

НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ
ПАЛЕСКІ АГРАРНА-ЭКАЛАГІЧНЫ ІНСТЫТУТ

ПРЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ:
асаблівасці і перспектывы развіцця

Зборнік навуковых прац

II

Брэст
“Академія”
2006

УДК 502/504(476-13)(082)
ББК 20.1(4Бел)
П 85

Рэдакцыйная калегія:

М.В. Міхальчук (адказны рэдактар), А.А. Волчак, В.Т. Дзямянчык, А.Д. Панько.

Рэцэнзенты:

*І.І. Ліштван (акад., д.т.н.), В.І. Парфёнаў (акад., д.б.н.), М.Ю. Калінін (д.т.н.),
Т.А. Раманова (д.с/г.н.), А.А. Гарбаўкі (д.г.н.).*

Прыроднае асяроддзе Палесся : асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук.
П 85 прац. У II т. Т. II / рэдкал.: М.В. Міхальчук (адк. рэд.) [і інш.] . – Брэст : Академия, 2006. – 276 с.

ISBN 978-985-6843-13-9 (том 2)

Прадстаўлены вынікі даследаванняў сучаснага стану прыроднага асяроддзя і культурных адметнасцяў Палесся, прапанаваны шляхі аптымізацыі прыродакарыстання, удасканалення мер па ахове прыроднага асяроддзя і захаванню культурнай спадчыны Палескага рэгіёна.

Зборнік адрасаваны навукоўцам, выкладчыкам і студэнтам прыродазнаўчых спецыяльнасцяў ВНУ, усім, хто цікавіцца прыродай роднага краю.

Матэрыялы друкуюцца ў аўтарскай рэдакцыі.

УДК 502/504(476-13)(082)
ББК 20.1(4Бел)

ISBN 978-985-6843-13-9 (том 2)
ISBN 978-985-6843-11-5

© Палескі аграрна-экалагічны інстытут
НАН Беларусі, 2006
© Калектыў аўтараў, 2006
© Афармленне «Изд-во
Академия», 2006

НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ-137 В ЗЕЛЁНОЙ МАССЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА МЕЛКОЗАЛЕЖНЫХ ТОРФЯНИКАХ С ВЫРАЖЕННЫМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ

С.Н. Лекунович, Н.А. Мишустин, А.С. Судас

Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии», г. Пинск

Результатом аварии на Чернобыльской АЭС стало загрязнение обширных территорий долгоживущими радионуклидами цезия, стронция, плутония и другими радиоактивными элементами. Загрязнению долгоживущими радионуклидами подверглось 23 % территории страны, где проживало более 2 миллионов человек.

Естественно, загрязнению подверглись и земли сельскохозяйственного использования (пахотные земли, пастбища, сенокосы на естественных и осушенных землях). Поскольку почва является начальной ступенькой экологического цикла «почва-растение-животное-человек», то это играет весьма важную роль в переносе радионуклидов из внешней среды в организм животных и человека.

После завершения аварийных работ на АЭС центр тяжести ликвидации последствий радиоактивного загрязнения переместился в аграрную сферу.

Как известно, основной регион, пострадавший в результате чернобыльской аварии, – это Полесье. Эта зона расположена на дерново-подзолистых и торфяно-болотных почвах, на которых свойственно получение высокозагрязненной сельскохозяйственной продукции Cs-137 при относительно низких плотностях загрязнения территории этим радионуклидом. Пойменные земли Полесья являлись до аварии на ЧАЭС надёжным источником полноценных и относительно дешёвых кормов. Полученные с загрязнённых радионуклидами пойменных земель травяные корма продолжают занимать не последнее место в рационе крупного рогатого скота, особенно в частном секторе и в зимний стойловый период. Именно с этих земель поступает некондиционная по радиологическим параметрам сельскохозяйственная продукция.

Накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур зависят от плотности загрязнения почвы, типа, гранулометрического состава и агрохимических свойств почв, биологических особенностей культур.

