

МЕЛИОРАЦИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ

УДК 631.48

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ КАК СПОСОБ ДЕТОКСИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ ГОРОДОВ

С.В.Гальченко, к.б.н.

Рязанский ГМУ, Рязань, Россия

Ю.А.Мажайский, д.с.-х.н.

МФ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Нарушения и изменения круговорота химических элементов в городской среде вызывают ухудшение условий проживания населения, повышают уровень заболеваемости и смертности, приводят к росту числа генетических заболеваний, появлению новых болезней. В отличие от агроландшафтов, в городских условиях поступление тяжелых металлов (ТМ) в организм человека возможно при ингаляции атмосферного воздуха, содержащего аэрозоли металлов и загрязненной почвы, то есть минуя трофические цепи. В данном случае городская почва может рассматриваться в качестве вторичного источника загрязнения.

По этим причинам особую научную и практическую значимость приобретают вопросы, связанные с проблемой очищения городской почвы от опасных загрязнителей – ТМ, улучшения ее экологического состояния.

Одним из способов оздоровления экологической обстановки в городах является выращивание на их территории растений-аккумуляторов ТМ, которые являются фитомелиорантами. Для создания клумб, цветников, газонов применяются различные сорта декоративных растений. Научных исследований по способности их вытягивать из почвы и накапливать в своих органах ТМ явно недостаточно.

Научные исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, позволили разработать различные приемы, способствующие удалению ТМ из поверхностного слоя почвы: глинование легких почв, внесение больших норм органического вещества, известкование почв, фосфоритование, применение сорбентов и ионообменных смол и др. Перечисленные способы улучшения экологического состояния почв применяются в основном на полях агроландшафтов, в городских же условиях это сопряжено с рядом проблем. Цель данной работы - выявление способности у наиболее распространенных декоративных цветов и газонных злаков, используемых для озеленения городов, к аккумулярованию в своих органах свинца - металла первого класса опасности, приоритетного загрязнителя городской среды.

Опыты проводили в вегетационных сосудах на протяжении всего вегетационного периода. Обоснованием для использования в качестве загрязнителей свинца и кадмия послужило то, что данные химические элементы не являются микроэлементами для растений и являются приоритетными загрязнителями городов. Было разработано два варианта опыта (табл.1), отличающихся уровнем

содержания свинца и кадмия. В контрольном варианте использовали серую лесную суглинистую зональную почву.

Таблица 1. Схема эксперимента

Варианты опыта	Содержание (мг/кг) в почве		Z_c
	Свинец	Кадмий	
Контроль	39,0	0,2	16
1	195,0	2,2	16-32
2	374,0	0,2	16-32

Значение Z_c во всех вариантах опыта находилось в пределах от 16 до 32, что соответствует умеренно опасному загрязнению [1, 3]. Большая часть территории г.Рязани подвержена именно такому уровню загрязнения по показателю Z_c . В качестве опытных культур - фитомелиорантов рассматривались бархатцы «Кармен», бегония клубненосная, амарант «лисий хвост», четыре вида газонных злаков (райграс пастбищный, овсяница красная, костер безостый, мятлик луговой), поскольку эти декоративные растения чаще других используются для создания цветников и газонов в городах средней полосы России.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ТМ, находящиеся в почве оказывают неодинаковое влияние на изменение величины массы растений. Так, у бегонии клубненосной во всех вариантах обнаружены металлоустойчивые свойства. Растения внешне не реагировали на исследуемые дозы ТМ. У бархатцев «Кармен» и амаранта «лисий хвост» произошло увеличение массы по сравнению с контролем: в вар. 1 на 57% и 27 % соответственно; в вар. 2 – 12% и 63%. Данные результаты подтверждают литературные сведения о том, что некоторые соли свинца обладают стимулирующим действием на рост и развитие растений, причем конкретную роль данного металла в процессах метаболизма выявить достаточно сложно (табл.2).

Таблица 2. Масса растений, г сухого в-ва/сосуд

Вариант	Бегония клубненосная		Бархатцы «Кармен»		Амарант «лисий хвост»	
	Масса, г/сос.	Отклонение, %	Масса, г/сос.	Отклонение, %	Масса, г/сос.	Отклонение, %
Контроль	1,2±0,1	-	3,3±0,2	-	1,1±0,2	-
1	1,1±0,1	-	5,2±0,1	+57	1,4±0,1	+27
2	1,3±0,1	-	3,7±0,2	+12	1,8±0,2	+63

Проведен анализ содержания свинца в надземной и подземной частях растений по всем вариантам опыта (табл. 3).

Таблица 3. Содержание свинца в надземной части растений в опыте, мг/кг

Вариант	Бегония клубненосная		Бархатцы «Кармен»			Амарант «лисий хвост»		
	Свинец, мг/кг	Отклонение, мг %	Свинец мг/кг	Отклонение, мг %	Свинец, мг/кг	Отклонение, мг %		
Контроль	9,2±0,2	- -	8,0±0,1	- -	5,2±0,2	- -		
1	151,8±0,9	+142,6 +1550,0	8,3±0,1	+0,3 +3,8	29,3±0,3	+24,1 +463,5		
2	15,9±0,3	+6,7 +72,8	8,4±0,2	+0,4 +5,0	24,2±0,5	+19,0 +365,4		

В результате проведенных исследований установлено, что из трех видов декоративных растений бегония клубненосная и амарант «лисий хвост» обладают высокой способностью к поглощению из почвы свинца, выносу его из корнеобитаемого слоя. Причем в обоих случаях, при одновременном внесении в почву свинца и кадмия, усиливается поступление металла в надземную массу. Так, в вар. 1 у бегонии клубненосной отмечается большое отклонение от контрольного варианта (1550,0 %). При загрязнении почвы только свинцом (вар. 2) количество свинца в надземной массе увеличилось на 72,8 %. У амаранта «лисий хвост» получены аналогичные результаты: наибольшее количество свинца в надземной массе – в вар. 1 (отклонение на + 463,5 %), несколько ниже – в вар. 2 (+365,4 %). То есть в обоих случаях больше содержится свинца в надземной массе при одновременном загрязнении почвы и свинцом и кадмием. У бархатцев «Кармен» во всех вариантах опыта содержание свинца в надземной массе мало отличается от контроля.

По содержанию свинца в подземных органах исследуемые растения можно расположить в следующий ряд: бегония клубненосная, бархатцы «Кармен», амарант «лисий хвост» (табл.4).

Таблица 4. Содержание свинца в подземной части растений, мг/кг

Вариант	Бегония клубненосная		Бархатцы «Кармен»			Амарант «лисий хвост»		
	Свинец, мг/кг	Отклонение, мг %	Свинец мг/кг	Отклонение, мг %	Свинец, мг/кг	Отклонение, г %		
Контроль	3,9±0,3	- -	12,6±0,3	- -	34,0±0,1	- -		
1	173,5±0,6	+169,6 +4349,0	48,3±0,2	+35,7 +283,0	35,9±0,3	+1,9 +5,6		
2	129,5±0,8	+125,6 +3220,0	101,8±0,5	+89,2 +707,0	39,1±0,2	+5,1 +15,0		

Бегония клубненосная в 1 и 2 вариантах опыта имеет максимальное количество свинца в подземных органах по сравнению с другими растениями. Вероятно, это связано с особенностями анатомии и морфологии данного растения и накоплением свинца в подземном клубне. У бархатцев «Кармен» в подземных органах отмечается высокое содержание свинца во всех вариантах опыта 1- 48,3 мг/кг (+283,3 %), 2 - 101,8 мг/кг (+707,0 5). Такая разница в количественных значениях содержания свинца в надземной и подземной частях растений гово-

рит о хорошо развитом у бархатцев «Кармен» пороговом барьере между стеблем и корнем.

У амаранта «лисий хвост» увеличение свинца в подземных органах – незначительное. Обнаружено увеличение корневой массы у бархатцев «Кармен» – в вар. 1 (при совместном внесении свинца и кадмия) на 115,8 %, у амаранта «лисий хвост» – в вар. 2 (при внесении в почву свинца в количестве 50ДК) на 120,0 %.

Результаты эксперимента показали, что газонные злаки неодинаково реагируют на содержание свинца в почве. Было выявлено, что у костра безостого и райграса пастбищного происходит увеличение фитомассы при выращивании их на загрязненной почве. При этом значения коэффициента накопления (Кн), рассчитываемого как отношение содержания свинца в фитомассе растений к количеству загрязнителя в почве, достаточно небольшие, что подтверждает литературные данные о том, что к большему аккумулятивированию ТМ способны представители двудольных растений.

Из исследуемых видов газонных злаков к большему накоплению в своих органах свинца способны овсяница красная и костер безостый. Учитывая, что технология создания газонного покрытия предполагает каждые 10-15 дней «стрижку» злаков, необходимо производить обязательный вывоз срезанной фитомассы за пределы городской черты для утилизации.

Таким образом, на основе экспериментальных исследований установлено, что среди декоративных растений, используемых для озеленения городов, бегония клубненосная и амарант «лисий хвост» являются сильными аккумуляторами свинца из почвы, бархатцы «Кармен» в меньшей степени накапливают данный загрязнитель. У бегонии клубненосной и бархатцев «Кармен» больше накапливается свинца в подземной части растений, а у амаранта «лисий хвост», – в надземной. Перечисленные растения можно рекомендовать в качестве фитомелиорантов урбанизированных территорий.

В конце вегетационного периода также следует удалять декоративные цветы с клумб и цветников вместе с корневой системой с целью дальнейшей утилизации.

Литература

1. Методические указания для определения тяжелых металлов в почве и снежном покрове в городах - М.: Почвенный институт им.В.В.Докучаева, 1999. – 32 с.
2. Почва, город, экология / Под общей ред. акад. РАН Г.В.Добровольского. – М: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
3. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Под редакцией профессора А.Ф.Порядина и А.Д.Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский дом «Прибой», 1996. – 350 с.
4. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 203 с.
5. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.
6. Экогеохимия городских ландшафтов / Под редакцией Н.С.Касимова — М.:Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ СУХОЙ МАССЫ И НИТРАТОВ ЕЖОЙ СБОРНОЙ

В.Г. Головатый, д.с.-х.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Ежа сборная отличается высокой отзывчивостью на орошение и удобрения, а также приспособляемостью к условиям произрастания. Однако потенциальная продуктивность ежи сборной исследована недостаточно. В этой связи нами изучалось влияние влажности почвы, доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на продуктивность растений и переваримость сухого вещества.

