

17. Ebbesmeyer, C.C., Cayan, D.R., McKelvin, D.R., Nichols, F.H., Peterson, D.H., and Redmond, K.T. 1976 step in Pacific climate: Forty environmental changes between 1968–1975 and 1977–1984 // J. L. Betancourt and V. L. Tharp (eds). Proceedings of the 1th Annual Pacific Climate (PACCLIM) Workshop, April 1990. California Department of Water Resources. Interagency Ecological Study Program Technical Report 26. – 1991. – P. 115–126.

18. Логинов, В.Ф. Тренды и паузы в изменении глобального климата в различные сезоны года / Логинов, В.Ф. Микуцкий, В.С., Бровка Ю.А. // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 10–18.

19. Семёнов, С.М. Парниковые газы и современный климат Земли. – Изд. центр "Метеорология и гидрология". – М. 2004. – 175 с.

20. Idso, S.B. Carbon dioxide, – friend or foe? Mempe, Arisona. IBR Press. 1982.

21. Reichstein, M. Climate extremes and the carbon cycle // Global Change. 2014. Issue 82, May. Pp. 17–18.

22. Ekman, A. The little things matter // Global Change. Issue 82. May 2014. 16–17 pp.

УДК 631.6

## РЕЖИМЫ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Мажайский Ю.А.<sup>1</sup>, Гусева Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ Мещерский филиал, г. Рязань, Россия, [mail@mntc.pro](mailto:mail@mntc.pro)

<sup>2</sup>Рязанский медицинский университет им. академика И.П. Павлова, г. Рязань, Россия, [guseva.tm@bk.ru](mailto:guseva.tm@bk.ru)

*We have carried out a research to determine the content of heavy metals in the soils of the Ryazan region and analyzed the level of their pollution. We have proposed the methods and systems for control, protection and detoxification of technogenically contaminated soils in order to provide ecologically clean agricultural products.*

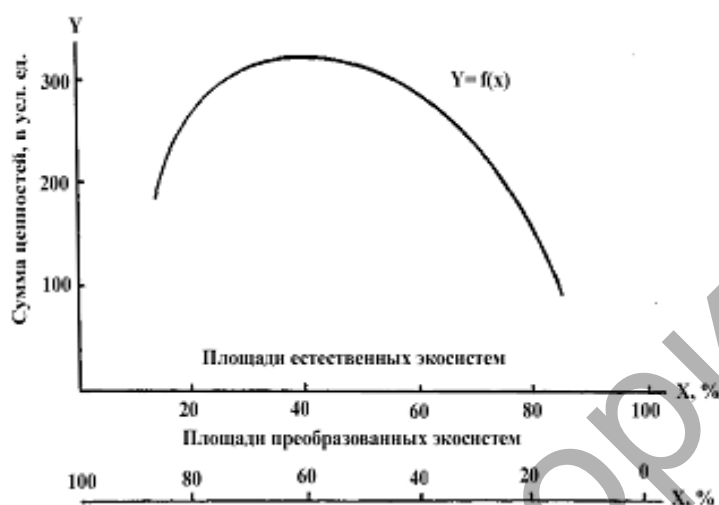
### Введение

При значительных техногенных геохимических нагрузках на агроландшафты особое значение приобретает вопрос экологического прогнозирования природопользования. Научные исследования этой проблемы направлены на установления критических значений для компонентов экосистемы, классификацию техногенных источников вредных веществ, уровней загрязнения почв.

Необходимость определения предельно допустимых показателей (Y), которые базируются на концепции устойчивости экосистемы, характеризующие ее устойчивость, соответствуют антропогенной нагрузке (X) на эту систему в зависимости  $Y = f(x)$ . В природопользовании это положение известно как закон максимума урожайности. Из рисунка 1 видно, что эта связь не линейна. Если дифференциальную производную приравнять к нулю, то это дает возможность установить оптимальное соотношение преобразованных и естественных площадей экосистемы, при котором достигается максимальный эколого-социально-экономический эффект.

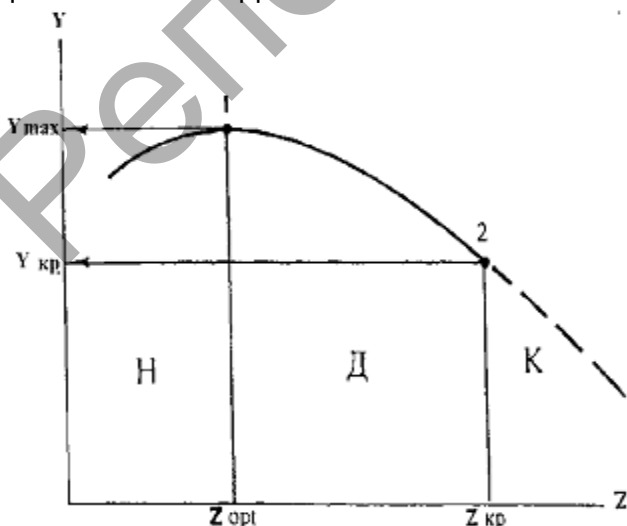
Переходя от концептуальной к расширенной трактовке, можно предположить, что высокие техногенные нагрузки на агроландшафты способствуют загрязнению окружающей среды, что ведет к снижению продуктивности агроцено-