Для установления загрязнения сельскохозяйственной продукции радионуклидами используются коэффициенты перехода (K_n) [1]

$$K_n = A_{\text{растительный образец}} / A_{\text{почвы}},$$

где $A_{\text{растительный образец}}$ – загрязнение радионуклидами зелёной массы растительности, Бк/кг; $A_{\text{почвы}}$ – загрязнение радионуклидами почвы, кБк/м².

Поскольку накопления радионуклидов в зелёной массе растительности зависит от сочетания многих факторов, определять загрязнение сельскохозяйственной продукции только по одному аргументу (в данном случае почва) не совсем корректно.

В Рекомендациях [7] предложен иной подход к решению поставленной задачи, а именно, определение загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции в зависимости от климатических факторов и загрязнения почвы.

$$A_{\text{з.м.}} = A_p / 115(-29,13UGB - 0,72X + 4,18t + 51,3),$$

где $A_{\text{з.м.}}$ – загрязнение радионуклидами зелёной массы сельскохозяйственной продукции, Бк/кг; A_p – загрязнение почвы радионуклидами Cs-137 кБк/м²; UGB – уровни грунтовых вод, м; X – сумма осадков за расчетный период, мм; t – температура воздуха, °C.

Это уравнение учитывает не только условия роста растений, но и изменение водного режима почвы через уровни грунтовых вод и осадки, а температура воздуха здесь играет роль показателя испаряемости из почвы и транспирацию растениями.

Существуют и другие подходы, в которых указанные аргументы учитываются в явном виде.

Научные исследования, выполненные рядом авторов [2,3,4,5,6], 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 работе [7,8] 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 него влаги корнями растения (W_к)

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

где ζ - 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; поглощения корнями, передвижения по стеблю, участия в химических реакциях и частичного вывода их 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 проверки параметров расчетной зависимости были использованы материалы исследований, проводимых в полевых условиях на экспериментальных площадках мелиоративной системы «Козицкое» Пинского района Брестской области.

Согласно вышесказанному, накопление радионуклидов зелёной массой растений можно описать соотношением

$$R = e^{-0,28M} \mu S_{\Delta z} E_{\Delta} \frac{\sum_0^{h_n} (\theta^3_{\Delta z, \Delta t} m_{\Delta z} \Delta z)}{\sum_0^{h_k} (\theta^3_{\Delta z, \Delta t} m_{\Delta z} \Delta z)}, \text{ Бк/кг.} \quad (1)$$

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

M - биологическая масса растений, кг/м²;

μ - коэффициент эффективного поглощения радионуклида,

S_{Δz} - содержание радионуклидов в весовой единице сухого вещества пахотного слоя почвы, Δz кБк/кг;

E_Δ - транспирация влаги культурой за время Δt; л/м²;

h_n - мощность пахотного слоя почвы, м;

h_к - мощность корнеобитаемого слоя, м;

θ_{Δz, Δt} - относительная влажность слоя почвы Δz на промежутке времени Δt;

m_{Δz} - содержание массы корней в слое Δz; %/м;

Δz - мощность расчетных слоёв почвы, м.

Биологическая масса растений определяется уравнением:

$$M = M_0 K_M, \quad (2)$$

где M_0 – планируемый урожай в конкретных условиях при оптимальной влажности почвы, кг/м².

K_m – коэффициент нарастания массы растений в j -ю декаду от начала вегетации.

Данный коэффициент представлен в табл.1 (получен по материалам двухлетних наблюдений на опытных площадках в течение вегетационных периодов 2004 – 2005 годов и не противоречит данным, полученным другими авторами).

Модульные коэффициенты биологической кривой нарастания массы трав (средние для разнотравья) при сенокосном использовании (K_m)

Таблица 1

Укос	Декады вегетации							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,15	0,36	0,48	0,76	0,88	0,96	1,0	
2	0,3	0,35	0,50	0,75	0,80	0,94	0,96	1,0

Значения μ коэффициента эффективного поглощения радионуклида для разных типов почв и сельскохозяйственных культур различны.