В эксперименте ставились следующие задачи:

- установить количественные зависимости между исследуемыми факторами и продуктивностью ежи сборной;
- найти оптимальные сочетания влажности почвы, а также доз азотных, фосфорных и калийных удобрений для максимального накопления сухой наземной массы растениями;
- определить количественную связь между содержанием нитратов в сухом веществе растений и уровнями изучаемых факторов.

В качестве схемы опыта использовался план Рехтшафнера, который приведен в таблице 1, а значения и уровни факторов – в таблице 2.

Эксперимент с ежой сборной (сорт ВИК – 61) проводили в больших сосудах, вмещающих 60 кг почвы. В верхний слой (20 см) дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, содержащей фосфора – 16,9 мг, калия – 11 мг на 100 г почвы, $p_{H_{KCl}} - 5,4$, взятой с пахотного горизонта, вносили удобрения с поливной водой после каждого укуса: азот – в виде NH_4NO_3 , фосфор – NaH_2PO_4 , калий – KCl . Площадь сосудов – $0,11 \text{ м}^2$, что дает возможность, на наш взгляд, характеризовать этот опыт как мелкоделяночный. Влажность в сосудах поддерживалась путем взвешивания на специальных весах ежедневно. Повторность опыта – четырехкратная. В опыте имитировалось пастбищное использование травостоя, в связи с этим укусы проводили перед наступлением колошения у ежи сборной. Всего за вегетационный период проводили четыре – пять укусов.

По результатам опытных данных, приведенных в таблице 1, рассчитана зависимость между накоплением сухой массы ежой сборной и изучаемыми факторами (регрессия второго порядка):

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 34.19 + 4.31X_1 + 8.71X_2 + 1.88X_3 + 0.08X_4 - 1.80X_1^2 - 11.90X_2^2 - 4.58X_3^2 \\
 & + 0.22X_4^2 + 2.97X_1 * X_2 - 1.96X_1 * X_3 + 0.47X_1 * X_4 + 1.04X_2 * X_3 + 2.22X_2 * X_4 \\
 & + 2.02X_3 * X_4
 \end{aligned} \quad (1)$$

где Y_1 – сухая надземная масса (3 - й укус 2-го года жизни растений, г/сосуд); X_1 – влажность почвы; X_2 , X_3 и X_4 – дозы удобрений - азотные, фосфорные и калийные, соответственно. Факторы в модели 1 даны в относительных единицах (см. табл. 2). Коэффициент множественной корреляции равен 0,99.

Таблица 1. Накопление надземной сухой массы и нитратов ежи сборной

Варианты опыта	Влажность почвы (X ₁)	Азот (X ₂)	Фосфор (X ₃)	Калий (X ₄)	Сухая масса, г/сосуд	Нитраты, N-NO ₃ мкг/100 мг с.м.
1.	-1	-1	-1	-1	7.9	12
2.	1	0	0	0	36.7	168
3.	0	1	0	0	31.0	163
4.	0	0	1	0	31.5	155
5.	0	0	0	1	34.3	90
6.	-1	1	1	1	26.3	140
7.	1	-1	1	1	8.0	5
8.	1	1	-1	1	31.9	160
9.	1	1	1	-1	28.3	143
10.	-1	-1	1	1	8.3	5
11.	-1	1	-1	1	12.5	155
12.	-1	1	1	-1	18.6	128
13.	1	1	-1	-1	30.4	303
14.	1	-1	1	-1	7.3	5
15.	1	-1	-1	-1	6.2	5
НСР ₀₅					0.31	2

Таблица 2. Значения и уровни факторов

Уровни факторов	Влажность почвы, % НВ	Азот		Фосфор		Калий	
		мг/кг почвы	кг /га	мг /кг почвы	кг /га	мг /кг почвы	кг /га
1	80	104*	28	26	70	37	100
0	60	56	150	14	38	20	54
-1	80	8	20	2	6	3	8
Шаг	20	48	130	12	32	17	46

* Расчет удобрений под один укос

Результаты численных расчетов по модели 1, приведенные в таблице 3, показали, что влажность почвы оказывает значительное влияние на урожайность надземной сухой массы растений.

Так, если урожайность сухой массы при 40% влажности почвы принять за 100%, то повышение влажности почвы до 80% НВ при низкой дозе удобрений приводит к увеличению урожайности в 2,1раза, при среднем уровне NPK – на 31, высоком – на 29%. Полученные результаты свидетельствуют о способности ежи сборной удовлетворительно переносить умеренный недостаток влаги в

почве (40% НВ) при условии хорошей обеспеченности удобрениями. Так, при повышении уровня НРК от низкого до среднего при низкой влажности почвы накопление сухой массы увеличивается в 3,7 раза. Таким образом, удобрения в заметной мере нивелируют отрицательное воздействие дефицита влаги на продуктивность растений.

Таблица 3. Изменение продуктивности ежи сборной в зависимости от влажности почвы и доз НРК (г/сосуд)

Уровень НРК	Влажность почвы, % НВ				
	40	45	60	75	80
Низкий	7.93	11.43	14.04	15.75	16.55
Средний	28.08	31.58	34.19	35.90	36.70
Высокий	29.25	32.75	35.36	37.07	37.87

В целях определения наилучшего сочетания изучаемых факторов в данных условиях опыта для максимального накопления сухой массы ежи сборной, было проведено исследование поверхности отклика модели 1 методом «ридж-анализ». Результаты численного эксперимента, представленные в таблице 4, показывают, что значения исследуемых факторов при этом должны быть следующими: влажность почвы – 82% НВ, дозы удобрений: азот – 82, фосфор – 18 и калий – 46 мг/кг почвы. Такой уровень изучаемых факторов может обеспечить 43,7 г сухой массы на сосуд. Близкие значения уровней удобрений и влажности почвы были получены для ежи сборной в контролируемых условиях.

Таблица 4. Результаты исследования поверхности отклика модели (1) методом «ридж-анализ»

Радиусы опыта	Сухая масса, г/сосуд	Влажность почвы, % НВ	Содержание питательных веществ в почве, мг/кг почвы		
			Азот	Фосфор	Калий
2.0	43.72	82	85	18	46
1.5	41.79	79	81	17	37
1.0	39.80	75	77	16	28
0.5	37.65	67	70	15	22
0	34.10	60	56	14	20
0.5	26.68	58	32	13	21
1.0	13.47	59	8	13	22

Одним из показателей, определяющих кормовую ценность трав, является содержание нитратов в сухом веществе. При изучении потенциальной продуктивности кормовых растений, связанной с применением максимально возмож-

ных доз удобрений (порядка 500-1500 кг/га), возникает вопрос о влиянии минеральных удобрений на содержание окисленного азота.

Результаты исследований по содержанию нитратов в сухом веществе ежи сборной приведены в таблице 1. На их основании была рассчитана эколого-статистическая модель, отражающая зависимость накопления нитратов от изучаемых факторов. Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y_2 = 147.2 + 14.4X_1 + 82.2X_2 - 29.3X_3 - 22.6X_4 + 6.3X_1^2 - 66.9X_2^2 + 37.1X_3^2 - 34.4X_4^2 - 9.4X_1 * X_2 - 10.7X_1 * X_3 - 13.2X_1 * X_4 - 14.4X_2 * X_3 - 10.2X_2 * X_4 + 25.6X_3 * X_4 \quad (2)$$

где Y_2 – содержание нитратов в сухом веществе ежи сборной, мкг N-NO₃/100с.м.; X_1 – влажность почвы; X_2 , X_3 и X_4 – дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений, соответственно. Факторы в модели приведены в относительных единицах (табл. 2). Коэффициент множественной корреляции – 0,99.

Исследование поверхности отклика модели 2 с помощью «ридж-анализа», (табл. 5) показало, что высокое содержание нитратов (407 мкг N-NO₃/100 г с.м.) наблюдается при следующих уровнях изучаемых факторов: влажность почвы – 68% от НВ; азот – 79 мг/кг почвы; фосфор – ноль; калий – 12 мг/кг почвы.

Таблица 5. Результаты исследования поверхности отклика модели 2 методом «ридж-анализ»

Радиусы опыта	Нитраты, N-NO ₃ мкг/100 г с.м.	Влажность почвы, % НВ	Содержание питательных веществ в почве, мг/кг почвы		
			Азот	Фосфор	Калий
2.00	407	68	79	0	12
1.50	314	66	76	0	14
1.00	242	64	74	4	15
0.75	213	63	72	7	16
0.50	181	62	69	10	17
0	147	60	56	14	20
0.50	87	59	32	14	21
0.75	45	58	20	15	22

Представляет интерес также роль каждого из изучаемых факторов в накоплении нитратов ежой сборной. Численный эксперимент на модели 2, приведенный в таблице 6, показал, что с увеличением влажности почвы и доз азота происходит накопление окисленного азота в сухом веществе, в то время как усиление фосфорного и калийного питания приводит к прямо противоположным результатам - количество нитратов уменьшается.

Таблица 6. Влияние каждого из изучаемых факторов на накопление нитратов в еже сборной (мкг N-NO₃/100 г с.м.)

Изучаемые факторы	Уровни факторов				
	1	0.5	0	-0.5	-1
Влажность почвы	434	412	393	375	362
Дозы азота	414	409	370	298	193
Дозы фосфора	168	167	183	219	273
Дозы калия	263	328	377	408	423

Выводы

1. По результатам исследований установлено, что максимальное накопление сухой массы ежи сборной (43,7 г/сосуд) за один межуточный период наблюдается при следующих условиях: влажность почвы – 82% НВ, дозы удобрений: азот – 82, фосфор – 18 и калий – 46 мг/кг почвы.

