

БІЯЛОГІЯ

УДК 595.384.16(476.2)

*Н.А. Лебедев, В.Г. Сикорский, В.А. Дегтярев***ДЛИННОПАЛЫЙ РАК *ASTACUS LEPTODACTYLUS* ESCH
В ОЗ. ГУДШИЕ МОЗЫРСКОГО РАЙОНА****1. Введение**

Из промысловых видов беспозвоночных в водоемах Мозырского района встречается только длиннопалый рак (*Astacus leptodactylus* Esch). По различным данным [1, 2], этот вид по сравнению с широкопалым раком менее требователен к условиям существования, лучше использует кормовую базу, имеет более высокий темп роста, большую плодовитость. Этот вид распространен по территории Беларуси практически равномерно, за исключением северной части. Считается, что популяции длиннопалого рака в Гомельской области являются самыми крупными в Беларуси, а водоемы юга Беларуси наиболее перспективными для ведения рачного промысла [3]. В то же время из всех регионов Беларуси хуже всего изучено распространение и состояние популяции раков в р. Припять и в бассейне р. Припять Гомельской области. Данные по распространению речных раков в водоемах окрестностей г. Мозыря отсутствуют вообще. В этой связи целью работы явилось *изучение экологических условий обитания и биологических особенностей длиннопалого рака в оз. Гудшие Мозырского района.*

2. Материал и методы исследований

Из экологических условий обитания раков были определены полезная площадь, видовой состав водной растительности и рыб, тип грунта, глубина водоема, физические свойства и химический состав воды. Из биологических особенностей устанавливались рабочая плодовитость, сроки выклева эмбрионов, размерно-половая структура, численность особей, содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в раках. Гидрохимические съемки проведены в зимний (январь), весенний (март и апрель), летний (июль), осенний (сентябрь) периоды 2004–2005 гг. Таким образом, качество воды было исследовано в различных гидрологических ситуациях и в разные периоды года. Определение гидрохимических параметров проведено по стандартным методикам [4, 5]. В пробах воды были определены кислород, водородный показатель, аммонийный азот, нитратный азот, нитритный азот, хлориды, минеральный фосфор, железо общее, общая жесткость, кальций. Температура в летний период измерялась ежедекадно ртутным термометром на глубине 1 м. Определение содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в раках проведено по стандартной методике [6]. У отловленных особей измерялись зоологическая и промысловая длина, масса. Рабочая плодовитость самок определялась путем снятия икры с плеоподов самки. Диаметр яиц устанавливался непосредственно на свежей икре с использованием статистического усреднения. Отлов взрослых раков произведен раколовками различного типа, молоди – сачком на мелководье. В связи с невысокой уловистостью раколовки для определения численности раков в августе 2005 г. в различных частях озера было выделено 3 участка площадью по 100 м² каждый с глубинами до 2,0–2,2 м (средняя глубина составила 1,5 м). На этих участках проводился визуальный осмотр (с помощью маски) и вручную отлавливались раки. Промысловая плотность раков рассчитывалась по методике, предложенной Цукерзисом Я. [2]. Для расчета учитывались только раки промысловых размеров согласно правилам рыболовства Республики Беларусь [7].

3. Результаты и обсуждение

Экологические условия обитания раков. Оз. Гудшие расположено на левобережье р. Припять, вблизи железнодорожной станции Пхов. Длина береговой линии составляет 270, ширина – 95 м. Форма озера близка к прямоугольной. Площадь озера составляет 25650 м² (2,56 га). Максимальная глубина (4 м) зарегистрирована в центральной части озера. Таким образом, оз. Гудшие относится к числу небольших озер, типичных для поймы р. Припять. Грунты песчаные (юго-восточная часть), илистые (северо-западная часть), заиленные пески (преимущественно). С юго-западной и северной сторон вблизи от водоема находятся пахотные земли, с противоположной стороны – луг, зарастаемость берегов кустарником невысокая. Такое открытое месторасположение способствует ветровому перемешиванию и обогащению воды кислородом, а также выравниванию температурного режима. Берега преимущественно низкие, заболоченные в северо-западной части. По берегам и на