В данных конкретных условиях μ описывается зависимостью

$$\mu = 2,3 - 0,61 * УГВ + 0,00045 * УГВ^2 \quad (3)$$

Содержание радионуклидов $S_{\Delta z}$ в слое Δz определяется по формуле:

$$S_{\Delta z} = \frac{P_{\Delta z}}{h_n * \gamma_o} \quad \text{кБк/кг}, \quad (4)$$

где $P_{\Delta z}$ – плотность загрязнения радионуклидами слоя Δz , кБк/м²;

h_n – мощность пахотного слоя почвы, м;

γ_o – объёмная масса сухого вещества почвы, (для торфа $\gamma_o = 175$ кг/м³).

Испаряемость многолетними травами $E_{\Delta t}$ может быть принята по таблице 2 или определяется для расчетных промежутков времени Δt по зависимости:

$$E_{\Delta t} = - 0,86 * X + 0,97 * t + 9,04 * D - 15,08, \text{ л/м}^2, \quad (5)$$

где X – осадки, сумма за расчетный период, мм; t – температура воздуха, °С; D – дефицит влажности воздуха, гПа; t и D определяются как средние за расчетный период. Формула (5) применима при сумме осадков за расчетный интервал времени менее 30 мм.

Испаряемость (E_o) многолетними травами (среднее за многолетие)

Таблица 2

Месяцы и декады											
Апрель			май			июнь			июль		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
12	16	22	38	36	39	48	49	32	32	37	46

Месяцы и декады								
август			сентябрь			октябрь		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
40	36	31	18	15	12	8	7	6

Относительная влажность θ слоя Δz почвы в течение времени Δt определяется уравнением:

$$\theta_{\Delta z, \Delta t} = \frac{W - W_0}{W_n - W_0}, \quad (6)$$

где W – влажность слоя Δz в течение времени Δt , л/м³ (таблица 3);

W_0 – влажность завядания л/м³;

W_n – влажность, соответствующая полной влагоёмкости почвы, л/м³.

Влажность почвы (таблица № 3) получена по экспериментальным данным экспериментальных площадок «Перехрестье», «Ольманы», «Б. Диковичи» путем осреднения значений проб, отобранных при одинаковом положении УГВ.

Особенностью изменения влажности данной почвы по глубине является неоднородность почвенного состава. Верхний слой (0 – 20 см) представлен древесно-осоковым торфом 30 % разложённости. Ниже 20 см минерализация торфа увеличивается и на глубине 40 – 50 см начинается песок. Поэтому влажность, соответствующая полной влагоёмкости почвы W_n верхнего корнеобитаемого слоя 0–20см, определена экспериментальным путем и принята 550 л/м³. Полная влагоёмкость песка и влажность завядания принята по литературным источникам [8, 10].

Распределение влажности почвы (W л/м³) при различных уровнях грунтовых вод

Таблица 3

Культура	Расчётный слой Δz , м	Влажность слоя почвы W в зависимости от УГВ						Полн. Влагоёмкость расч. слоя	Вл-сть завядания
		0,5 м	0,6 м	0,7 м	0,8 м	0,9 м	1,0 м		
Многолетние травы	0 – 0,1	360	340	325	310	300	290	550	100
	0,1 – 0,2	390	360	345	330	320	310	550	100
	0,2 – 0,3	380	320	315	290	260	235	550	100
	0,3 – 0,4	405	304	260	230	205	175	540	95
	0,4 – 0,5	500	255	200	175	173	170	510	90
	0,5 – 0,6		315	240	220	195	170	400	55
	0,6 – 0,7			310	245	240	205	340	30
	0,7 – 0,8				310	280	245	340	30
	0,8 – 0,9					300	255	340	30
	0,9 – 1,0						300	340	30

Содержание массы корней в единичном слое почвы (таблица 4) получено экспериментальным путем на опытной площадке №1 мелиоративной системы «Козицкое», участок Перхрестье. Полученные нами данные практически совпадают с данными, представленными ранее в работах других ученых [10,11,12].