2. Изучаемые факторы имеют разнонаправленное действие на накопление нитратов ежой сборной. Так усиление калийного и фосфорного питания приводит к снижению в сухом веществе нитратов, в то время как увеличение влажности почвы и доз азота, наоборот, приводит к накоплению окисленного азота в еже сборной.

УДК 631.4.631.6.

АДАПТИВНЫЙ КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ПОЛУПУСТЫННОЙ И ПУСТЫННОЙ ЗОН КАЛМЫКИИ

Э.Б. Дедова, к.с.-х.н., В.Ф. Шматкин, к.с.-х.н., С.И.Ковриго, к.с.-х.н.
КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия

Природно-климатические условия Калмыкии характеризуются рядом экстремальных экологических факторов – сильной засушливостью, низким почвенным плодородием, повышенной инсоляцией, суховейными ветрами. В связи с этим, стабильное развитие сельскохозяйственного производства возможно только при осуществлении комплексных мелиораций, одним из звеньев которой является орошение. Рациональное, в соответствии с особенностями природных условий, орошение способствует повышению эффективного плодородия почв за счет улучшения их водного, солевого и пищевого режимов. Однако при несоблюдении научнообоснованных технологий, орошение часто приводит к целому ряду негативных явлений, таких как подъем уровня грунтовых вод,

вторичное засоление и осолонцевание почв, подтопление и заболачивание обширных территорий.

Среди главных причин этих негативных явлений: высокий запас солей в зоне аэрации; бессточность большей части территории; комплексность почвенного покрова; ошибки при проектировании гидромелиоративных систем, в частности строительство большинства их них без дренажной сети; низкий уровень эксплуатации оросительно-обводнительных систем; отсутствие или недостаточное проведение специальных мелиоративных мероприятий (мелиорация солонцов, промывной режим орошения, химические и биологические мелиорации) как в начале освоения, так и в период эксплуатации орошаемых массивов [4].

Для поддержания стабильного уровня эффективного плодородия орошаемых земель и создания устойчивых орошаемых агроландшафтов необходимо своевременно прогнозировать возможную динамику мелиоративных режимов, главными из которых в аридных условиях являются водный и солевой. Одним из важнейших средств их регулирования и целенаправленного улучшения природной среды, воссоздания и повышения биологического потенциала деградированных земель является биологическая мелиорация, основанная на закономерностях адаптивной стратегии, использовании естественной средообразующей и средооптимизирующей функции растений, разной экологической специализации [3].

Мелиоративный эффект солеустойчивых сельскохозяйственных культур и галофитов на вторично засоленных орошаемых землях заключается в снижении уровня грунтовых вод, выносе солей надземной массой, обогащении почвы органическими веществами, повышении биологической активности почвы.

В целях более эффективного использования культур-мелиорантов в Калмыцком филиале ГНУ ВНИИГиМ на вторично засоленных землях в пустынной зоне республики проводятся агроэкологические испытания наиболее перспективных из них пырея солончакового и люцерны синегибридной.

Посев пырея солончакового проводили ранней весной сплошным рядовым способом, нормой высева семян 23...25 кг/га. Режим орошения поддерживали на уровне 75-80% НВ. Улучшение питательного режима засоленной почвы обеспечивали внесением азотно-фосфорных удобрений в дозе N110-130P60-90.

В результате исследований выявлена обратная корреляционная зависимость густоты стояния растений от содержания солей в метровом слое почвы (коэффициент корреляции $-0,96$). Так увеличение содержания солей на 0,1% приводит к снижению этого показателя на 7...12%. Формирование урожая надземной массы тесно связано с линейным ростом растений. Как показал анализ корреляционной связи, высота растений зависела от степени засоления и варьировала от 18 до 65 см. Увеличение засоления от 0,67 до 1,76 % вызывало уменьшение высоты растений на 40...43%. Урожайность сена варьировала от 6,3 до 38,5 т/га.

Наблюдения за динамикой солевого состава профиля бурой полупустынной почвы показали, что содержание токсичных солей в метровой толще почвы варьировало от 0,59 % до 1,206 %. Под влиянием орошения и возделывания

пырея солончакового происходит равномерное распределение катионов и анионов по почвенному профилю, что способствует снижению содержания токсичных солей до 46...67%.

Изучение солетолерантности пырея в тех же почвенно-климатических условиях показали, что растения сорта «Солончаковый» способны нормально продуцировать при уровне засоления метрового слоя почвы от 0,605 до 1,306 %. Увеличение засоления от 1,306 до 1,566 % отрицательно сказывается на продуктивности пырея (снижение урожая биомассы в 1,5 раза).

Проведенные исследования на вторично засоленных землях республики также позволили определить порог солетолерантности основной кормовой культуры - *люцерны синегибридной*. Допустимое содержание водорастворимых солей в метровом слое почвы (при котором обеспечивается продуктивность агроценоза на уровне 70...80 % от оптимума) составляет 0,5 %. При увеличении содержания солей от 0,522 до 0,723 % происходит снижение урожайности люцерны в 2,2...2,5 раза. А при засолении свыше 0,812 % происходит массовая гибель растений. По данным наших исследований на засоленных землях при орошении с урожайностью 11...15 т/га абсолютно сухого вещества данная культура выносит из почвы 220...460 кг/га токсичных солей, из них: натрия – 26...75, магния – 50...80, хлора – 80...150, сульфат иона – 65...160. После 3-х летнего возделывания люцерны, содержание гумуса в основной корнеобитаемой зоне (0...0,4м) бурой полупустынной среднесуглинистой почвы увеличилось на 0,32%, а в 100 см слое – на 0,14%. Накопление гумуса способствует увеличению водопропрочности почвенных агрегатов и улучшению водопроницаемости почвы корнеобитаемой зоны. Помимо того, люцерна своей мощной корневой системой перехватывает капиллярную воду и, тем самым, способствует снижению уровня грунтовых вод в течение года на 20...50 см.

В Калмыцком филиале ВНИИГиМ в условиях коллекционного питомника проводили агроэкологические исследования с целью подбора культур-освоителей засоленных орошаемых земель. Для испытаний было отобрано 19 нетрадиционных для Калмыкии культур: мята перечная, базилик камфорный, котовник кошачий, никандра физалисовидная, латук посевной, щавель конский, топинамбур, фенхель, хлопчатник, фасоль, пажитник сенной, амарант метельчатый, тимьян ползучий и др. Исследования проводили на зональных светло-каштановых среднесуглинистых солонцеватых почвах с хлоридно-сульфатным типом засоления и содержанием легкорастворимых солей в слое 0...0,7м 0,20...0,80% [1].

Наиболее пластичной культурой оказался топинамбур. Исследования по влиянию орошаемого топинамбура на агрохимические и агрофизические свойства почвы показали, что в течение одного вегетационного периода происходит опреснение корнеобитаемой зоны за счет вымывания вредных ионов (Cl-40%, Na –18%) и некоторое обогащение кальцием (на 6%). За год возделывания топинамбура в почве аккумулируется с поукосными и корневыми остатками 5,2...9,0 т/га органического вещества, что в пересчете на питательные элементы составляет – азота 42...72 кг, P₂O₅ – 11...19 кг, K₂O –53...91 кг. При возделывании топинамбура проведение основной и междурядных обработок способствует

рыхлению почвы в результате плотность в пахотном слое уменьшается с 1,42 до 1,29 г/см³, а порозность увеличивается с 44 до 48% [1].

На *рисовых системах* республики наиболее контрастно проявляются процессы заболачивания, вторичного засоления и осолонцевания. Для их предупреждения необходима действующая коллекторно-дренажная сеть, обеспечивающая за счет понижения уровня грунтовых вод и отвода дренажно-сбросного стока допустимое эколого-мелиоративное равновесие, а также проведение мероприятий по их капитальной промывке, химической мелиорации с внесением 3...15 т/га гипса и др[4].

Однако эти проблемы можно решить и методами биологической мелиорации. Для этих целей в ГУП ОПХ ВНИИГиМ «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия на рисовых полях с 1999 г. проводятся исследования по подбору высокорентабельных сопутствующих культур многоцелевого назначения и разработке технологий их возделывания. Одной из таких культур является горчица сарептская. В опытах на остаточной после риса продуктивной влаге (280...300 мм) изучали влияние ширины междурядий (30,45,60 см) и доз внесения минеральных удобрений. Высокая урожайность маслосемян (1,56...1,80 т/га) получена при внесении азотно-фосфорных удобрений в дозе N180 P120 и ширине междурядий - 30 см.

Выявлена средообразующая роль горчицы сарептской. Наблюдения за характером и степенью засоренности посевов показали, что всходы сорных растений (просо куриное, просо рисовое, клубнекамыш компактный, горец птичий, осот полевой и др.) в вариантах опыта с шириной междурядий 30 см угнетаются с опережающим развитием горчицы, и к уборке травостой ее практически свободен от примеси сорных растений.

Горчица сарептская усиливает биологическую активность почвы за счет корневых и пожнивных остатков, повышает доступность растениям риса основных элементов питания, улучшает их поглощение. В условиях полупустынной зоны Калмыкии она накапливает от 3,9...4,5 т/га сухого вещества надземной и 2,2...3,0 т/га корневой биомассы. Таким образом, горчица сарептская является хорошим предшественником для риса, повышая его продуктивность на 20...22%.

Кроме этого, в КФ ВНИИГиМ испытывались более 20 видов солевыносливых растений, принадлежащих преимущественно к семейству маревых. Они в естественных условиях произрастали на почвах с содержанием солей 1,8...3,0% и характеризовались четкой приуроченностью к различным типам засоления. В надземной массе галофитов содержалось от 7,6 до 14,1 % натрия, и 10,8...19,7 % хлора, 5,9...6,7 % магния. При поливе дренажно-сбросной водой хлоридно-натриевого состава с минерализацией 4,1...4,7 г/л оросительной нормы, рассчитанной на поддержание влажности почвы в основной корнеобитаемой зоне (0 ... 0,4 м) 70... 75 % НВ, что составило 2,5... 3 тыс. м³, за вегетационный период на поверхность почвы поступало 5...6 т/га вредных солей (Na, Cl, Mg). К концу сезона из почвы выносилось 5,5...6,5 т/га солей. Анализ показал, что при возделывании галофитов на засоленных почвах с использованием минерализованных дренажно-сбросных вод не только повышается их биологи-

ческая продуктивность, но и происходит вынос солей, привнесённых с водой и содержащихся в прикорневой зоне почвы [2].

