздействие радионуклидов зависит от типа радиоактивного излучения, химических свойств элементов, их способности к миграции и аккумуляции в абиотических компонентах водной среды и живых организмах;

– рекреантов по степени чувствительности к радиоактивному излучению следует дифференцировать на две категории: а) взрослых; б) детей, лиц репродуктивного и преклонного возраста, а также тех, чья профессиональная деятельность связана с ионизирующим излучением;

– воздействие ионизирующего излучения на человека является причиной возникновения негативных последствий соматической и генетической природы, вероятность наступления которых зависит от величины поглощенной организмом дозы и не имеет безопасного порогового уровня.

Для строительства и функционирования курортно-рекреационных учреждений допускается использование территории с уровнем

радиоактивного загрязнения по цезию-137 -до 1 Ки/км<sup>2</sup>, стронцию-90 - до 0,15 Ки/км<sup>2</sup> и плутонию - до 0,01 Ки/км<sup>2</sup>. Размещение туристских лагерей в лесной зоне ограничивается плотностью загрязнения почвы цезием-137 не более 2 Ки/км<sup>2</sup> в соответствии с «Правилами ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения». Уровни допустимого содержания радионуклидов в различных объектах внешней среды, как и поступление их в организм человека, регламентируются санитарно-эпидемиологическим законодательством. Контроль за его выполнением лежит на органах и учреждениях государственного санитарного надзора и специальных службах соответствующих ведомств. Одна из основных форм данного контроля - определение концентраций радионуклидов преимущественно в тех объектах окружающей среды, которые имеют непосредственное отношение к жизнедеятельности человека: в атмосферном воздухе, воде, почве и т.д. Установлено, что дополнительная над фоном доза облучения должна составлять не более 0,2 мЗв/год.

**Результаты и их обсуждение.** Средневзвешенные по численности населения, проживающего на загрязненной территории, значения плотностей загрязнения <sup>137</sup>Cs и доз внешнего облучения для жителей отдельных населенных пунктов Гомельской области приведены в табл. 1.

**Таблица 1 - Средневзвешенные по численности населения значения плотностей загрязнения <sup>137</sup>Cs и доз внешнего облучения (на примере отдельных районов) Гомельской области**

Район	Средневзвешенная плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs, Ки/км <sup>2</sup>	Средневзвешенная доза внешнего облучения, мЗв/год
Буда-Кошелевский	3,37	0,12
Добрушский	2,40	0,08
Мозырский	1,07	0,04
Речицкий	1,17	0,04
Светлогорский	0,66	0,02
Районы	2,04	0,07
г. Гомель	1,55	0,04
Область в целом	1,88	0,07

Средние значения годовых эффективных доз облучения у жителей районов Гомельской области представлены в табл. 2.

**Таблица 2 - Усредненные за период 2001-2009 гг. дозы облучения, обусловленные Чернобыльским фактором, у жителей Гомельской области**

Район	Средняя доза, мЗв/год		
	Внешнего облучения	Внутреннего облучения	Суммарная
Буда-Кошелевский	0,118	0,143	0,261
Добрушский	0,084	0,127	0,211
Мозырский	0,038	0,056	0,093
Речицкий	0,041	0,037	0,078
Светлогорский	0,023	0,033	0,056
Районы	0,039	0,074	0,113
г. Гомель	0,072	0,115	0,187
Область в целом	0,066	0,115	0,181

Снизить дозовые нагрузки на отдыхающих возможно, если ввести ограничения по продолжительности отдыха в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения территории и содержания радионуклидов в компонентах водных экосистем. В таблице 3 приведены дозовые нагрузки на отдыхающих, полученные при продолжительности отдыха 10 и 30 дней на водных объектах, расположенных на территориях с различным уровнем радиоактивного загрязнения. Следует отметить, что доза внешнего облучения для различных видов отдыха отличается.