Относительное содержание корней в единице мощности корнеобитаемого слоя m (%/м) на торфяной почве

Таблица 4

Культура	Расчётный слой Δz , м	Относительное содержание корней m при среднем уровне грунтовых вод					
		0,5 м	0,6 м	0,7 м	0,8 м	0,9 м	1,0 м
Многолетние травы (сенокос)	0 – 0,1	68,0	60,1	51,5	45,8	39,3	31,4
	0,1 – 0,2	25,0	28,2	33,3	30,9	30,4	33,6
	0,2 – 0,3	4,7	7,3	8,3	15,6	21,1	24,2
	0,3 – 0,4	1,8	2,9	3,4	4,4	5,2	5,8
	0,4 – 0,5	0,5	1,3	2,8	1,6	1,9	2,3
	0,5 – 0,6		0,2	0,5	0,9	1,1	1,0
	0,6 – 0,7			0,2	0,6	0,5	0,9
	0,7 – 0,8				0,2	0,3	0,5
	0,8 – 0,9					0,2	0,3
	0,9 – 1,0						0,3

Расчеты, произведенные по данной модели, позволяют сделать вывод: данная модель может быть использована для прогноза загрязнения зеленой массы трав в условиях изменяющегося водного режима. Ошибка расчетов составляет $\pm 30\%$. Сравнение рассчитанных и измеренных величин накопления радионуклидов в зелёной массе многолетних трав приведено на рис. 1.

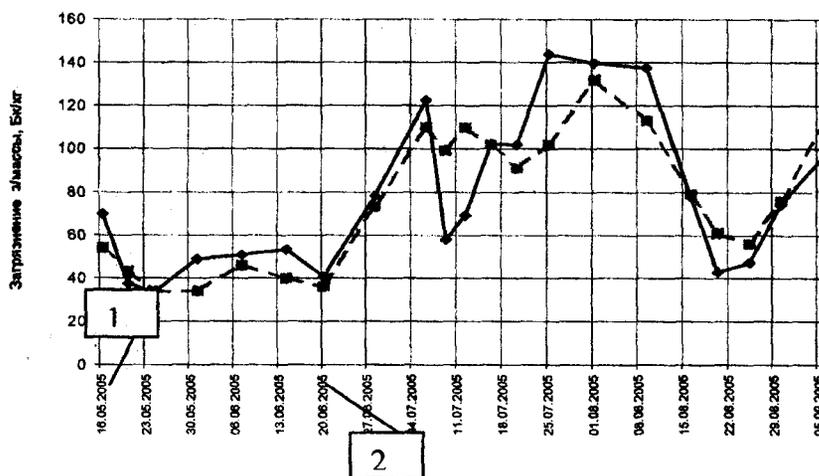


Рис.1. Измеренные (1) и рассчитанные (2) величины загрязнения зелёной массы многолетних трав, Бк/кг.

Достоинством предложенной модели является то, что она позволяет не только рассчитать величину накопления радионуклидов на момент уборки урожая, но и контролировать загрязнение зелёной массы многолетних трав в процессе их роста.

Литература

- 1 Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь. Под редакцией проф. И.М.Богдевича. Комчёрнобыль, Минск, 2003, с.71
- 2 Афанасик Г.И. Влияние водного режима почвы на интенсивность поступления радионуклидов в растительную продукцию. Мелиорация переувлажненных земель Сs. научных работ. Том XLII. БелНИИМиЛ, Минск, 1995г, с.22 – 44.