зов. При рассмотрении этой функции применительно к урожайности сельскохозяйственных культур зависимость  $Y = f(Z_c)$ , где  $Y$  – урожайность сельскохозяйственных культур,  $Z_c$  – суммарный индекс загрязнения, имеет нелинейный характер в виде выпуклой вверх функции (рисунок 2). На начальном уровне антропогенного воздействия на агроландшафт (агротехника, удобрения, химзащита и т.д.) «загрязнение» способствует повышению продуктивности агроценозов. При индексе загрязнения почвы  $Z_{\text{опт}}$  продуктивность достигает максимального значения  $Y_{\text{max}}$ . При дальнейшем увеличении техногенного воздействия продуктивность снижается. На рисунке 2 имеются 2 характерные точки, которые определяют от точки (1) до точки (2), то есть от  $Z_{\text{опт}}$  до  $Z_{\text{кр}}$  - допустимый уровень функционирования экосистемы (Д), и от точки (2) и более, то есть  $> Z_{\text{кр}}$  – критический уровень функционирования экосистемы (К).



**Рисунок 1** – Изменение эколого-социально-экономического эффекта в зависимости от соотношения преобразованных и естественных площадей экосистем

Ежегодно в биосферу поступает огромное количество различных веществ из атмосферы, в т. ч. тяжелые металлы (ТМ), за счет промышленного и сельскохозяйственного производства и других источников. Загрязнение ТМ внешне незаметно, поэтому важное экологическое значение приобретает наблюдения за концентрацией ТМ в атмосферных осадках в проведении почвенного мониторинга. Почвенно-экологический мониторинг на региональном уровне проводится с 1993 года.



**Рисунок 2** – Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от индекса суммарного загрязнения почвы

Концентрирование металлов в атмосферных осадках (таблица 1), как теплого, так и холодного периодов различаются по периодам и по годам [1]. Поступившие из атмосферы ТМ включаются в биогенную, водную миграцию, аккумулируются в почвенном покрове, включаются в большой геологический круговорот.

**Таблица 1** – Среднегодовое содержание тяжелых металлов в атмосферных осадках по этапам исследований, мг/л·10<sup>-2</sup> [1]

	1993–1999 гг.			2001–2009 гг.		
	Атмосферные осадки		Среднее за год	Атмосферные осадки		Среднее за год
	летние	зимние		летние	зимние	
<b>Pb</b>	12,1	5,2	8,4±2,5	38,6	9,3	21,0±11
<b>Cd</b>	0,86	0,40	0,6±0,20	0,36	0,38	0,37±0,07
<b>Zn</b>	37,3	10,5	23,9±10	19,4	11,9	15,2±3,8
<b>Cu</b>	26,3	3,2	13,9±8,0	24,0	4,2	13,1±,1

Валовое содержание ТМ в естественных незагрязненных почвах обусловлено их концентрацией в почвообразующих породах и определяется генезисом, петрохимией, минералогическим составом тонкодисперсных фракций, фациальными различиями материнского субстрата и процессами почвообразования [2]. Почва наследует свой минералогический состав (геохимический фон) от почвообразующей породы. Поэтому для экологической оценки загрязненности почв разработана градация их по валовому (среднему) содержанию элементов-загрязнителей в почвообразующей породе, что подразумевает региональный фон ТМ (таблица 2).

Региональные почвообразующие породы концентрировали: Pb 8–16 мг/кг, Cd 0,15–0,29 мг/кг, Zn 33–46 мг/кг, Cu 20,9–27,0 мг/кг и т.д. [3].

Для проведения регионального экологического мониторинга в 90-ые годы прошлого столетия были организованы полигоны и определены точки типичных хозяйств, где проводились исследования. Пробоотбор осуществлялся в 1995 г. и 2006 г. в конце вегетационного периода в соответствии с требованиями ГОС-Тов и методических указаний.

**Таблица 2** – Градация почв по валовому содержанию и с учетом суммарного индекса элементов загрязнителей, мг/кг

Элементы	Региональный фон	Градация уровней загрязнения почв				
		1 – незагрязненный	2 – низкий	3 – средний	4 – повышенный	5 – высокий
<b>Zn</b>	35±3	<35	35–70	70–105	105–140	145–175
<b>Cu</b>	27±4	<27	27–54	54–81	81–116	116–151
<b>Pb</b>	12±0,8	<12	12–24	24–36	36–48	48–60
<b>Cd</b>	0,18±0,02	<0,18	0,18–0,36	0,36–0,54	0,54–0,72	0,72–0,9
<b>Cr</b>	61±7	<61	61–122	122–183	183–244	244–305
<b>Co</b>	9±1	<9	9–18	18–27	27–36	36–45
<b>B</b>	27±1	<27	27–54	54–81	81–116	116–151
<b>Mn</b>	400±35	<400	400–800	800–1200	1200–1600	1600–2000
<b>V</b>	83±5	<83	83–166	166–249	249–332	332–415
<b>Ni</b>	20±2	<20	20–40	40–60	60–80	80–100
<b>Sn</b>	2,6 ±0,3	<2,6	2,6–5,2	5,2–7,8	7,8–10,4	10,4–13,0
<b>Mo</b>	0,7 ±0,07	<0,7	0,7–1,4	1,4–2,1	2,1–2,8	2,8–3,5
<b>Zc</b>	–	<1	1–13	13–25	25–37	>37
<b>YZc1</b>	–	<0,08	0,08–1,08	1,08–2,08	2,08–3,08	>3,08