Таким образом, мелиорирующий эффект растений фитомелиорантов следует рассматривать с позиции создания зональных севооборотов из культур-фитомелиорантов, способствующих улучшению эколого-мелиоративного состояния и повышению уровня плодородия почв, ресурсо- и водосбережению при минимальных затратах оросительной воды на производство единицы кормовой продукции.

Литература

1. Дедова Э.Б. Освоение засоленных земель и использованием топинамбура.- Автореферат дис. канд. с.-х. наук.- Москва.-2002.- с.25.
2. Руднева Л.В. «Возможность использования галофитов для утилизации коллекторно-дренажных вод». // Тезисы докладов. 3-й международный конгресс «Вода: экология и технология». - Москва, 1998. - с. 449.
3. Шамсутдинов З.Ш. Биологическая мелиорация сельскохозяйственных земель // Земледелие и рациональное природопользование – М. Изд-во Моск. ун-та, 1998, с.88-91.
4. Шматкин В.Ф. Эффект мелиорации. – Элиста, Калмиздат, 1978.-110с.

УДК631.95

МИГРАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА С ДРЕНИРОВАННОГО АГРОЛАНДШАФТА

Ю.П. Добрачев, д.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

К.Н. Евсенкин, к.т.н.

МФ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

К числу основных технологических факторов получения высоких урожаев, помимо внесения высоких доз минеральных удобрений, относятся факторы мелиорации, такие как орошение и осушение. Поскольку улучшение водного режима посевов путем орошения или осушения оказывает существенное влияние на величину вертикальных и латеральных водных потоков в почво-грунтах и объемы выноса вместе с ними растворимых биогенных веществ, исследование процессов переноса биогенных элементов с водными потоками в агроландшафте приобретает особое значение. Изучение этой проблемы связано с проведением комплексного исследования основных протекающих в агроландшафте процессов поступления, аккумуляции и миграции биогенных элементов и влияния на эти процессы факторов мелиорации с целью получения качественной и количественной оценки этого влияния на загрязнение окружающей среды.

Такие исследования проводили на водосборном участке (экополигон «Мещера»), расположенном на второй надпойменной террасе р. Оки, который является типичным элементом агроландшафта Мещерской низменности. Уча-

сток площадью 3000 га включает следующие элементы ландшафта: лес - 72,4%; пастбища - 6,0%; пашня - 18,6%; урбанизированная территория сельского типа - 3,0% и акватория - 0,1%. Весь поверхностный и подземный сток с агроландшафта перехватывается открытым коллектором, что позволяет измерить вынос различных загрязнителей с территории в водную систему р. Оки.

Поверхность участка представляет слабовыраженную равнину с уклоном 0,001. Основные почвы опытного участка - дерново-подзолистые, по гранулометрическому составу песчаные и супесчаные, сформированные на древнеаллювиальных песках. Мощность гумусового горизонта составляет 10-22 см. Пахотные земли дренируются закрытой и открытой сетью.

Исследования включали измерение поверхностного и дренажно-коллекторного стока, химический анализ грунтовых, дренажных и поверхностных вод. В течение вегетационного сезона проводили замеры расхода и химического состава воды на 4-х контрольных точках магистрального канала, перехватывающего сток с водосборного участка. Натурные и сценарные исследования позволили выявить закономерности миграции различных форм минерального азота в агроландшафте, получить динамические характеристики процессов вертикального и латерального переноса различных форм азота в агроландшафте.

Для определения скорости вертикальной миграции азота использовали трассерный метод исследования. Изучение миграции ионов Cl^- (как аналога нитратного азота) в почвенном горизонте с инфильтрационными потоками влаги проводили в лизиметрах, заряженных супесчаными почвами (глубина монолитов - 1,3 м). Передвижение ионов хлора с водным потоком в супесчаной почве составило в среднем 25,5 мм/мм инфильтрата. Установлено, что при инфильтрации 40 мм влаги в грунтовые воды (среднегодовые объемы грунтового питания составляют 120-160 мм) ионы хлора с поверхности почвы проникают на глубину свыше 1 м, что свидетельствует о возможности «вымывания» анионов из верхнего плодородного слоя почвы и их поступления с осенними осадками или при весеннем снеготаянии в грунтовые воды и дренажный сток.

Латеральный перенос различных форм минерального азота изучался путем наблюдения за содержанием азота в грунтовых водах, дренажном стоке и в водах магистрального канала. Динамика концентрации вещества в грунтовых водах и дренажном стоке позволяет оценить скорость латеральной миграции ионов и выявить закономерности выноса биогенных веществ с агроландшафта. На рисунке 1 представлена динамика содержания нитратного азота в грунтовых водах и дренажном стоке прилегающего к магистральному каналу участка пашни. Разница по времени между пиковыми значениями концентраций составляет около 6 месяцев. Аналогичная закономерность прослеживается в динамике содержания нитратного азота в водах магистрального канала. Полученные данные могут служить основанием для оценки латеральной скорости миграции нитратов.

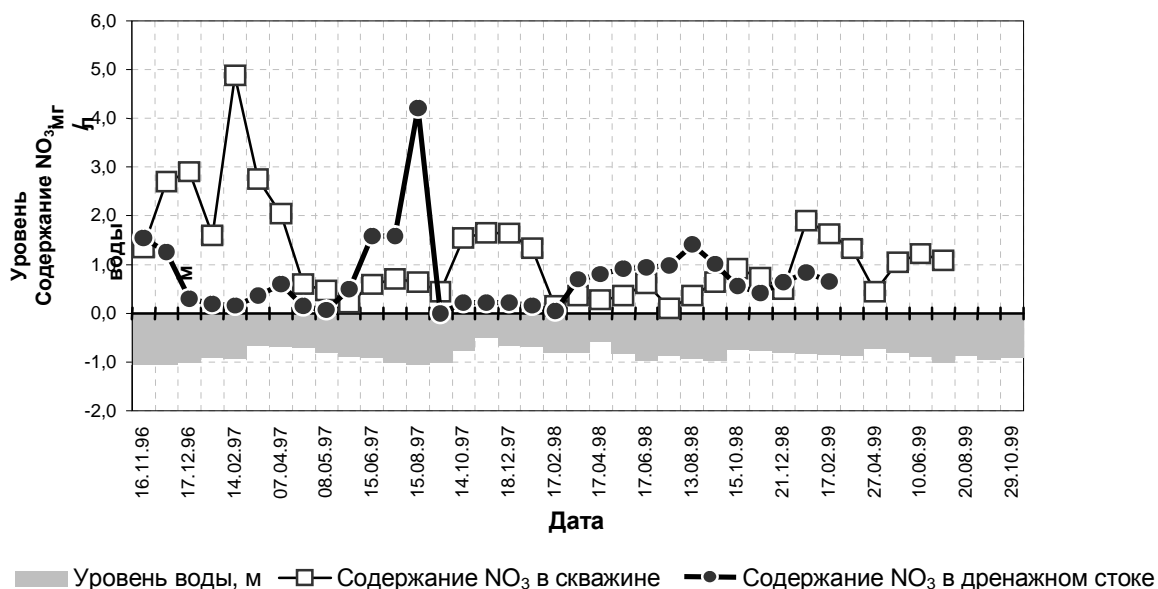


Рис. 1. Содержание нитратного азота в грунтовых водах и дренажном стоке (скважина №8, дрена 2-ДР-39)

Сопоставление динамики содержания нитратов и нитритов в дренажном стоке и в магистральном канале показывает, что динамика содержания азота в магистральном канале обусловлена поступлением воды из дренажной системы, а не с грунтовым питанием. Это подтверждается тем, что пиковые значения концентраций нитритов и нитратов в дренажном стоке совпадают с появлением пиковых значений этих ионов в воде магистрального канала. Анализ динамики содержания нитратного азота в грунтовых водах (за период 1995-2000гг.) по скважинам, расположенным на пахотных землях, позволяет предположить, что появление высоких концентраций в грунтовых водах и в дренажном стоке вызвано повышенным содержанием ионов NO_3^- в почвенном растворе в результате накопления азота в осенне-зимний период.

Оценка интегральной скорости перемещения нитратного азота в агроландшафте выполнена на основе анализа динамики внесения минеральных удобрений на пахотных землях и объемов выноса с агроландшафта общего минерального азота за период 1960-2000гг. (рис. 2).

Отмеченное «запаздывание» выноса минерального азота составляет 4-6 лет (при смещении кривой выноса на 5 лет вправо значение коэффициента корреляции возрастает до 0,85 против 0,67 при одновременном сравнении рядов). Аналогичные результаты получены в ландшафтно-агрогеохимических исследованиях баланса азота водосборной территории р. Сохны, занятой легкими почвами (В.Н. Башкин, 1987).

По результатам экспериментальных исследований было установлено, что скорость латерального переноса подвижных ионов (NO_2 , NO_3) на дренированной территории зависит от водно-физических характеристик почвогрунтов, степени дренированности территории, уровня грунтовых вод и интенсивности водного обмена агроландшафта.