дне хорошо развита водная растительность, которая является кормом и одновременно служит укрытием для раков. Растительность озера представлена следующими видами: сальвиния плавающая, кувшинка белая, кубышка желтая, стрелолист обыкновенный, уруть колосистая, ряска малая, рдест блестящий, водокрас обыкновенный, роголистник темно-зеленый, элодея канадская, хвощ приречный, ситняг болотный, горец земноводный, камыш озерный, частуха подорожниковая, телорез алоэвидный, сусак зонтичный. Таким образом, видовой состав растительности насчитывает 17 видов, из которых 2 вида занесены в Красную книгу (сальвиния плавающая и кувшинка белая). Следует отметить, что сальвиния плавающая до этого времени в окрестностях г. Мозыря не регистрировалась, ближайшие места обитания этого вида [8] указываются примерно в 30 км выше или 50 км ниже г. Мозыря. Кубышка вместе со стрелолистом и некоторыми другими растениями вдоль северо-западной, северо-восточной и юго-западной сторон образуют полукольцо шириной до 10–15 м. В ихтиофауне водоема обнаружены следующие виды рыб: щука, плотва, окунь, красноперка, густера, щиповка, горчак, вьюн и подкаменщик (редко). Большое видовое разнообразие гидробионтов в сравнительно малом водоеме (2,56 га) объясняется соединением озера в весенний период с р. Неначь, которая, в свою очередь, впадает в р. Припять. В летние месяцы температура воды в озере в среднем составила $+21,2^{\circ}\text{C}$ (с колебаниями от $+19$ до $+25^{\circ}\text{C}$), что находится в пределах температурного оптимума для длиннопалых раков [1, 2]. Прозрачность воды по диску Секки в различные периоды года колебалась от 0,7 до 1,3 м. Согласно расчетам зарастаемость озера прибрежно-водной, воздушно-водной и растительностью с плавающими на поверхности воды листьями составляет 15%. Развитая растительность создает хорошую кормовую базу для раков, поскольку значительная часть из встречающихся в озере макрофитов служит для них пищей [1, 2, 9]. Считается [1], что длиннопалый рак может обитать в водоемах с илистым дном, практически равномерно распределяясь до 4–5 метровых глубин. В этой связи большая часть площади оз. Гудшие может быть определена как полезная. При обследовании раки не регистрировались только в юго-восточном секторе с чисто песчаными грунтами и слабой зарастаемостью дна, а также по краям водоема, в местах застаивания воды. С учетом этого полезная площадь данного водоема оценена нами в 1,8 га. Результаты химического анализа воды в различные периоды 2004–2005 гг. приведены в табл. 1. Температура воды указана на момент взятия проб.

Таблица 1

Химический состав воды в оз. Гудшие в 2004-2005 гг.

Показатель	Норма	Период года			
		зима	весна	лето	осень
Температура, $^{\circ}\text{C}$	18–25 (лето); > 0,5 (зима)	3	2–11	24	20
O_2 , мг/дм ³	>5,0	8,4	7,9–9,9	6,1	6,4
pH	6–10	7,9	7,0–7,6	7,8	7,8
Аммонийный азот (NH_4^+), мг/дм ³	0,5–1,0	0,25	0,65–2,3	н. о.	1,2
Нитратный азот (NO_3^-), мг/дм ³	до 0,2	1,90	0,63–0,8	0,01	0,24
Нитритный азот (NO_2^-), мг/дм ³	до 0,01	0,006	0,022–0,023	0,002	0,005
Хлориды (Cl^-), мг/дм ³	до 10	17,5	21,7–26,6	18,2	14,9
Минеральный фосфор (PO_4^{3-}), мг/дм ³	0,2–0,5	0,016	0,013–0,037	0,011	н. о.
Железо общее, мг/дм ³	до 1,4	0,28	0,38	0,36	0,92
Общая жесткость, мг-экв/л	1,0–4,0	3,0	3,0–3,6	не опр.	2,5
Кальций (Ca^{2+}), мг/дм ³	10–60	не опр.	52,1–62,5	не опр.	48,9

Примечание: в столбце «Норма» приводятся обобщенные данные различных авторов [2, 10]; не опр. – не определялась; н. о. – не обнаружено.