В образцах определялось валовое содержание химических элементов спектральным методом по методике ЦИНАО с использованием 5н HNO<sub>3</sub> в качестве экстрагента. Количественное определение проведено в лаборатории геолого-геохимической экспедиции (г. Бронницы). При этом использовался масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Elan-6100 ("Perkin Elmer", США); атомно-эмиссионного спектрометра Optima-4300 ("Perkin Elmer", США). Результаты обрабатывались статистически – на основе анализа вариационного ряда вычислялся на компьютере достоверный интервал с помощью программ Excel.

Поступающие из атмосферы металлы в той или иной мере фиксируются почвой. Скорость закрепления металлов, подвижность их зависит в основном от окислительно-восстановительных условий, преобладающих в почвах. Динамика поведения загрязняющих веществ в почве в конечном итоге приводит к накоплению или выносу их из профиля почв.

Основные типы почв: черноземы, серые лесные, дерново-подзолистые и аллювиальные. Исследования, которые проводились в два этапа, позволили уточнить и подтвердить статистическими расчетами представления об ассоциации химических элементов-загрязнителей. Из 42 выявленных элементов остановились на 13. При этом для As\*, Hg\* за фоновые критерии приняты их кларки в земной коре (таблица 3).

**Таблица 3 – Интенсивность загрязнения почв тяжелыми металлами в Рязанском регионе**

Элементы	Региональный фон	Среднее содержание, мг/кг			
		Почвы Рязанского района	Дерново-подзолистые	Черноземы	Серые лесные
<b>Pb</b>	12	30,3±5	16,2±2,6	18,8±2,0	23,2±3,2
<b>Cd</b>	0,18	0,43±0,09	0,21±0,08	0,31±0,03	0,26±0,04
<b>Zn</b>	35	86,4±17	35,3±5,1	55,6±5,1	46,9±5,0
<b>Cu</b>	27	53,4±10	38,8±6,0	44,9±6,0	50,6±5,9
<b>As</b>	5,0*	4,73±0,84	2,4±0,93	4,1±0,3	3,07±0,48
<b>Hg</b>	0,07*	0,08±0,008	0,05±0,008	0,06±0,006	0,05±0,008
<b>Mo</b>	0,7	1,31±0,40	0,96±0,11	1,14±0,27	0,84±0,07
<b>Mn</b>	400	700±95	587±110	621±98	737±94
<b>V</b>	27	39,2±6,6	29,3±3,5	39,0±5,4	37,2±4,5
<b>Co</b>	9	11±1,9	7,2±1,1	12,8±1,3	11,3±1,1
<b>Ni</b>	20	26,6±4,4	18,4±2,5	31,3±2,9	25,8±2,4
<b>V</b>	83	133±47	80,2±13,9	165±23	156±39
<b>Sn</b>	2,6	5,0±0,9	2,92±0,65	2,57±0,56	2,80±0,40

Большое влияние на интенсивность загрязнения почв оказывает близость промышленных предприятий. В аллювиальных, дерново-подзолистых почвах, расположенных в 5–20 км от г. Рязани, отмечено накопление Zn, V, Pb, Cd, As до уровней повышенной, средней и низкой загрязненности. В среднем в данном районе почвы имеют низкий уровень загрязнения и убывают в ряду Pb = Zn > Cd > Cu > Mo + Sn > Mn > V (таблица 3).

Буферность почв и всей экосистемы по отношению к воздействию техногенных потоков зависит от совокупности процессов, выводящих избыточные деструкционно активные продукты техногенеза из биологического круговорота [4]. По буферной способности наиболее лучшими почвами региона являются черноземы, серые лесные тяжелого гранулометрического состава, образованные

на покровных суглинках. Менее всего устойчивы к промышленным выбросам дерново-подзолистые почвы на флювиогляциальных отложениях.