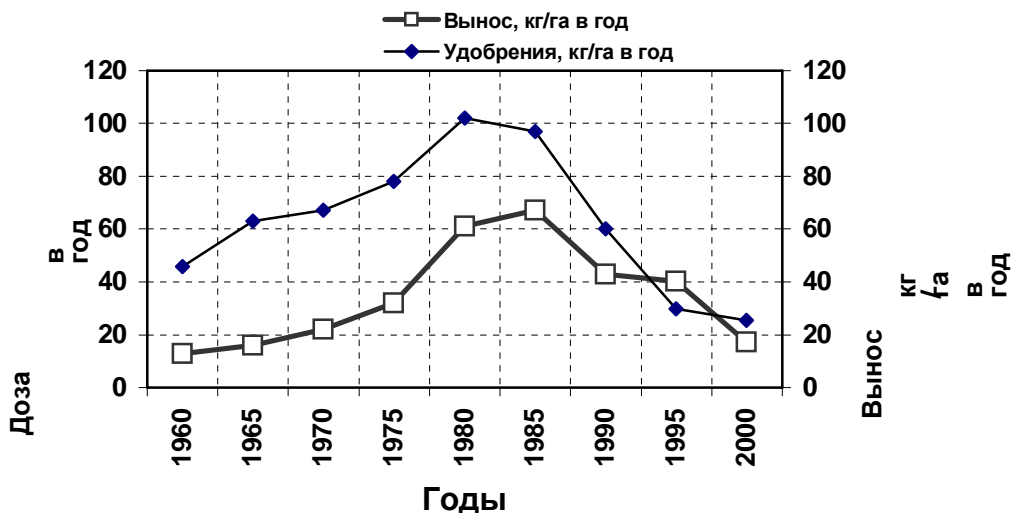


Рис. 2. Внесение азотных минеральных удобрений и вынос общего минерального азота с территории опытного полигона (расчеты произведены на 1 га пахотных земель)

Физико-химические аспекты процесса миграции аммонийного азота в почве и в грунтовых водах значительно более сложные. Из-за низкой подвижности данного катиона, обусловленной высокой адсорбционной способностью, оценить скорость его передвижения по пиковым концентрациям не представляется возможным.

Режимные наблюдения за динамикой уровня грунтовых вод (УГВ) и их качественным составом проводили в течение 1995-2000 гг. Анализ результатов наблюдений показал, что колебания УГВ по различным элементам агроландшафта имеют закономерный сезонный характер. Анализ многолетней динамики УГВ показывает, что для всех участков землепользования основные закономерности сезонной динамики сохраняются. Было установлено, что наиболее устойчивые динамические характеристики УГВ наблюдаются в скважинах, расположенных в центре большого по площади, однородного по типу растительности участка (лес), а также на дренируемых сельскохозяйственных угодьях.

Динамика содержания аммония, нитратов и нитритов в грунтовых водах дренированных, недренированных сельскохозяйственных угодий и дачных участков имеет схожие между собой тенденции сезонного изменения. Вместе с тем, по данным многолетних наблюдений установлено, что средние концентрации содержания минерального азота (по скважинам) существенно зависят от вида землепользования. Наибольшая средняя концентрация аммония отмечена в скважине, расположенной на дачных участках (6,86...10,96 мг/л). Это связано с тем, что основной формой удобрений, применяемых на дачных участках, является органическое вещество (навоз) и аммоний, высвобождающийся в процессе его минерализации в значительных количествах, мигрирует с инфильтрационным водным потоком. Динамика содержания аммонийного и нитратного

азота по годам исследования показывает, что концентрация нитратного азота в дренажном стоке снижается во времени, а аммонийного - в среднем остается на постоянном уровне. Такая динамика, по нашему предположению, обусловлена вносимыми ранее (до 1992 г.) высокими дозами минеральных удобрений.

Наибольшая концентрация нитритов отмечена в грунтовых водах скважины, расположенной в лесу (0,064...0,34 мг/л). Вероятно, это связано с тем, что почва леса содержит незначительное количество органического вещества (содержание гумуса составляет 0,5-0,7%) и, соответственно, имеет бедную почвенную микрофлору, неспособную обеспечить быстрое окисление до нитратной формы аммония и нитритов, попадающих в почву при минерализации подстилки. При этом нитриты достаточно подвижны и в заметных количествах достигают уровня грунтовых вод.

В грунтовых водах на дачных участках и недренированной пашне отмечена наиболее высокая концентрация нитратов (2,16...8,61 мг/л). Это обусловлено как внесением высоких доз органических и минеральных удобрений, так и накоплением нитратов в грунтовых водах (за счет более низкой скорости латерального потока грунтовых вод по сравнению с осушаемыми закрытым дренажем участками). Таким образом, варьирование концентрации различных форм минерального азота в дренажном стоке и в грунтовых водах в значительной мере связано с интенсивностью водного обмена фаций, видом землепользования, временем года, а также типом почв и наличием дренажа.

Средние величины выноса азотсодержащих веществ с сельскохозяйственных угодий за период вегетации (1995-1999 гг.) составляют 23,9 кг/га (в соотношении 13,7 кг/га – нитратов, 1,6 кг/га – нитритов и 8,6 кг/га – аммония). При этом наибольшее количество биогенных веществ выносятся с осушаемых торфяников и садово-огородных участков, расположенных вдоль магистрального канала, и минимальное – с песчаных почв соснового леса. Многолетние балансовые расчеты (1995-1999) показали, что, независимо от величины выпадающих осадков (основного фактора, определяющего эмиссионный сток), наблюдается снижение доли выносимого в поверхностные воды минерального азота, образующегося и поступающего в почвенный покров водосборной территории. Это явление мы связываем, в первую очередь, с увеличением способности агроландшафта к трансформации и аккумуляции биогенных веществ, а во вторую – со снижением содержания азота во всей толще грунтовых вод. Это вызвано продолжительным снижением антропогенной нагрузки и, как следствие, общим оздоровлением ландшафта.

Интенсификация технологии выращивания сельскохозяйственных культур, связанная с орошением и осушением на фоне высоких доз минеральных удобрений, приводит к увеличению выноса биогенных элементов. Так, сценарные расчеты показали, что с увеличением инфильтрационных водных потоков в грунтовые воды увеличивается вынос вносимых азотных минеральных удобрений на 30 % и более.

Таким образом, по результатам многолетних комплексных мониторинговых наблюдений за состоянием грунтовых вод, дренажным и поверхностным стоком установлено, что вынос минерального азота с агроландшафта имеет се-

зонный характер и зависит от уровня антропогенной (сельскохозяйственной, мелиоративной) нагрузки (доз вносимых удобрений, орошения и осушения, частоты механической обработки почвы) и величины выпадающих осадков. Взаимодействие и взаимное влияние этих факторов способствует появлению в водоприемнике пиковых концентраций, превышающих ПДК, в том числе для нитритов - в 5...15 раз и для аммония - в 4...10 раз.

Установлено, что для типичного агроландшафта южной части Мещеры, представляющего собой территорию с дерново-подзолистыми супесчаными почвами и невысокой долей сельскохозяйственных угодий, снижение антропогенной нагрузки до допустимого уровня обеспечит самовосстановление аккумуляющей способности почв через 8-10 лет.

УДК 631.6:577.4

КОМПЛЕКСЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО САНАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

А.В. Ильинский, к.с.-х.н.

МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Л.В. Кирейчева, д.т.н., О.Б. Хохлова, к.с.-х.н., В.М. Яшин, к.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) относится к химическому типу загрязнения, опасность которого заключается в нарушении естественных механизмов обмена вещества и потоков энергии. Многочисленные исследования и производственные оценки [1] показывают, что практически почвы всех типов характеризуются загрязненностью тяжелыми металлами. Они занимают главенствующее положение в обобщенном рейтинге наиболее опасных загрязнителей в агроэкосистемах [2]. Территории с высокими концентрациями ТМ приурочены к зонам промышленных источников в эмиссии городских агломераций и автомагистралей с интенсивным движением. Повышенными уровнями загрязненности характеризуются сельскохозяйственные земли, на которых в качестве удобрений использовались осадки сточных вод, а также почвы, орошаемые в течение длительного периода сточными водами. Дополнительными источниками поступления ТМ являются агрохимикаты в широком спектре применения в агротехнологиях, а также органические удобрения.

Техногенное загрязнение агроценозов тяжелыми металлами приводит к снижению их устойчивости, плодородия, развитию деградационных процессов и ухудшению качества сельскохозяйственной продукции. Для предотвращения деградации почв, загрязненных или потенциально подверженных загрязнению ТМ, необходимо проведение специальных мероприятий, которые можно свести к двум группам – профилактические и реабилитационные.

Профилактические мероприятия предназначены для предотвращения загрязнения сельскохозяйственных земель и должны базироваться на совершенствовании технологий производства, создании замкнутых технологических схем, разработке экологически ориентированных агротехнологий, а также на

регламентировании и контроле качества удобрений и мелиорантов, вносимых в почву.

Реабилитационные мероприятия применяются для ликвидации последствий уже сложившегося загрязнения и являются мероприятиями по санации почвы.

Под санацией почвы понимается система методов и приемов, приводящих к уменьшению токсического действия ТМ или снижению содержания их в почве до фонового уровня. При оценке различных способов санации загрязненных ТМ почв необходимо учитывать три критерия: способ должен быть экологически безопасным, технологически эффективным и экономически рентабельным.

Для уменьшения или ликвидации техногенного загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами следует использовать физические, химические, биологические и комплексные методы мелиорации почв, применение которых позволит:

- оптимизировать водный режим почв, снизить подвижность токсикантов;
- довести реакцию среды до оптимального уровня, при котором подвижные соединения тяжелых металлов переходят в недоступную для сельскохозяйственных культур форму;
- сократить поступление тяжелых металлов в выращиваемые растения с помощью элементов-антагонистов;
- создать искусственные биогеохимические барьеры с помощью фитомелиорации и химмелиорантов, обеспечивающие снижение концентрации в почве подвижных форм тяжелых металлов.

Санацию почв можно проводить методами очистки и детоксикации. Первая группа методов основана на извлечении ТМ из почвы.

Очистка почв от ТМ - совокупность приемов, методов, направленных на создание в загрязненных почвах условий, способствующих и приводящих к уменьшению концентрации ТМ или доводящих их содержание в почве до фонового уровня. Она может производиться путем промывок, извлечения ТМ из почвы с помощью растений (фитомелиорация), удаления верхнего загрязненного слоя (рекультивация) и иными способами.

Второе направление в санации почвы – детоксикация.