Как видно из табл. 1, температурный режим в различные периоды года в полной степени соответствовал экологическим потребностям раков. Содержание растворенного в воде кислорода также соответствовало нормативам. Этот показатель варьировался от 6,1 до 9,9 мг/дм³ при норме для взрослых раков 5,0–9,1 мг/дм³ [2, 10]. В зимний период содержание растворенного в воде кислорода было высоким – 8,4 мг/дм³. Высокая концентрация кислорода в воде объясняется отбором пробы в первой половине января 2005 г., когда озеро из-за аномально высокой плюсовой температуры воздуха было свободно ото льда. По нашим данным (табл. 1), величина pH в

исследованных водоемах колебалась от 7,0 до 7,9 при норме 6–10. Предельно допустимая концентрация аммония в воде рачьих водоемов не должна превышать 0,5–1,0 мг/дм³ по азоту. Сезонные изменения концентраций аммонийного азота в оз. Гудшие в целом соответствовали естественному годовому ходу с максимумом зимой, снижением в период вегетации и увеличением к осени. Так, в зимний период (табл. 1) концентрация аммонийного азота составила 0,25 мг/дм³, а в осенний – 1,2 мг/дм³ по азоту. Однако в весенний период концентрация аммонийного азота в воде составила 0,65–2,3 мг/дм³. Возможно, это связано с попаданием в воду удобрений с расположенных вблизи озера пахотных участков. Таким образом, в отдельные периоды года концентрация аммонийного азота в воде превышала предельно допустимые концентрации для рачьих водоемов (максимально **2,3 ПДК**). Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная – в вегетационный период, максимальная – зимой. Предельно допустимая концентрация этого показателя для рачьих водоемов составляет 0,2 мг/дм³. В оз. Гудшие в зимний период концентрация нитратного азота в воде составила 1,90 мг/дм³, в весенний – 0,63–0,80 мг/дм³, в летний – 0,01 мг/дм³, в осенний – 0,24 мг/дм³. Таким образом, в весенний и зимний периоды этот показатель превышал предельно допустимые концентрации для рачьих водоемов. Превышение в указанные периоды составило **1,2–9,5 ПДК**. Концентрация нитритов в поверхностных водах составляет сотые (иногда даже тысячные) доли миллиграмма в 1 дм³. Предельно допустимые концентрации для нитритов в пересчете на азот для рачьих водоемов составляют 0,01 мг/дм³. В оз. Гудшие этот показатель в зимний период составлял 0,006 мг/дм³, в весенний – 0,022–0,023 мг/дм³, в летний – 0,002 мг/дм³, в осенний – 0,005 мг/дм³. Следовательно, изменения концентрации азота нитритного от сезона к сезону не соответствовали естественным внутригодовым изменениям с отсутствием зимой и появлением к концу лета, что свидетельствует о загрязнении вод нитритами. В целом концентрация нитритов лишь в отдельные периоды года превышала предельно допустимые концентрации (максимально **2,2 ПДК**). Содержание хлоридов в пресной воде колеблется от долей миллиграмма до десятков, сотен, а иногда и тысяч миллиграммов на литр. Нами отмечено повышенное содержание хлора по сравнению с рекомендуемым уровнем для рачьих водоемов (**1,5–2,7 ПДК**). Концентрация фосфатов в природных водах обычно очень мала – сотые, редко десятые доли миллиграммов фосфора в 1 дм³, в загрязненных водах она может достигать нескольких миллиграммов в 1 дм³. Норматив содержания растворимых фосфатов в воде водоемов для раков составляет не более 0,2–0,5 мг/дм³. По нашим данным, содержание фосфора в оз. Гудшие в зимний период составляло 0,016 мг/дм³, в весенний – 0,013–0,037 мг/дм³, в летний – 0,011 мг/дм³, в осенний период – фосфор не обнаружен вообще. Таким образом, во все периоды года концентрации фосфора в воде были ниже предельно допустимых. В то же время изменения концентрации растворимых фосфатов от сезона к сезону не соответствовали естественным внутригодовым изменениям с минимумом весной и летом, максимумом – осенью и зимой. Предельно допустимая концентрация железа в воде для рачьих водоемов составляет 1,4 мг/дм³. По нашим данным, концентрация железа в воде была ниже в зимне-весенний период (0,28–0,38 мг/дм³), чем в летне-осенний (0,36–0,92 мг/дм³) и полностью соответствовала нормам для рачьих водоемов. Общая жесткость варьируется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/дм³. В наших исследованиях жесткость воды в оз. Гудшие колебалась от 2,5 до 3,6 мг-экв/дм³. Согласно нормативам жесткость воды для рачьих водоемов должна составлять от 1 до 4 мг-экв/дм³. Данный показатель в полной мере удовлетворяет требованиям к воде рачьих водоемов. В пресных водах содержание кальция редко превышает 1 г/дм³. Однако в указанном диапазоне этот показатель существенно варьируется. По нашим данным, содержание кальция в воде колебалось от 49 до 63 мг/дм³ при рекомендуемой норме 10–60 мг/дм³. Высокое содержание ионов Са²⁺ в сочетании с оптимальными значениями pH и хорошим кислородным и температурным режимами создают благоприятные условия для роста и развития речных раков.