Выявлено участие выбросов завода цветных металлов в загрязнении дерново-подзолистых легких по гранулометрическому составу почв медью до 80 мг/кг, когда средняя концентрация Cu в почве составила  $38,8 \pm 6$  мг/кг. Известно, что органическое вещество торфа прочно удерживает в корнеобитаемом слое почвы тяжелые металлы. Поэтому дерново-подзолистые почвы, где широко использовалось применение местных торфов 100–200 тонн на 1 га, концентрировали Cd в 2,5 раза, Pb в 2 раза больше регионального фона. В среднем элементы в данной почве составили убывающий ряд:  $Mn > Pb = Cu = V > Cd$ . Загрязненность в среднем характеризуется низким уровнем. При исследовании проб полигонов с черноземами и серыми лесными тяжелосуглинистыми почвами было выявлено аномально повышенное аккумулятивное Pb  $37,0 \pm 8$  мг/кг, а отдельные индивидуальные точки – 50 мг/кг. Техногенный элемент Cd в среднем накопился в лесостепных и степных почвах до уровня низкого загрязнения. Более высокое аккумулятивное выявлено в отдельных полигонах  $0,38 \pm 0,09$  –  $0,39 \pm 0,14$  мг/кг. Отмечено загрязнение почв V до  $240 \pm 51$  –  $253 \pm 60$  мг/кг. Этот элемент попадает в педосферу от сжигания угля, мазута в местных котельных и Рязанской ГРЭС. Элементы-загрязнители составили ряд для серых лесных почв:  $Pb = Cu = V > Mn > Cd$ ; для черноземов:  $V > Cu = Cd > Pb = Zn = Mn$ .

С 2002 по 2008 гг. проводили лизиметрические опыты по детоксикации повышенного загрязнения (Pb – 40 мг/кг, Cd – 0,6, Zn – 110, Cu – 90 мг/кг) дерново-подзолистой супесчаной почвы, а с 2006 по 2008 гг. – чернозема оподзоленного. Использовались лизиметры конструкции ВНИИГиМ.

Концепция исследований состоит в том, что в агроландшафтах, как правило, наблюдается наличие не одного, а нескольких фитотоксикантов. Теоретически в таких случаях возможны как усиления, так и ослабления сил негативного воздействия отдельных ТМ на растения. Научно обоснованная система удобрений в севообороте бесспорно оказывает влияние на более полное использование питательных веществ почвы и удобрений разными культурами и его фито-санитарной роли.

Исследуемая дерново-подзолистая почва, в гранулометрическом составе которой преобладает физический песок, обладает слабыми экологическими функциями. Она имеет неглубокий гумусовый (20–39 см), слабощелочной иллювиальный (17–30 см) горизонты и близко расположенные глеевые горизонты. Оподзоленный чернозем с тяжелым гранулометрическим составом обладает более высокими буферными свойствами.

До закладки опытов проведено фоновое известкование и почвы имели реакцию близкую к нейтральной,  $pH > 6,0$ . Содержание гумуса около 2% в дерново-подзолистой почве, около 4% в черноземе. Обеспеченность подвижными фосфором и калием определена как средняя и повышенная.

В опытах исследовались органическая, органо-минеральная и минеральная системы удобрений. Они несколько различались в схемах опытов. Анализ многолетних исследований продуктивности повышено загрязненной дерново-подзолистой почвы представлен в таблице 4.

Схема опыта предполагает исследования продуктивности загрязненной почвы (вариант 1). В Вариантах 2, 3, 4, 5 навоз КРС (Н40) вносили только 2 раза за севооборот (под пропашные). Минеральные удобрения (оптимальные дозы N1P1K1) во втором варианте использовались ежегодно, кроме клевера. В 3 и 4

вариантах на фоне Н40 т/га N1K1 использовали двойную (P2) и четверную (P4) дозы фосфора. На 5 варианте использовали навоз (Н80), а на 6 – N1K1 (ежегодно) P480 – 2 раза за севооборот. Применение навоза 40 т/га и одновременное запасное использование P240 в виде суперфосфата (вариант 4) обеспечили максимальную продуктивность, прибавка составила 43,9 ц/га корм. ед. (249%). Другие системы удобрений обеспечили прирост продуктивности севооборота на 21,2–27 ц/га корм. ед. (120–153%).

**Таблица 4 – Влияние систем удобрений на продуктивность загрязненной тяжелыми металлами дерново-подзолистой почвы, ц/га корм. ед.**

Варианты опыта	Картофель (клубни)	Ячмень (зерно)	Сено клевера 1 г.п.	Сено клевера 2 г.п.	Биомасса ржи + ячмень	Свекла кормовая (корнеплоды)	Овес (зерно)	Картофель (клубни)	Средняя продуктивность
	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2002 г.	
1.	Без одобрений	29,7	29,0	8,1	8,3	12,2	14,2	21,7	17,6
2.	H40 N1P1K1	67,8	48,6	25,3	12,3	44,4	44,12	67,9	44,3
3.	H40 P1K1 P2	75,9	54,0	25,9	10,8	46,2	52,8	67,4	44,6
4.	H40 P1K1 P4	88,8	65,2	47,2	20,8	71,2	56,0	81,2	61,5
5.	H80	75,6	39,6	30,1	11,2	30,6	36,0	71,0	42,0
6.	P480 N1K1	56,8	57,7	21,3	13,6	40,0	44,8	37,2	38,8

Схема опыта на повышенно загрязненном черноземе несколько отличалась (таблица 5). Органическая система представлена навозом КРС в дозе 100 т/га (вариант 2). Органо-минеральная – на фоне Н100 ежегодно вносилось полное минеральное удобрение (N1P1K1, вариант 3). В вариантах 4 и 5 исследовались периодические дозы фосфора P2, P4. В варианте 6 применялась ежегодная доза P120(е). В последних трех вариантах использовались минеральные удобрения ежегодно N1K1. В звене исследуемого севооборота все агрохимические приемы детоксикации имели положительную закономерность. Вместе с тем высокая эффективность 109% получена от использования органо-минеральной системы (вариант 3).