3. Шабан Н.С., Афанасик Г.И., Пятницкий В.Н. Влажность торфяных почв и поглощение питательных веществ растениями. – Почвоведение. – №7., 1975. – с.101-106.
4. Афанасик Г.И., Шабан Н.С., Пятницкий В.Н., Трибис В.П. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах. – Мн: «Ураджай», 1980. – с.137.
5. Пятницкі У.М., Афанасік Г.І. Аб караненаселеным слоі на тарфяна-балотных глебах. «Весці акадэміі навук. 1976, №1, с.37 – 39.
6. Шабан Н.С., Пятницкий В.Н. Уровни грунтовых вод и поглощение питательных веществ растениями на торфяных почвах. «Почвоведение», 1978. – С.13м23.
7. Афанасик Г.И., Судас А.С., Шкутов Э.Н. Пути снижения загрязнённости сельскохозяйственной продукции радионуклидами на мелиорированных землях. НТИ, Мелиорация и водное хозяйство. № 5, Минск, 1994. – С. 32 – 39.
8. Рекомендации по определению требуемого водного режима для минимизации накопления радионуклидов многолетними травами: Утв. Ком. Чернобыль / Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии»; Судас А. С., Мишустин Н.А, Зайцев А.А., Лекунович С.Н. и др.; Под ред. А.С. Судаса. - Пинск, 2004 – 32 с.
9. Финский А.И. Исследование капиллярного подпитывания торфяной почвы. Сб. тр. БелНИИМиВХ т. XV111, Минск, 1970. – С. 60 – 71.
10. Смян Н.И., Цытрон Г.С., Шибут Л. И., Песецкая О.В. Трансформация торфяно-болотных почв юго-западной части Республики Беларусь под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования (на примере Брестской области). Весті Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь №3. – 2000г.
11. Временные рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации мелиоративных систем на загрязнённых радионуклидами землях. Минск: БелНИИМиЛ, Белгипроводхоз, 1995. – 98 с.
12. Отчет о проведении НИР «Разработать принципы использования и повышения плодородия почв комплексных объектов мелиорации в условиях радиоактивного загрязнения» под руководством Афанасика Г.И. БелНИИМиЛ, Мн., 1992. – 83 с.
13. Моисеев А.А., Рамзаев П.В. Цезий – 137 в биосфере. Атомиздат, 1975. – 182 с.

Накопления радионуклидов цезия-137 в зеленой массе многолетних трав на мелкозалежных торфяниках с выраженным микрорельефом

С.Н. Лекунович, Н.А. Мишустин, А.С. Судас

Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии», Пинск

Methods of definition of contamination by radionuclides of perennial cereals are considered and the mathematical model of dependence of accumulation radionuclides by plants from a water mode for the period of vegetation is offered. Definition of its parameters on materials of actual measurements on the experimental platforms located on the reclaimed grounds is described

ЗМЕСТ

ЭКАЛАГІЧНЫ СТАН ПАЛЕССЯ

О.В.Альохіна, Т.Р. Федорів <i>Эколагічны індикаторы антропогеннага ўплыву на лакальныя лісовыя экосістэмы Полісся фактара</i>	298
В.И. Гапоненко, П.М. Кислушко, Е.Ф. Конопля <i>Физиолого-биохимическое состояние растений картофеля под действием БАВ и радиационного фактора.</i>	304
С.В. Гриневич <i>Изменение содержания трансурановых элементов в Гомельской области в 2004 – 2005 гг.</i>	310
Ю.М. Жученко, Т.В. Сухорукова, О.В. Чаецкая <i>Уточнение радиационной обстановки на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника</i>	314
В.Т. Демянчик, В.П. Рабчук, М.Г. Демянчик, И.А. Демчук, С.С. Савчук <i>Экологическая оценка и варианты оптимизации гидромелиоративных объектов западной части Белорусского Полесья</i>	318
В.В. Копытков <i>Из истории разработки и использования композиционных полимерных материалов в народном хозяйстве</i>	330
С.Н. Лекунович, Н.А. Мишустин, А.С. Судас <i>Накопления радионуклидов цезия-137 в зелёной массе многолетних трав на мелкозалежных торфяниках с выраженным микрорельефом</i>	336
В.М. Ливенский <i>Расчет объемов производства чистой сельскохозяйственной продукции в районах радиационной зоны</i>	342
Т.В. Макаренко <i>Особенности накопления некоторых металлов мягкими тканями моллюсков водоемов г. Гомеля</i>	346
И.Г. Марзан <i>Развитие кристаллического фундамента в пределах западной и центральной части Белорусского Полесья и прилегающих равнин</i>	352
А.В. Ольшевский <i>Использование ГИС для анализа экологических требований и ограничений землепользования</i>	357
Н.С. Ступень <i>Экологические аспекты промышленных районов Полесья</i>	363
А.С. Судас, Л.Н. Шашко <i>Допустимые уровни содержания цезия-137 в лекарственном растительном сырье</i>	368
В.В. Панасюк, В.В. Кошовий, Р.Ф. Федорів <i>Інформацыйна-комп'ютерні технології оцінки стану і динаміки змяні прыроднага сярэдовишча Полісся</i>	371
Я.М. Сцепановіч, А.Ф. Сцепановіч <i>Эколага-фітацэнэтычны маніторынг нізінных балот Палесся</i>	376
И.И. Счастлиная <i>Ландшафтное разнообразие Брестского района</i>	379
Н.В. Цвид <i>Хіміка-токсікалагічныя дасліджэння озера Ляновець та прылеглої до нього тэрыторыі</i>	385
О.А. Шуранкова <i>Загрязнение травянистых растений трансурановыми радионуклидами (²³⁹Рu, ²⁴¹Am) чернобыльского происхождения</i>	391
С.Ф. Шурхай <i>Целительная сила кипрея узколистного (<i>Epilobium angustifolium</i>)</i>	397