В целом (табл. 1) большинство гидрохимических параметров в различные периоды года соответствуют нормам, установленным для рачьих водоемов. В то же время отдельные гидрохимические параметры превышали предельно допустимые концентрации для рачьих водоемов. Превышение имело место по **аммонийному, нитратному, нитритному азоту, хлоридам**. Как известно, развивающиеся зародыши речных раков чувствительны к различным химическим веществам [1]. На зимний и весенний периоды приходится большая часть времени эмбрионального развития речных раков. При неблагоприятном гидрохимическом режиме возможна гибель зародышей или сброс икры с плеоподов самки. Возможно, причина невысокой плодовитости у части самок заключается в нестабильности и превышении ПДК по отдельным гидрохимическим показателям.

Биологические особенности раков. Улов раков в оз. Гудшие на одну ловушку за ночь составил 0,3 шт. При учете раков путем отлова на контрольных площадках наибольшая численность раков (19 шт. на 100 м²) зарегистрирована на песчано-илистых грунтах с хорошо развитой подводной растительностью. Наименьшая численность (9 шт.) наблюдалась на грунтах с более сильным заилением. В среднем на 100 м² полезной площади отловлено 14 раков. Размер отловленных особей колебался от 7,7 до 14,8 см, масса – от 13,0 до 110,0 г. Средний размер составил 10,1 ± 1,69 см, масса – 34,5 ± 21,4 г. Максимально зарегистрированные размеры у отловленных нами особей составили: у самцов – зоологическая длина 14,8 см, масса 110 г; у самок – 14,2 см, масса 72 г. По литературным данным, в р. Припять встречаются особи длиной 16–17 см [3]. Размерный состав раков представлен в табл. 2.

Таблица 2

Размерный состав раков, отловленных в августе 2005 г. в оз. Гудшие

Общее количество	Размерный состав, см												Половая структура, %		Промысловая плотность, кг/га
	3–5		5–7		7–9		9–11		11–13		13–15		♂	♀	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%			
60	18	30	-	-	12	20	21	35	7	12	2	3	60	40	28

Как видно из табл. 2, промысловая плотность раков в оз. Гудшие составила 28 кг/га. Молодь и раки непромысловых размеров составляют в среднем 50% от числа отловленных особей. Половое соотношение ♂:♀ (60:40) свидетельствует о незначительном перевесе самцов.

В конце мая 2005 г. в оз. Гудшие и в р. Припять нами были отловлены самки-икрянки. Следует отметить, что в этот период в оз. Гудшие отлов их не представлял большой сложности – несколько самок были пойманы под камнями на глубине 30–40 см. Данные по рабочей плодовитости самок приведены в табл. 3.

Таблица 3

Рабочая плодовитость длиннопалого рака в оз. Гудшие

Количество самок, шт.	Зоологическая длина самок, см	Плодовитость, шт.	
		колебания	среднее
12	9,3–13,0	118–452	258,2