Оценку агрохимических приемов детоксикации загрязненных почв проводим на основе изучения состава гумуса и качества внутрпочвенных вод.

**Таблица 5 – Влияние систем удобрений на продуктивность загрязненного чернозема**

Варианты опыта		Урожай основной продукции, ц/га			Кормовые единицы, ц/га	
		Ячмень	Свекла кормовая	Овес	Средняя продуктивность	Прибавки
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006–2008 гг.	
1.	Без одобрений	15,7	293	22,2	73,1	–
2.	H100	32,1	573	27,7	128,6	55,5
3.	H100 N1P1K1	36,9	675	34,6	152,5	79,4
4.	P2 N1K1	24,2	375	34,0	103,2	30,1
5.	P4 N1K1	30,8	333	27,2	98,0	27,9
6.	P120(е) N1K1	26,5	452	34,7	115,4	42,3
НСР0,95		4,8	39,6	3,6	–	–

Гумусообразование играет значительную роль в формировании почвы и ее важнейших свойств и признаков. Насыщенность 1 га посевной площади органи-

кой несколько отличалась в опытах, но интенсивность накопления гумуса от различных агрохимических средств практически не различалась (таблица 6). Эти увеличения укладывались на черноземе в 6–25%, на дерново-подзолистой почве в 6–28%. В дерново-подзолистой почве процесс гумусообразования более интенсивно проходил при запасном внесении P480 на фоне N1K1. Практически одинаковое влияние оказали органическая (H80) и органо-минеральная (H40 P240 N1K1) системы. Процесс гумификации обусловлен факторами почвообразования, а фракционный состав гумуса – минералогическим составом. ГК позволили выявить, что наиболее ценная ГК-2, связанная кальцием, повышалась только в черноземе под влиянием систем удобрений. В дерново-подзолистой почве увеличивались концентрации ГК 1-ой и 3-ей фракциями. На них заметное влияние оказывали варианты P480, H40 на фоне N1K1. Сравнивая действия систем удобрений на качество гумуса в загрязненных почвах, удобрения в черноземе увеличивают содержание ГК на 10–45%, ФК – 8–51%, в дерново-подзолистой повышается концентрация ГК на 19–42%, ФК остается без изменений.

**Таблица 6 – Действие разных систем удобрений на групповой и фракционный составы гумуса в почвах, загрязненных тяжелыми металлами (СФР к почве, %)**

Варианты опыта	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Гумины	Сумма фракций	Сорг	СГК/СФК
	1	2	3	сумма фракций	1	2	3	сумма фракций				
Дерново-подзолистая супесчаная почва												
1. Б/у	0,16	0,10	0,10	0,36	0,10	0,08	0,08	0,26	0,30	0,92	0,93	1,38
2. H40N1P1K1	0,17	0,07	0,12	0,36	0,13	0,02	0,10	0,25	0,29	0,90	0,92	1,43
3. H40P120N1K1	0,15	0,04	0,24	0,43	0,10	0,10	0,08	0,28	0,25	0,96	0,99	1,52
4. H40P240N1K1	0,21	0,12	0,16	0,49	0,09	0,05	0,15	0,29	0,32	1,10	1,12	1,65
5. H80	0,19	0,11	0,19	0,49	0,15	0,02	0,10	0,28	0,35	1,12	1,13	1,79
6. P480N1K1	0,25	0,02	0,24	0,51	0,14	0,14	0,04	0,29	0,35	1,15	1,18	1,75
Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый												
1. Б/у	0,15	0,24	0,28	0,67	0,06	0,20	0,11	0,37	1,13	2,17	2,19	1,79
2. H100	0,08	0,60	0,29	0,97	0,18	0,18	0,20	0,56	1,16	2,70	2,74	1,74
3. H100N1P1K1	0,11	0,39	0,28	0,78	0,06	0,17	0,21	0,43	1,26	2,47	2,49	1,79
4. P2N1K1	0,10	0,49	0,29	0,88	0,05	0,25	0,20	0,50	0,92	2,29	2,33	1,77
5. P4N1K1	0,16	0,30	0,28	0,74	0,13	0,21	0,06	0,40	1,24	2,38	2,41	1,85
6. P120(e)N1K1	0,16	0,30	0,28	0,74	0,09	0,16	0,14	0,40	1,15	2,29	2,31	1,85

Проблема адаптации растений в условиях техногенной среды имеет первостепенное значение. Растения имеют три биобарьера против поступления токсикантов, это почва – корень – стебель – репродуктивные органы. Зерно в загрязненной почве экологически опасное, так как содержание Pb отмечено 0,68, 1,17 мг/кг (ПДК 0,5), Cd – 0,27, 0,11 мг/кг (ПДК 0,1), Zn – 76 (ПДК 50). Использование систем удобрений оказали в основном положительное влияние, но не всегда продукция становится экологически безопасной в пищу человека (таблица 7).