Детоксикация почв от ТМ - совокупность приемов, методов, приводящих к ослаблению или полному освобождению от токсического действия ТМ, а также создание в почвах благоприятных условий для ее самоочищения. Проводится путем применения агромелиоративных приемов (глубокая вспашка, рыхление, щелевание и т.д.), внесения органических и минеральных удобрений, сорбент-мелиорантов, а также микроорганизмов, переводящих ТМ в недоступные для растений формы. Рекомендуемая система мероприятий по очистке и детоксикации загрязненных почв от ТМ представлена в таблице 1.

Предложенная система предназначена для выбора на предварительном этапе методов санации сельскохозяйственных земель, позволяющих ликвидировать загрязнение почв ТМ или перевести земли в более низкую категорию загрязненности.

Таблица 1. Система мероприятий по ликвидации и предупреждению загрязнения тяжелыми металлами сельскохозяйственных земель

Степень загрязнения почв	Методы санации почвы	Приемы санации почвы
1. Чрезвычайно опасная	1.1. Физическая очистка	1. Изъятие загрязненной почвы и внесение чистого грунта.
	1.2. Химическая очистка	1. Промывка почвы водой, минеральными кислотами, фульвокислотами, растворами комплексообразователей; 2. Промывной режим орошения; 3. Изменение рН почвенного раствора.



Степень загрязнения почв	Методы санации почвы	Приемы санации почвы
2. Высоко опасная	2.1. Физическая детоксикация	Агромелиоративные приемы: глубокая вспашка, рыхление, щелевание, кротование с одновременным внесением химмелиорантов.
	2.2. Химическая детоксикация	1. Внесение органических удобрений: торф, сапропель, навоз и смесей на их основе; 2. Внесение сорбентмелиорантов: СОРБЭКС, карбонатный сапропель, сапролен и др.; 3. Известкование почвы; 4. Внесение фосфорных удобрений; 5. Изменение рН почвенного раствора.



Степень загрязнения почв	Методы санации почвы	Приемы санации почвы
3. Умеренно опасная	3.1. Биологическая очистка	1. Фитомелиорация; 2. Фитомелиоративные севообороты.
	3.2. Биологическая детоксикация	Биоремедиация: внесение в почву микроорганизмов, переводящих ТМ в формы, недоступные для растений.

На практике наибольшим распространением пользуются земли с допустимым и умеренным уровнями загрязнения почв. Как правило, это земли, подвергающиеся воздействию рассеянных источников (аэрогенные, гидрогенные и др.), регулирование качества которых не представляется возможным. В этих условиях необходимо проведение мероприятий по предупреждению (профилактике) загрязнения почв. Наиболее перспективными являются методы, приводящие к компенсирующим результатам. В зависимости от уровня загрязненности почв из биологического кругооборота выводятся загрязнители в количестве, равном или несколько превышающем их поступление в агробиоценозы.

Разработка этих методов является актуальной и длительно действующей задачей.

ВНИИГиМ проводит исследования по разработке способов очистки и детоксикации черноземов Рязанской области, загрязненных тяжелыми металлами. Выщелоченные и оподзоленные черноземы являются наиболее плодородными почвами Рязанской области, они широко распространены в ее южной и центральной частях и занимают 800 тыс. га пашни, по сравнению с другими почвами, характеризуются более высоким естественным плодородием. В результате техногенной нагрузки на агроландшафт черноземы аккумулируют ТМ, что приводит к загрязнению и химической деградации почвенного покрова, ухудшению качества растениеводческой продукции. Приоритетными загрязнителями являются медь, цинк, свинец и кадмий.

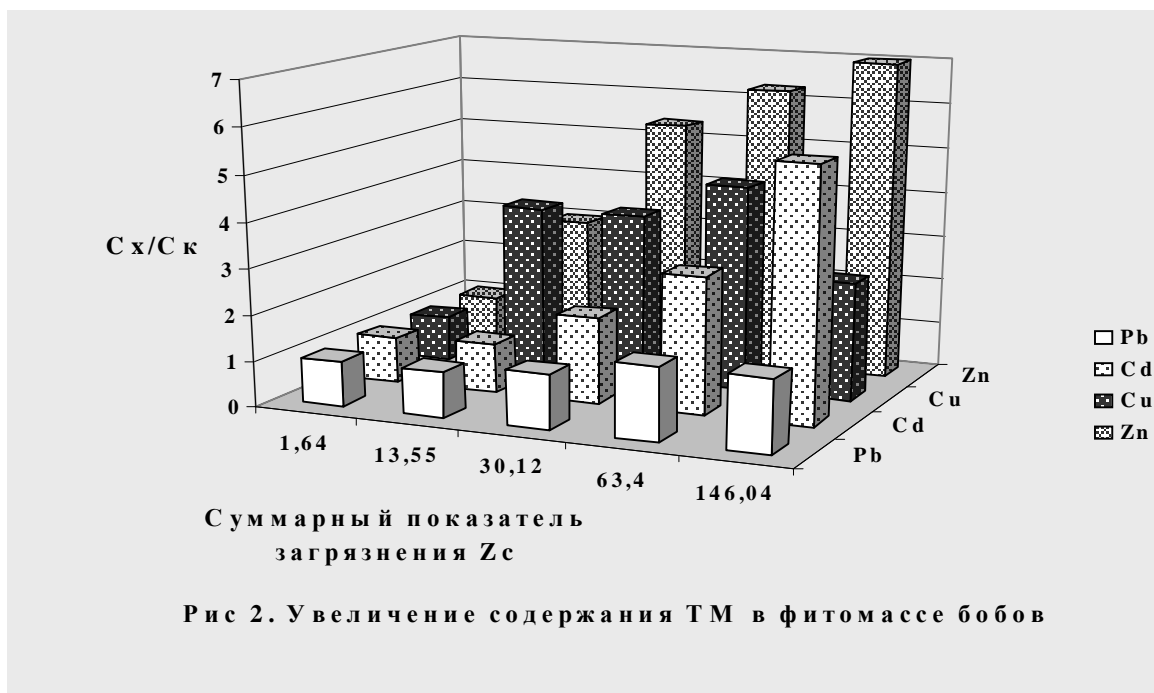
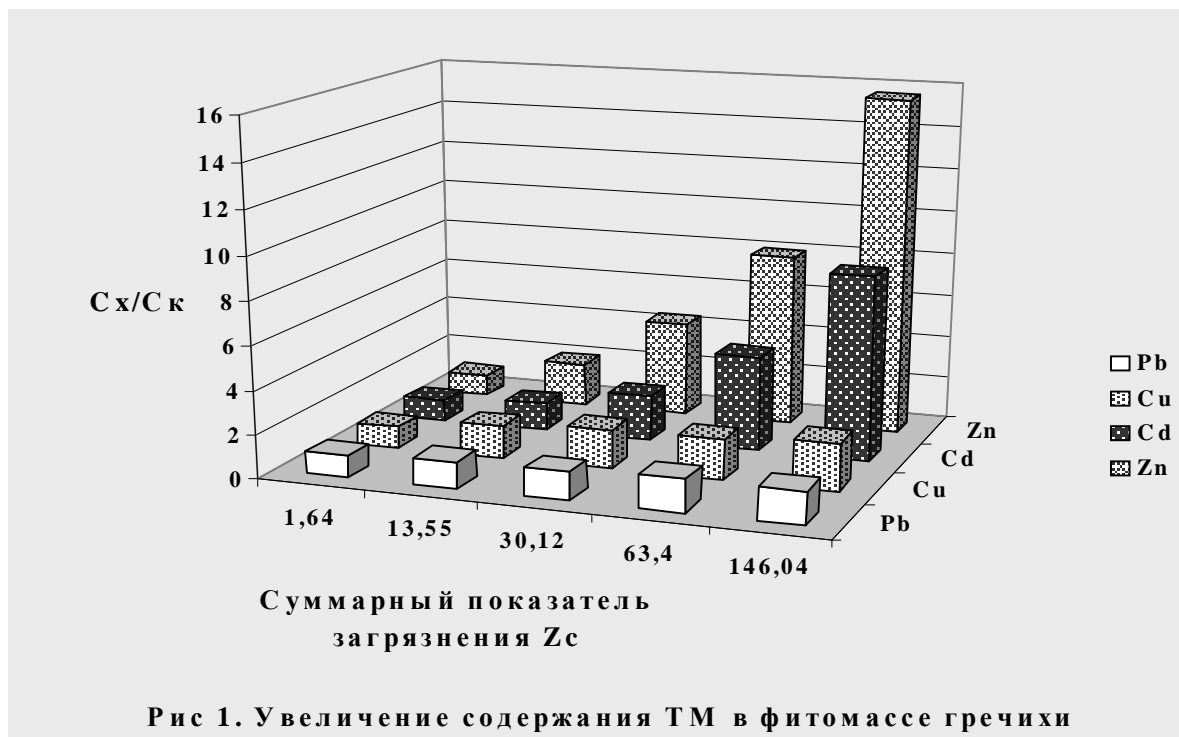
Полевые и лабораторные исследования проводятся в двух направлениях:

- подбор культур-фитомелиорантов для выноса ТМ из почвы;
- иммобилизация ТМ в почве путем внесения мелиорантов с повышенной сорбционной способностью для получения экологически чистой продукции;

По литературным данным нами было выявлено, что наиболее толерантными сельскохозяйственными культурами, способными накапливать в фитомассе высокие концентрации меди, цинка, свинца и кадмия, являются: овес, гречиха, свекла, бобовые и др. [2,5,6].

В рамках первого направления с целью установления закономерностей перехода ТМ из почвы в растения в зависимости от суммарного загрязнения почвы были проведены исследования в вегетационных сосудах с культурами-фитомелиорантами (гречихой и черными бобами) на оподзоленном черноземе: $\text{PH}_{\text{KCl}} - 5,1$; содержание гумуса 5,7 %; P_2O_5 23,5 мг/100 г; K_2O 19,2 мг/100 г. Было смоделировано 4 категории загрязнения почвы (от допустимой до чрезвычайно опасной), которые обосновывались по суммарному показателю загрязнения. Почва искусственно загрязнялась тяжелыми металлами путем добавления химически чистых воднорастворимых солей. Для вегетационных опытов были использованы следующие химически чистые соли: $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$; CdSO_4 , повторность 4-х кратная. Определение ТМ в фитомассе выполнено методом атомно-абсорбционной спектрометрии [7]. В течение вегетационного периода оптимальное увлажнение почвы (0,65 ППВ) поддерживалось поливами по массе сосудов [8].