**Таблица 3 - Средневзвешенные дозы внешнего облучений, получаемые при купании и пребывании на пляже**

Район	Средневзвешенная плотность загрязнения $^{137}\text{Cs}$ , $10^4$ Бк/м <sup>2</sup>	Средневзвешенная доза внешнего облучения, мЗв/год	Средневзвешенная доза внешнего облучения, мЗв за 30 дней отдыха	
			купание	пребывание на пляже
1.	2.	3.	4.	5.
Буда-Кошелевский	12,5	0,12	0,00002	0,000036
Гомельский	4,03	0,04	0,000007	0,000012
Добрушский	8,9	0,08	0,000013	0,000026
Житковичский	3,1	0,03	0,000005	0,000009
Жлобинский	3,7	0,04	0,000007	0,000011

Калинковичский	4,0	0,04	0,000007	0,000012
Лельчицкий	6,6	0,06	0,00001	0,000019
Лоевский	3,1	0,03	0,000005	0,000009
1.	2.	3.	4.	5.
Мозырский	4,0	0,04	0,000007	0,000012
Октябрьский	0,8	0,01	0,0000017	0,000002
Петриковский	1,8	0,02	0,00003	0,000005
Речицкий	4,3	0,04	0,000007	0,000012
Светлогорский	2,4	0,02	0,000003	0,000007

В результате проведенных исследований установлено, что мощность поглощенной дозы на территории зон отдыха превышает средние значения мощности поглощенной дозы для жителей следующих населенных пунктов: Ветка, Наровля, Добруш, Хойники, Чечерск, Ельск. Дозы внешнего облучения здесь составляли до 0,08 мЗв при продолжительности отдыха до 30 дней. Для вышеперечисленных районов следует вводить ограничения по продолжительности отдыха. Согласно расчетам, дополнительная доза облучения за счет пребывания вблизи водных объектов превышает среднюю дозу внешнего облучения населения, если рекреанты находятся вблизи водного объекта более 55 дней за летний рекреационный сезон, где плотность радиоактивного загрязнения почвы более 180 кБк/м<sup>2</sup>. В то же время на территории, где плотность загрязнения свыше 555 кБк/м<sup>2</sup>.

В процентном выражении рекреационная составляющая в общей дозе облучения местного населения радионуклидами <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs оценивается на уровне от 0,2 % до 1,5 % [6].

**Выводы.** 1. На основе проведенных исследований выделены критерии радиационной оценки водных объектов, используемых в целях рекреации: степень радиоактивного загрязнения воды, донных отложений и почв; радиоизотопный состав загрязнений, определяющих основную дозовую нагрузку на отдыхающих; форма нахождения радионуклидов в компонентах природной среды; размещение в пределах водоема зон аккумуляции твердых наносов и зон с повышенной мутностью; продолжительность.

Особое внимание следует уделить радиоактивному загрязнению донных отложений. По типу донных отложений для целей рекреации наиболее благоприятны донные отложения, представленные песком, неблагоприятно - иловые, заторфованные донные отложения. Поскольку для  $^{137}\text{Cs}$  характерно накопление в донных отложениях, то необходимо на водных объектах, в которых наблюдается повышенное содержание цезия, исключить виды отдыха, которые приводят к взмучиванию донных отложений. К таким видам отдыха, прежде всего, относится подводное плавание, катание на мелководье на катерах, яхтах и др.

2. С точки зрения создания комфортных условий для отдыха населения на территории Гомельской области выделены 3 типа рекреационных зон в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения территории:

– допустимо (при загрязнении территории  $^{137}\text{Cs}$  до 37 кБк/м<sup>2</sup> или  $^{90}\text{Sr}$  до 5,55 кБк/м<sup>2</sup>);

– ограничено ( $^{137}\text{Cs}$  от 37 до 185 кБк/м<sup>2</sup> или  $^{90}\text{Sr}$  от 5,55 до 11,1 кБк/м<sup>2</sup>);

– недопустимо (при загрязнении по  $^{137}\text{Cs}$  от 185 до 555 кБк/м<sup>2</sup> и более).

3. Установлено, что мощность экспозиционной дозы на территории не должна превышать 20 мкР/ч. При более высоких значениях мощности экспозиционной дозы следует ограничить время пребывания отдыхающих в данном месте.

#### ***Список литературы:***

1. Алисов, Б.П. Климатология/ Б.П. Алисов, Б.В. Полтораус.- М.:МГУ, 1974.-299 с.
2. Бокша, В.Г. Справочник по климатотерапии. – Киев: Здоровье,1989. - 264 с.
3. Гайдукевич, Л.М. Туризм в Беларуси/ Л.М. Гайдукевич – Мн.: БГУ, 2001.
4. ГОСТ 17.1.5.02-80. Гигиенические требования к объектам рекреации. – М.: Госстандарт СССР, 1981. – 6 с.