Как видно из табл. 3, рабочая плодовитость самок в оз. Гудшие варьировалась от 118 до 452 шт. эмбрионов в зависимости от размера. В среднем рабочая плодовитость отловленных самок составила 258,2 ± 129,5 шт. Большие колебания плодовитости самок объясняются не только различиями в размерах. На наш взгляд, отдельные самки теряют часть икры в процессе её инкубации. Так, у самки длиной 13 см рабочая плодовитость составила 118 шт. икринок, у самки длиной 12 см – 452 шт. икринок. Таким образом, наблюдалось отклонение от классической зависимости возрастания плодовитости самки с увеличением ее размера. В целом полученные данные по рабочей плодовитости самок раков можно считать высокими для водоемов Беларуси. Диаметр яиц перед выклевом (30–31 мая 2005 г.) колебался от 2,3 до 2,8 мм (в среднем 2,52 ± 0,19 мм) при массе 8–12 мг. В 2005 г. выклев молоди проходил в первой декаде июня (10 июня 2005 г. нами были отловлены самки с вылупившимися личинками под брюшком). Температура воды в период с 30 мая по 10 июня колебалась в диапазоне от 19 до 24⁰С. Таким образом, последние стадии развития икры перед выклевом в 2005 г. проходили в широком температурном диапазоне. Размер рачков в первой декаде июля (05.07.) составил в среднем 1,46 ± 0,05 см (n = 12). Во второй (20.07.) и третьей (30.07.) декадах июля соответственно 2,01 ± 0,25 (n = 17) и 2,57 ± 0,11 см (n = 15). К концу августа (30.08) сеголетки раков достигли длины 3,83 ± 0,36 см и массы 1,62 ± 0,37 г (n = 18). Таким образом, темп роста молоди раков в оз. Гудшие был более высоким по сравнению с другими регионами Беларуси. Так, по данным Кулеш В., Алехнович А. [11], за вегетационный период (132 суток) при выращивании длиннопалых раков в монокультуре в пруду рыбхоза Белозерский сеголетки достигли средних размеров 3,08 ± 0,3 см и массы 0,86 ± 0,25 г.

По нашим данным, удельная активность ^{137}Cs составила в раках 11,4 Бк/кг, удельная активность ^{90}Sr – 0,36 Бк/кг. В растительности удельная активность ^{137}Cs составила 9,8 Бк/кг, удельная активность ^{90}Sr – 0,28 Бк/кг. Показатели воды составили соответственно менее 4,0 Бк/л и 0,16 Бк/л. Таким образом, содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в раках, отловленных из оз. Гудшие, полностью удовлетворяет требованиям существующей инструкции для пищевых продуктов [12]. Согласно этому документу ПДУ для Cs^{137} составляют 370 Бк/кг, для ^{90}Sr – 3,7 Бк/кг (нормы взяты для прочих продуктов питания). Уровень содержания в раках ^{137}Cs был всего 3,1%, ^{90}Sr – 9,7% от предельно допустимых концентраций. Более высокое накопление ^{90}Sr по сравнению с ^{137}Cs , возможно, обусловлено особенностью химического состава тела раков (высокое содержание кальция, который является аналогом стронция). Содержание данных радионуклидов в воде также было ниже норм, установленных для питьевой воды (предельно допустимый уровень для ^{137}Cs – 10 Бк/л и ^{90}Sr – 0,37 Бк/л соответственно).

4. Заключение

В целом химический состав воды в оз. Гудшие соответствовал нормам, установленным для рачьих водоемов. В то же время отдельные гидрохимические параметры превышали предельно допустимые концентрации. Превышение предельно допустимых концентраций, в основном, имело место по аммонийному и нитратному азоту, хлоридам. Так, превышение предельно допустимых концентраций хлоридов составило 1,5–2,7 ПДК, нитратов – 1,2–9,5 ПДК, азота аммонийного – 1,2–2,3 ПДК. Улов на раколовку за ночь составил 0,3, промысловая плотность раков – 28 кг/га. Рабочая плодовитость самок в оз. Гудшие является высокой по сравнению с плодовитостью самок других популяций длиннопалого рака в Беларуси. Этот показатель варьировался от 118 до 452 (в среднем 258,2) штук эмбрионов. В 2005 г. выклев молодежи проходил в первой декаде июня. Темп роста длиннопалых раков в оз. Гудшие является высоким. Сеголетки раков в конце августа достигли длины $3,83 \pm 0,36$ см и массы $1,62 \pm 0,37$ г. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в образцах раков из оз. Гудшие в полной мере удовлетворяет требованиям существующей инструкции для пищевых продуктов. Уровень содержания в раках ^{137}Cs был всего 3,1%, ^{90}Sr – 9,7% от предельно допустимых концентраций.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б04М-062).