Анализ полученных данных показывает, что бобовые культуры более толерантны к действию ТМ, чем гречиха, так как они могут получать питательные элементы за счет клубеньковых бактерий. В фитомассе указанных культур было определено содержание меди, цинка, свинца и кадмия. Увеличение содержания металлов в фитомассе гречихи и бобов по сравнению с контролем представлено на диаграммах (рис.1 и 2). Полученные данные о накоплении ТМ в фитомассе растений позволяют сделать вывод о том, что гречиха интенсивнее, чем бобы аккумулирует свинец и кадмий, а бобы, в свою очередь, интенсивнее аккумулируют медь и цинк.



Вынос ТМ фитомелиорантами при умеренно опасной степени загрязнения почв составил для гречихи: в сумме по Cu, Zn, Pb и Cd – 436г/га, для бобов 1340 г/га. Вынос бобами Cu, Zn, Pb заметно выше, чем гречихой, что необходимо учитывать в выборе культуры-фитомелиоранта для селективной очистки почвы от конкретного металла.

Таким образом, при умеренно опасной степени загрязнения оподзоленных и выщелоченных черноземов, возможно использовать биологическую очи-

стку с применением культур-фитомелиорантов - гречихи, русских черных бобов. Это обеспечивает отрицательный баланс ТМ в почве (вынос превышает поступление в 1,2-3,7 раза).

В рамках исследований по иммобилизации ТМ в почве и снижения поступления их в сельскохозяйственные растения выполнены вегетационные и полевые опыты, в которых оценивалось влияние сорбент-мелиорантов (СОРБЭКС, сапропель, удобрительно-мелиорирующая смесь на основе сапропеля) на поступление ТМ в растениеводческую продукцию. Высокая перспективность применения СОРБЭКСа для указанных целей в производственных опытах показана ранее для условий закрытого грунта в теплицах МСХА [9] и почв Тверской области [10].

Для проведения опыта в вегетационных сосудах в качестве тестовой культуры был выбран овес, поскольку он способен накапливать высокие концентрации поллютантов и получил широкое распространение в хозяйствах Рязанской области. Установлено, что применение СОРБЭКС из расчета 3,3 кг/м² способствовало повышению фитомассы овса на всех вариантах опыта более чем в 2 раза, наибольший эффект от использования СОРБЭКС достигается при высоко опасной степени загрязнения почвы ТМ. Внесение сорбент-мелиоранта в загрязненную почву позволило снизить потребление ТМ фитомассой овса: Cu – 2,8; Zn - 2,6; Pb – в 1,2 раза.

Для оценки эффективности применения карбонатного сапропеля и удобрительно-мелиорирующей смеси (УМС) на его основе была проведена производственная проверка, цель которой заключалась в изучении влияния сорбент-мелиорантов на агрохимические свойства чернозема, урожайность и экологическое состояние растениеводческой продукции. Натурные исследования проводили на оросительной системе «Мескино» АОЗТ «Малинищи» Пронского района Рязанской области в 2002-2003 гг. Чернозем оподзоленный глинистый, мощность гумусового горизонта 50-60 см; содержание гумуса 5,8 %; рН_{KCl} - 5,1; P₂O₅ 12,5 мг/100 г; K₂O - 12,2 мг/100 г. Гранулометрический состав почвенного профиля преимущественно глинистый, глины легкие, по содержанию частиц <0,01 мм граничат с тяжелыми суглинками.

Сапропели формируют коллоидную структуру в почве, повышают ее влагоемкость, способствуют закреплению биогенных элементов. Характерная особенность сапропелей – постепенная и длительная минерализация гумуса, что способствует получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Минералы илистой фракции сапропелей обладают высокой активностью и большой поглотительной способностью (ЕКО до 100 – 190 мг-экв/100 г).

Удобрительно-мелиорирующая смесь (УМС) приготавливалась на основе карбонатного сапропеля оз. Неро и верхового торфа. Для активизации почвенной микрофлоры в УМС вносилась композиция почвенных эффективных микроорганизмов (ЭМ-культура) типа «ЭМ-НИВА-1». Она наиболее активно воздействует на процессы трансформации гумуса сапропелей при ферментативной стадии. Композиции УМС и УМС+ЭМ-культура характеризуются соответственно содержанием: азота общего (%) – 0,8 и 3,0; подвижного калия (мг/100г) – 3,2 и 3,9; органического углерода (мг/100г) – 13 и 18.

Полевой опыт был заложен в 2003 г на делянках площадью 20 м² в 5-ти кратной повторности в двух вариантах – внесение сапропеля и внесение УМС. В качестве контроля принимался существующий агрофон в хозяйстве. Сапропель вносили поверхностно на делянки из расчета 10 т/га (т.е. 1 кг/м²) при влажности вещества не выше 7% после выполнения необходимых агротехнических работ. Доза внесения сапропеля составляла 1 кг/м², что было обосновано расчетами и подтверждено ранее проведенными исследованиями [9,10]. Подкормку ЭМ-культурой [11] проводили путем мульчирования почвы ЭМ-компостом, который вносили в бороздки из расчета 10 кг компоста на делянку (0,5 кг/м²) и засыпали почвой.

Результаты полевых опытов в хозяйстве «Малинищи» (общий вид участка показан на фото 1) показывают (табл. 2), что при использовании мелиорантов в почве восстанавливается баланс минеральных элементов, снижается кислотность, увеличивается ЕКО почвы и сумма поглощенных оснований, повышается содержание гумуса, что благоприятно сказалось на урожае и качестве растениеводческой продукции.



Фото 1. Общий вид опытного участка. Культура - вико-овсяная смесь

Таблица 2. Агрохимические свойства оподзоленного чернозема на опытном участке

Вариант	рН	Нг	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		ммоль/100 г		мг/100 г почвы		
Контроль	5,1	7,41	30,0	12,5	12,2	5,8
Сапропель	5,7	2,11	42,0	11,2	11,3	6,0
УМС	5,7	2,31	39,8	13,1	12,8	6,2
НСР ₀₅	0,21	0,35	2,0	1,1	2,1	0,2

Примечание: Нг - гидролитическая кислотность, S - сумма поглощенных оснований

При внесении сапропеля и удобрительно-мелиорирующей смеси урожайность однолетних трав увеличилась на 29% и 34% соответственно (табл. 3). Применение сапропеля из расчета 1,0 кг/м² позволило снизить потребление ТМ фитомассой однолетних трав: Cu – на 12%; Pb – на 37%; Cd – на 34%, при использовании удобрительно-мелиорирующей смеси произошло снижение ТМ в фитомассе однолетних трав: Pb – на 6%; Cd – на 15%.

Таблица 3. Урожайность однолетних трав в вариантах опыта

Вариант	Вика + овес, зеленая масса, ц/га						Прибавка	
	Повторность						ц/га	% к контролю
	1	2	3	4	5	Среднее		
Контроль	400	410	420	410	430	410	-	-
Сапропель	490	500	530	580	560	530	120	29
УМС	560	530	540	550	560	550	140	34

$$HCP_{05} = 20 \text{ ц/га}$$

Таким образом, внесение сорбент-мелиорантов в загрязненную почву позволяет не только снизить поступление ТМ в растениеводческую продукцию, улучшить агрохимические свойства деградированных черноземов, но и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

Для почв с умеренно опасной степенью загрязнения рекомендуется в состав севооборота включать культуры-фитомелиоранты. На оподзоленных и выщелоченных черноземах в качестве таких культур рекомендуется в состав севооборота использовать бобовые культуры и гречиху (не менее 30% насыщения севооборота бобовыми). Данное мероприятие при существующем ежегодном поступлении Cu, Zn, Pb, Cd в количестве 357 мг/га в год позволит в составе предложенного севооборота ежегодно выносить около 570 г/га ТМ.

В условиях высоко опасной степени загрязнения для получения экологически безопасной продукции и улучшения свойств черноземов рекомендуется применять химическую детоксикацию с использованием сорбент-мелиорантов (СОРБЭКС, сапропель, УМС). При существующем загрязнении оподзоленных и выщелоченных черноземов рекомендуется вносить один раз в 3-4 года не менее 10 т/га удобрительно-мелиорирующей смеси на основе карбонатного сапропеля с добавлением торфа и обработкой ЭМ-культурой, что позволит получать экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию. Предложенная технология позволит повысить урожайность до 800 корм.ед./га и увеличить вынос ТМ фитомелиорантами до 201 г/га, что существенно улучшит экологическую обстановку в регионе.

Литература

1. Сычев В.Г. Агроэкологическая характеристика сельскохозяйственных угодий Российской Федерации по данным локального мониторинга на реперных участках //Проблемы техноген-

- ного воздействия на агропромышленный комплекс и реабилитации загрязненных территорий. Сб. мат. научн. сессии Россельхозакадемии, М., 2003, с.155-164.
2. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. Учебное. – М.: Агроконсалт, 2002, 200 с.
 3. Карпухин А.Н., Бушуев Н.Н. Влияние различных вариантов сельскохозяйственного использования дерново-подзолистых и серых лесных почв на состояние тяжелых металлов в почвах // Тр. междунар. научн. конф. «Современные проблемы загрязнения почв» М., 2004, с.218-219.
 4. Родионова Л.П., Дмитриева Н.В., Мамонтов В.Г., Потапова Н.В. Поступление меди и цинка в растения при различных уровнях содержания их в почве // Тр. междунар. научной конф. Современные проблемы загрязнения почв, М., 2004, с. 81-83.
 5. Гусева Т.М. Оценка изменения экологического состояния ландшафта Окского бассейна под влиянием антропогенных нагрузок: Автореф. дисс. к.с.х.н. – Рязань, 2001.
 6. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение / Под общ. ред. М.М. Овчаренко. – М.: 1997. – 289 с.
 7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
 8. Практикум по агрохимии / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
 9. Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Нгуен Суан Хай Детоксикация закрытого грунта // Земледелие № 4, 1995, с. 27-28.
 10. Нгуен Суан Хай. Мелиорация и восстановление плодородия деградированных почв: Автореф. тдисс. д.с.х.н. М., 2003.
 11. ЭМ–технология – надежда планеты. – М., 2001. – 32 с.