Общую загрязненность почвы поллютантами характеризует валовое содержание ТМ. Отрицательное влияние высоких концентраций ТМ на биосферу зависит от их подвижности. Пока элементы прочно связаны с составными частями почвы, они труднодоступны растениям, слабо выражена их миграция в биосфере. На почвах, повышенно загрязненных, проявляется выраженная зависимость содержания ТМ от типа почвы. В дерново-подзолистой концентрации ацетатно-аммонийных форм Pb и Cd выделено меньше на вариантах без удобрений, Zn и Cu – больше по сравнению с черноземом.

**Таблица 7 – Распределение тяжелых металлов в растениях, мг/кг**

Варианты опыта		Части растения	Дерново-подзолистая почва, ячмень				Чернозем, овес			
			Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu
1.	Б/у	зерно	0,68	0,27	76	6,0	1,17	0,11	21,6	2,4
		солома	1,40	0,14	59	8,8	1,09	0,14	28,0	1,8
		корни	7,2	0,47	165	40,4	2,39	0,24	77,3	17,6
2.	<u>H40N1P1K1</u> H100	зерно	0,33	0,07	59	4,4	1,18	0,10	26,1	2,5
		солома	1,68	0,10	45	2,4	1,24	0,19	18,1	2,2
		корни	19,4	1,20	246	71,6	2,22	0,38	39,9	20,0
3.	<u>H40P120N1K1</u> H100N1P1K1	зерно	0,33	0,13	56	4,0	1,18	0,11	27,0	2,7
		солома	1,67	0,09	111	5,7	1,53	0,21	45,6	5,2
		корни	2,8	0,26	146	22,5	3,88	0,53	77,8	16,0
4.	<u>H40P240N1K1</u> P2N1K1	зерно	0,44	0,07	49	4,8	1,24	0,11	26,4	2,5
		солома	0,78	0,13	107	4,4	1,08	0,15	17,9	1,9
		корни	11,6	0,40	314	55,6	4,03	0,60	55,9	29,1
5.	<u>H80</u> P4N1K1	зерно	0,32	0,18	38	3,5	1,34	0,06	25,2	2,4
		солома	0,96	0,11	72	4,4	1,35	0,17	23,4	1,8
		корни	22,3	0,57	254	38,6	3,80	0,47	55,1	22,2
6.	<u>P480N1K1</u> P120 (e)N1K1	зерно	0,32	0,10	53	4,4	1,19	0,05	33,5	3,0
		солома	1,03	0,11	73	5,3	1,43	0,21	27,6	2,0
		корни	7,0	0,89	226	32,8	3,33	0,46	33,2	23,9
Среднее по удобренным вариантам		зерно	0,35	0,11	53	4,2	1,23	0,09	27,6	2,6
		солома	1,22	0,11	82	4,4	1,33	0,19	26,5	2,6
		корни	12,62	0,66	237	44,1	3,45	0,49	52,4	22,2

Рассматривая интенсивность образования подвижных форм элементов, следует отметить, что Cd наиболее интенсивно переходил в подвижную форму на черноземе, но P120(e) на фоне N1K1 резко снижал этот процесс. В дерново-подзолистой почве P480N1K1 имел ту же тенденцию.

Миграционная способность ТМ зависит от совокупности свойств почвы, химических загрязнителей, ландшафтной обстановки. Инфильтрация их через почвенный профиль сопровождается выведением органического вещества и связанных с ним металлов. Изучаемые системы удобрений на дерново-подзолистой почве уменьшают в основном вынос Pb, Zn, Cu за пределы почвенного профиля и увеличивают Cd. В черноземе удобрения повысили миграцию Pb и снизили – Cd (таблица 8). Корреляционные исследования по влиянию качества гумуса (групп, фракций) на содержание ТМ во внутрипочвенных водах показали, что миграция Pb в почвенно-грунтовые воды в основном обусловлена 3-ей фракцией ГК в дерново-подзолистой почве ( $r = 0,59$ ) и ФК-3 – в черноземе ( $r = 0,69$ ). Поступление Cd в лизиметрические воды с ФК-3 в дерново-подзолистой почве имеет высокую степень зависимости ( $r = 0,77$ ).

В черноземе группа ФК, фракции ГК-2, ГК-3 и сумма фракций ГК имели отрицательные корреляции ( $r = -0,75, -0,78, -0,57, -0,74$ ). Но обнаружена в данной почве высокая миграционная способность Cd с фракцией ГК-1 ( $r = 0,81$ ). Cu мигрирует преимущественно в виде комплексных соединений во фракциях ГК-2 и ФК-2 в дерново-подзолистой почве. Миграционная способность Zn в большей степени обнаружена в черноземе в виде фракций ФК-3 ( $r = 0,83$ ) и ГК-2 ( $r = 0,65$ ).