5. Изменения климата Беларуси и их последствия/ под. ред. В.Ф. Логинова. – М., 2003. – 330 с.
6. Кудельский, А.В. Подземные воды Беларуси/ А.В. Кудельский, В.И. Пашкевич, М.Г. Ясовеев. – Мн.: Ин-т геол. Наук, 1998. – 260 с.
7. Кудельский, А.В. Радиоактивное загрязнение и прогноз состояния природных вод Беларуси/ А.В. Кудельский, В.И. Пашкевич, А.А. Петрович// Природные ресурсы. – 1997. - №4. С. 41-51.
8. Курортология и физиотерапия/ Под ред. В.М. Боголюбов. – М.: Медицина, 1985.
9. Марцинкевич, Г.И. Использование природных ресурсов и охрана природы/ Г. И. Марцинкевич – Мн.: Университетское, 1985. – 215 с.
10. Пирожник, И.И. Методические подходы бонитировки озёр для рекреационно-туристических целей. Т.1. /И.И. Пирожник, Б.П. Власов. С.Л. Фёдорова //Zaagrozenia degradacyjne a ochrona jezior. Badania Limnologiczne – Gdansk: Uniwersytet Gdanski, 1998/ - С. 85-92.
11. Потаев, Г.А. Рекреационные ландшафты: охрана и формирование / Г.А. Потаев – Мн.: Университетское, 1996. – 160 с.
12. Потаев, Г.А. Рекреационные ресурсы Беларуси / Г.А. Потаев // Природные ресурсы. – 2000. – №3. – С. 85-102.
13. Прибыткова, М.Я. Экологические проблемы рекреационного использования малых озёр/География и природные ресурсы. – 1999. - №1. – С.40-45.
14. Формирование и динамика распространения радиоактивного загрязнения в реках Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС/ О.М. Жукова, И.И. Матвеев, Н.К. Мышкина и др. //Инженерно-физический журнал. Т.70. – 1997. - №1. – С. 73-81.
15. Ясовеев, М.Г. Водные ресурсы Республики Беларусь/ М.Г. Ясовеев, И.И. Кирвель, О.В. Шершнева// Мн.: БГПУ, 2005 – 296 с.
16. Ясовеев, М.Г. Курорты и рекреация в Беларуси // М.Г. Ясовеев, В.Ф. Логинов и др.// Могилев, 2005 – 489 с.
17. Ясовеев, М.Г. Минеральные воды и лечебные источники Беларуси/ / М.Г. Ясовеев, Н.В. Мазур// Мн.: НАН Беларуси, 2005. – 346 с.
18. Ясовеев, М.Г. Геоэкология Беларуси/ М.Г. Ясовеев, В.Б. Таранчук и др. // Мн.: Право и экономика, 2006 – 366 с.
19. Lavery, P. Recreationnal geography / P. Lavery - London:Vancouver, 1971. – 335 p.

#### Аннотация

УДК 543.52; 551.5 (476)

**Ясовеев М.Г., Семез Т.Ф., Андрухович А.И., Таликадзе Д.Д.**  
**Радиоэкологические ограничения водной рекреации //Вести БГПУ,**  
**Сер.3, 2011г., №3, 18-22 с.**

Проведен анализ радиоэкологических ограничений водной рекреации в природных условиях Беларуси. Установлены основные критерии радиационной оценки воднорекреационных объектов, использующихся в целях рекреации и туризма: степень радионуклидного загрязнения воды, донных отложений и почв, вид и продолжительность пребывания. На примере Гомельской области показана целесообразность выделения трех типов рекреационно-туристских зон.

Табл. – 5. Библиогр. – 19 назв.

#### Summary

The limit of radioecological of recreation and tourism on the natural conditions of Belarus was made. Several criteria of water objects estimation was proposed, the main of them are degree of radioactive contamination of waters, soils and mud deposits and type and duration of resting. On the example of Gomel region the subdivision of three recreation – tourism zones was estimated.