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ПОЛЕССЯ

А.А. Волчек, О.И. Грядунцова <i>Пространственно-временные колебания минимального стока р. Припять</i>	405
Ан.А. Волчек <i>Трансформация максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси</i>	413
А.А. Волчек, Д.А. Костюк, Ю.А. Кузавко, Ан.А. Волчек <i>Мобильные измерительные методы и средства мониторинга уровней и скоростей воды рек</i>	420
А.А. Волчек, В.В. Лукша <i>Влияние гидротехнических мелиораций на сток рек Белорусского Полесья</i>	426
А.А. Волчек, Н.Н. Шпендик <i>Прогнозная оценка изменения элементов водного баланса минеральных почв Беларуси</i>	435
О.В. Гльїна <i>Особливості поширення болотних геокомплексів Волині</i>	440
Л.В. Гльїн <i>Вплив техногенезу на седиментаційні процеси в озерах Українського Полісся</i>	446
М.Ю. Калинин <i>Водные ресурсы республики Беларусь, их использование и охрана</i>	456
М.Ю. Калинин, А.П. Станкевич, А.А. Волчек <i>Проблемы водных ресурсов Припятского бассейна</i>	462
П.И. Кирвель <i>Некоторые особенности термического режима озер Полесского региона</i>	467
А.Н. Колобаев, О.К. Новикова <i>Особенности формирования качества дождевых и талых вод с территории предприятий сельскохозяйственного машиностроения</i>	473
Э.И. Михневич <i>Деформации русел канализованных рек Белорусского Полесья и меры по их предотвращению</i>	479
Zd. Michalczyk, J. Piszcz <i>Polskie badania hydrograficzne na Polesiu (1918 – 1939)</i>	486
W. Sobolewski <i>Dane teledetekcyjne i mapy cyfrowe w badaniach dorzecza krzyny</i>	493
Ж.В. Шныпаркова, А.И. Павловский <i>Отличительные черты русловых процессов Западно-Белорусской и Полесской физико-географических провинций</i>	499
В.Н. Яромский, Л.Ф. Клундук <i>Экологосовместимая технология утилизации осадков сточных вод очистных сооружений г. Бреста</i>	504
В.Н. Яромский, Л.Ф. Клундук, В.В. Чуль, А.Н. Лицкевич <i>Удобрительная ценность осадков сточных вод очистных сооружений г.Бреста</i>	509
В.Н. Яромский, М.В. Яковчиц <i>Метод ускоренного определения концентрации органических загрязнений в сточных водах молокоперерабатывающих предприятий</i>	516