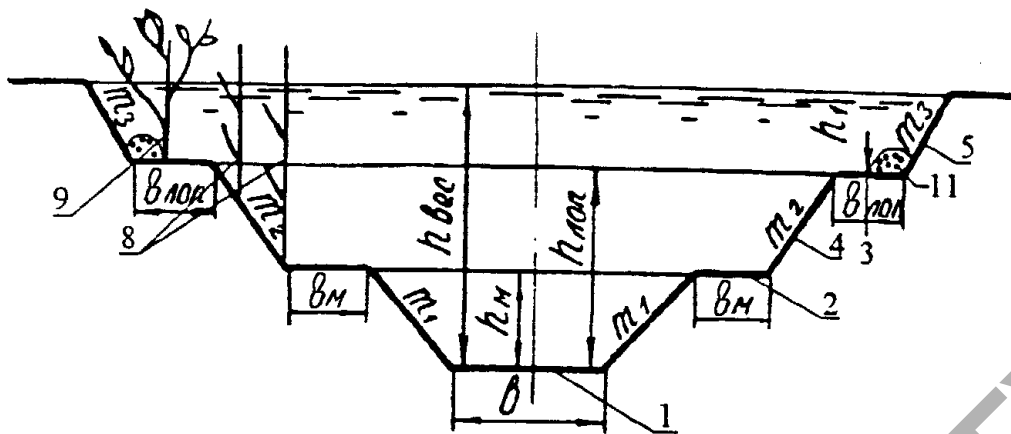
**Таблица 8 – Коэффициенты корреляции (R) образования групп и фракций гумуса и содержания тяжелых металлов во внутрипочвенных водах**

Элементы	Гуминовые кислоты, фракции				Фульвокислоты, фракции			
	1	2	3	сумма	1+1а	2	3	сумма
Дерново-подзолистая почва								
Pb	0,14	-0,32	0,59	0,40	-0,05	0,45	-0,33	0,57
Cd	0,39	-0,07	0,29	0,42	-0,49	0,10	0,77	0,54
Zn	-0,23	0,43	-0,19	-0,32	-0,51	0,51	-0,14	-0,13
Cu	0,17	0,88	-0,62	0,08	-0,08	-0,52	0,66	-0,05
Чернозем оподзоленный								
Pb	-0,31	0,23	-0,08	0,18	-0,23	-0,54	0,69	0,15
Cd	0,81	-0,78	-0,57	-0,74	-0,50	-0,11	-0,38	-0,75
Zn	-0,79	0,65	0,46	0,58	0,14	-0,37	0,83	0,61
Cu	0,47	-0,35	-0,39	-0,30	-0,06	-0,64	-0,08	-0,34

В условиях техногенного загрязнения почв выделяются три уровня функционирования экосистемы: нормальный, допустимый, критический. В таблице 9 представлены мероприятия по обеспечению устойчивости экосистемы.

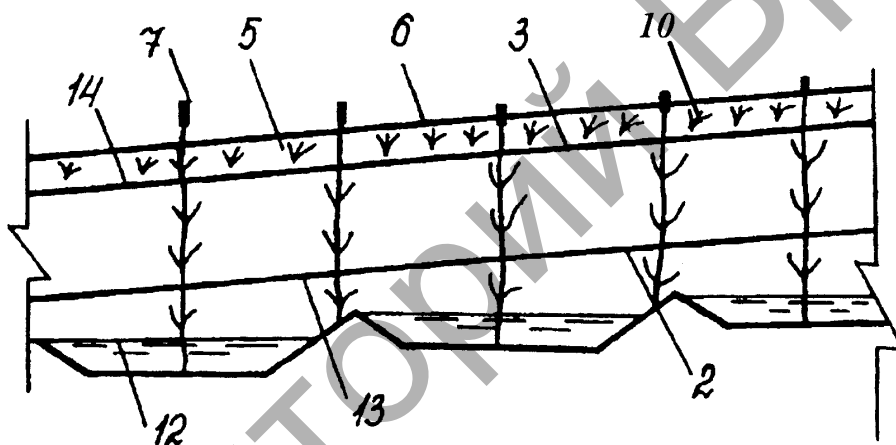
**Таблица 9 – Мероприятия по обеспечению устойчивости экосистемы**

Уровни функционирования экосистем	Характеристика загрязненности	Возможности использования территории	Предлагаемые мероприятия
<b>1. Нормальный</b>	Содержание элементов-загрязнителей в почве, внутрипочвенном стоке на уровне геохимического фона	Сельскохозяйственное использование	Снижение уровня воздействия источников загрязнения экосистемы. Научно обоснованная система ведения хозяйства
<b>2. Допустимый</b>	Уровни загрязнения ТМ в почве ниже повышенного	Разработка севооборотов с участием устойчивых культур (свекла, бобовые, лекарственные, технические травы, овес)	Мероприятия по снижению воздействия источников загрязнения. Научно обоснованная система удобрений. Усиление контроля качества продукции
<b>3. Критический</b>	Высокий, очень высокий уровень загрязнения почвы ТМ	Выращивание культур-фитосанитаров с последующей их утилизацией. Исключение сельскохозяйственных загрязненных угодий из оборота	Проводить санацию почвы за счет перемещения ее загрязненных слоев на глубину 30–40 см. Окультуривание слоев почвы, которые оказались на поверхности за счет органических, минеральных удобрений и извести. Проведение контроля над всеми объектами экосистемы