Литература

1. Федотов, В.П. Разведение раков / В.П. Федотов. – Петербург: Биосвязь, 1993. – 108 с.
2. Цукерзис, Я.М. Речные раки / Я.М. Цукерзис. – Вильнюс: Мокслас, 1989. – 140 с.
3. Кулеш, В.Ф. Речные раки как ценнейший ресурсный компонент фауны Беларуси / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович, Г.П. Прищепов // Природные ресурсы Беларуси. – 1998. – № 1. – С. 39–49.
4. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.С. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990.
5. Сборник методик выполнения измерений, допущенных к деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. – Минск, 1997. – Ч. 1.
6. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения / ПРОГРЕСС; ГП ВНИИФТРИ, 1999.
7. Правила промыслового рыболовства Республики Беларусь. – Минск, 1998. – 18 с.
8. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін / Беларус. Энцыкл.; гал. рэдкал. А.М. Дарафееў. – Мінск: БелЭн, 1993. – 560 с.
9. Черкашина, Я.Я. Рост и питание молодежи длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* Esch / Я.Я. Черкашина // Зоологический журнал, 1977. – Том LVI, вып. 5. – С. 704–708
10. Александрова Е.Н. Раководство и условия его развития в России / Е.Н. Александрова // Рыбоводство и рыболовство. – 1999. – № 4. – С. 21–22.
11. Кулеш, В. Получение и выращивание сеголетка длиннопалого рака в условиях Беларуси / В. Кулеш, А. Алехнович // Тез. докл. междунар. совещания астакологов 2–6 августа 1999 г. – Астрахань, 1999. – С. 10–11.
12. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). – Минск, 1999.

Summary

In article the environmental conditions of inhabitation and the biological features of population *Pontastacus leptodactylus* Esch in lake are considered Gudshie of Mozir area.

Поступила в редакцію 01.11.05.

УДК 631.432:504.53.054:338.24

С.Н. Лекунович

ЗАВИСИМОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ Cs-137 ЗЕЛЕННОЙ МАССОЙ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ОТ ВОДНОГО РЕЖИМА КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОЧВЫ

Накопление радионуклидов растениями зависит от многих факторов и условий. При этом основными регулируемыми факторами в течение вегетационного периода являются водный режим и агрохимические свойства почвы.

В применяемой в настоящее время системе мер по снижению загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции фактор водного режима недостаточно учтен в силу малочисленности и ограниченности разработок вопросов в этом направлении.

Научные исследования, выполненные авторами [1, 2], выявили существование некоторой пропорциональности между поглощением корневыми системами влаги и накоплением растениями радионуклидов, что позволило сделать вывод о возможности управления загрязнением сельскохозяйственной продукции путем регулирования водного режима почвы. В работах [3, 4] установлено, что интенсивность поступления радионуклидов в растения (R) из единицы объема почвы на глубине z пропорциональна содержанию в ней радионуклида (S) и величине поглощения из нее влаги корнями растения (W_k):

$$R = \mu S(z) W_k,$$

где μ – коэффициент эффективного поглощения радионуклида, зависящий от вида растения, положения уровней грунтовых вод, типа почвы и концентрации в ней элемента – аналога радионуклида.

В свою очередь, поглощение влаги корнями растений из единицы объема почвы на глубине z зависит от распределения по глубине влажности почвы и массы корней.

Накопление радионуклидов следует рассматривать как процесс, состоящий из перемещения их в почве к поверхности корней, из поглощения корнями, передвижения по стеблю, из участия в химических реакциях и частичного их вывода из растения. Перечисленные этапы общего процесса чрезвычайно сложны, и во многом их физиологическая сущность к настоящему времени недостаточно известна. Поэтому дальнейшее изучение данного процесса невозможно без использования математической модели. Для этого разработана теоретическая модель, в которой учтены основные составляющие процесса накопления радионуклидов в условиях изменяющегося водного режима почв. Практическая значимость данной модели заключается в том, что она позволит сделать прогнозные расчеты накопления радионуклидов в зеленой массе трав в зависимости от изменения водного режима.

Для описания накопления радионуклидов зелёной массой трав принята следующая математическая модель:

$$R = \frac{1}{M} \mu S_{\Delta z} E_{\Delta t} \frac{\sum_0^{h_n} (\theta^3_{\Delta z, \Delta t} m_{\Delta z} \Delta z)}{\sum_0^{h_n} (\theta^3_{\Delta z, \Delta t} m_{\Delta z} \Delta z)}, \text{ Бк/кг}, \quad (1)$$

где R – активность загрязнения радионуклидами зелёной массы многолетних трав, Бк/кг;

M – биологическая масса растений, кг/м²;

μ – коэффициент эффективного поглощения радионуклида, кг/л;