**Рисунок 3 – Поперечный разрез биоканала:**

$b$  – ширина биоканала по дну;  $b_m$  – ширина бермы при пропуске бытовых расходов ( $Q_{быт}$ );  $b_{лок}$  – ширина бермы при пропуске летне-осенних дождевых паводков;  $h_m$  – уровень воды в бытовой период;  $h_{лос}$  – уровень воды при пропуске летне-осенних дождевых паводков;  $h_{вс}$  – уровень воды при пропуске весеннего половодья;  $m_1, m_2, m_3$  – коэффициенты заложения откосов



**Рисунок 4 – Продольный разрез биоканала:**

1 – дно биоканала; 2 – нижняя берма; 3 – верхняя берма; 4, 5 – откосы; 6 – бровка; 7, 8, 9, 10 – высшие водные растения; 11 – валик; 12 – уровень воды при пропуске  $Q_{быт}$ ; 13 – уровень воды при пропуске  $Q_{л-ос}$ ; 14 – максимальный расчетный уровень воды

### Заключение

1. В Рязанском регионе наибольшее антропогенное поступление относится к свинцу.

2. Почвенно-экологический мониторинг указал, что интенсивность загрязнения почв ТМ указывает на близость промышленных предприятий. В основном наблюдается низкое, среднее загрязнение почв. Хотя отмечаются точки мониторинга, где определены повышенный и высокий уровень загрязнения Pb, V, Cu, Cd.

3. При детоксикации повышенного уровня загрязнения комплексом металлов (Cd, Pb, Zn, Cu) выявлена наиболее эффективная органо-минеральная система удобрений.

4. Системы удобрений в основном уменьшают вынос Pb, Zn, Cu за пределы почвенного профиля в дерново-подзолистой почве, но увеличивают Cd. В черноземе снизили миграцию Cd, но повысили – Pb. Миграция обусловлена в первую очередь фульвокислотами фракцией 3.

## Список литературы

1. Евтюхин, В.Ф. Экологическое обоснование контроля и детоксикация агроценозов юга центрального Нечерноземья, подверженных техногенному воздействию / Дисс. на соиск. уч. ст. д. б. наук. – Балашиха, 2011. – 357 с.
2. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / Под общ. ред. М.М. Овчаренко. – М., 1997. – 289 с.
3. Мажайский, Ю.А. Обоснование режимов комплексных мелиораций в условиях техногенного загрязнения агроландшафта / дисс. на соиск. уч. ст. д. с.-х. наук. – М., 2002. – 327 с.
4. Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М. : Высшая школа, 1998. – 328 с.

УДК 626.8(476)

## МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Климович Н.А.<sup>1</sup>, Мешик О.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное объединение «Брестмелиоводхоз», г. Брест, Республика Беларусь, explmelio@tut.by

<sup>2</sup>Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, mor@bstu.by

*The article presents the history of land melioration in the Brest region of Belarus. It describes the current status of land melioration. It also notes the problems of education and training of graduates.*

### Введение

Брестская область занимает выгодное географическое положение на территории Республики Беларусь. Здесь наблюдается лучшее обеспечение ресурсами тепла и влаги, тем самым формируются благоприятные условия для развития сельхозпроизводства. Однако ввиду неустойчивости естественного увлажнения, на сельскохозяйственных землях имеют место как избытки тепла и влаги, так и их дефициты. В современных условиях воздействия на водный и тепловой режимы подстилающей поверхности осуществляются, прежде всего, путем проводимых мелиоративных мероприятий. Агрономические свойства почв, уровень природного плодородия, неустойчивость их естественного увлажнения не гарантируют получение высоких и стабильных урожаев сельхозкультур. Необходимыми, но далеко не достаточными условиями для решения этой задачи, являются благоприятные водно-воздушный и тепловой режимы хорошо окультуренных почв. Достаточным условием, как известно, является оптимальное соотношение газов, минеральных и органических удобрений в растворе. В этой связи мелиорации на современном этапе рассматриваются как инженерные мероприятия, посредством которых обеспечиваются оптимальные водный, воздушный, тепловой и питательные режимы почв. Брестская область по темпам развития мелиоративных работ является лидером в республике, а мелиорация земель Брестчины, как и всего Полесья, имеет давнюю историю.

### Основная часть

Рост населения, развитие социально-экономических и производственных отношений в XVI веке потребовали включения в сельскохозяйственный оборот новых земель и их улучшения. Мелиорации при этом стала отводиться веду-