УДК 502.654

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ

В.П. Максименко, к.с.-х.н.
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

При антропогенном и природном воздействиях постоянно происходит уплотнение корнеобитаемого слоя почвы. Разуплотнение его достигается различными обработками: пахотой с оборотом и без оборота пласта, чизелеванием, глубоким периодическим рыхлением на глубину до 1,2 м.

Регулирование минерального питания растений осуществляется дифференцированным внесением минеральных удобрений по фазам развития культуры.

В настоящее время выпускаются удобрения практически мгновенного действия, особенно азотсодержащие, которые не оказывают прямого воздействия на структуру почвы, ее водно-физические свойства.

Большая часть сельскохозяйственных угодий на территории РФ испытывает недостаток или неустойчивое обеспечение атмосферными осадками. Это усиливается еще и тем, что значительная часть атмосферных осадков при их интенсивном выпадении не аккумулируется в почве в виде продуктивных влагозапасов, а стекает в понижения, водоемы и водотоки. Водный дефицит компенсируется оросительными мелиорациями. При производстве растениеводче-

ской продукции все эти технологические операции сопряжены с существенными энергетическими затратами, ежегодное повторение которых неизбежно.

Работы по повышению устойчивости структуры почвы и созданию комплексных медленно действующих удобрений были начаты еще в начале прошлого столетия. Применяются различные химические мелиоранты, удобрения-мелиоранты, которые в комплексе с агротехническими мероприятиями способствуют повышению плодородия почв и урожайности возделываемых культур. Большое внимание уделяется получению и практическому применению различных искусственных структурообразователей, с помощью которых не только изменяется структура почвы, но и активизируется развитие растений, что приводит к увеличению их урожайности.

Разработка технологий эффективного экологически безопасного применения удобрений-мелиорантов комплексного действия с медленным (многолетним) высвобождением основных элементов минерального питания и прямого действия на структуру почвы, ее аэрированность и водоудерживающую способность становится задачей сегодняшнего дня.

Эффективным мероприятием регулирования экологического равновесия в системе «почва-вода-растение» может быть способ, основанный на создании почвенных субстратов с полимерными веществами.

Исследования по использованию высокомолекулярных пенопластов для целей улучшения и повышения плодородия почв начаты в 40-50 гг. XX века в Германии. Применялись мочевиноформальдегидный (МФП), полиуретановый и другие пенопласты [1]. Известны сложные медленно действующие удобрения, полученные на основе мочевиноформальдегидных смол [2, 3] и защищенные патентами SU 1063801, 1983 г., или SU 1726467, 1992 г., или US 4174957, 1979 г. и др.

Определенный интерес представляет удобрение, полученное путем вспенивания карбамидоформальдегидной смолы и имеющее следующие характеристики: содержание азота общего - 13...43 %, размеры частиц от 210 мк до 2,5 мм, влажность - менее 4 % от массы, рН - 5...7, плотность - менее 640,7 кг/м³ (FR 2058303, 1971).

Состав и физико-химические свойства мочевиноформальдегидных соединений во многом зависят от условий конденсации, прежде всего, от температуры и рН раствора. В кислой среде образуется монометилмочевина $\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{OH}$, которая, выделяя воду, связывается мочевиной в метиленимочевину, с нарастанием при дальнейшем взаимодействии метилен мочевиновых групп.

Мочевиноформальдегид - труднорастворимое азотное удобрение. Содержание общего азота в карбидформе - 37...40%, из них водно-растворимого только 4...10%. Азот удобрения не вымывается из почвы и не выносится на поверхность почвы с восходящими токами влаги, но по мере разложения хорошо используется растениями. Поэтому мочевиноформальдегидные удобрения перспективны для районов с избыточным увлажнением и на орошаемых землях, а также при внесении больших доз азотных удобрений, так как обеспечивают не-

высокие концентрации азота в почвенном растворе и остаются источником удобрения в течение длительного времени [2].

Общими недостатками существующих удобрений является высокая плотность субстрата при незначительной степени пористости, повышенном содержании вымываемого формальдегида, низкой влагоемкости и сорбционной способности к токсикантам, низкой биостимуляцией; отсутствие информации о влиянии мочевиноформальдегидного (карбамидоформальдегидного) пенопласта на поступление в растения тяжелых металлов и, в целом, на качество продукции. Не были рассмотрены вопросы биологизации процессов формирования плодородия почв при применении высокомолекулярных полимеров путем направленного использования положительных свойств самого растения, т.е. с позиций адаптивно-ландшафтного земледелия.

В России зарегистрировано вещество "Униполимер-М", используемое как сорбент-поглотитель при локализации нефтяных загрязнений и обладающее близкими характеристиками, приведенными выше, и рядом свойств, использование которых при мелиорации почв в различных почвенно-климатических зонах страны могло бы обеспечить значительный экономический эффект (RU 2191068 С1, 2001 г.).

Под руководством Л.Д. Нагорного (ООО "Газстройинвест") группой специалистов, включая и сотрудников ВНИИГиМ, создано удобрение-аэрант "МЕНОМ". За аналог был взят "Униполимер-М". В состав высокомолекулярного полимера входят следующие компоненты: карбамидоформальдегидная смола (КФМТ-15 по ГОСТ 14231 или ТУ 6-06-12-88), растительный дубильный экстракт коры хвойных пород (по ГОСТ 17-122-77 или ТУ 17-06-18-77), ортофосфорная и соляная кислота в качестве кислотного катализатора отверждения (по ГОСТ 6562-80 или ТУ 2142-002-002-9450-96), поверхностно-активные вещества (ПАВ) – алкилбензолсульфо кислота (АБСФК) по ТУ 2481-036-04689375-95 и органические композиции.

Получено комплексное удобрение в виде поропласта, которое функционально может использоваться как аэрант, сорбент, биостимулятор и комплексный мелиорант с содержанием азота – до 34,2 %; доступных для растений в первый год внесения мелиоранта: азота – до 0,28, фосфора – до 0,41, калия – 0,0018, магния – 0,005 %. В состав полимера могут включаться различные поверхностно-активные вещества, микробиологические и органические добавки и штаммы. Дополнительно удобрение может содержать микроэлементы: бор, железо, марганец, медь, цинк, молибден и др.

Плотность поропласта при влажности 8,3 % от массы не превышает 22,4 кг/м³. При содержании открытых пор 85-92 % он аккумулирует в себе доступную для растений влагу - до 2500-3000 % от массы.

"МЕНОМ" относится к группе мало горючих материалов, применение которого возможно через 8-10 дней после изготовления и сушки. Может выпускаться в виде гранул, крошки, матов и в других необходимых формах.

При механическом смешивании размолотого поропласта с почвой возможно создание субстрата с заданными водно-физическими и агрохимическими параметрами.

В 2003 г. были начаты исследования по разработке технологии применения нового мелиоранта комплексного длительного действия при возделывании различных сельскохозяйственных культур в основных почвенно-климатических зонах России: в Рязанской и Волгоградской областях и Республике Калмыкия.

В Рязанской области исследования проводились на базе Мещерского филиала ВНИИГиМ д.с.-х.н. Мажайским и аспирантом Деевым С.Ю. на супесчаных подзолистых почвах. Были заложены вегетационные лабораторные опыты с томатами двух сортов и полевые деляночные – с морковью. Эксперимент включал пять вариантов в 3-х кратной повторности с дозами внесения исследуемого удобрения: вариант I – 1/5, вариант II – 1/10, вариант III – 1/20 от объема сосуда или от объема мелиорируемого слоя почвы в полевом опыте; IV вариант - агроперлит и V вариант - контроль.

Полевой опыт включал один вариант со смесью удобрения-аэранта с торфом (вариант IV).

Параллельно были заложены рекогносцировочные эксперименты с томатами по изучению влияния способа внесения мелиоранта в почву, в которых устанавливалось действие его на растение в виде мелиоративного слоя на глубине 0,05 м (вар. Ia) и смеси удобрения-аэранта с торфом в соотношении 1:1 дозой 1/10 (вар. IIIa).

Проведенные вегетационные опыты показали, что формирование и развитие биологической массы, а также корневой системы томатов интенсивнее всего происходит в почвенных субстратах с исследуемым удобрением-аэрантом. Наибольший эффект при смешивании почвы с мелиорантом достигнут в варианте с дозой мелиоранта 1/5 - прирост биологической массы томатов к контролю составил 52 %. В смеси с торфом в дозах 1/10 накопление биологической массы увеличилось до 182 %. Визуальная оценка в начальный период развития растений этого варианта представлена на фото 1. К концу вегетационного периода наибольшее накопление биологической массы зафиксировано в варианте с мелиоративным слоем из удобрения-аэранта и составило 212 % к контролю.



Фото 1. Развитие растений томатов в варианте со смесью почвы, торфа и мелиоранта

В полевом эксперименте наибольшая урожайность моркови наблюдалась в III и IV вариантах и была больше в сравнении с контрольным вариантом, соответственно на 54 и 68 %.

Полученная продукция была проанализирована на пищевое качество. Результаты показали, что содержание в ней токсичных элементов (цинк, медь, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть) и нитратов значительно меньше предельно допустимых норм (ПДН). Содержание в моркови каротина – высокое по отношению к контролю и установленным нормам. Содержание тяжелых металлов в томатах и моркови незначительное.

В Калмыцком филиале ВНИИГиМ исследования проводились М.П. Чапановой на зональных бурых полупустынных засоленных почвах с использованием многолетнего злака - пырея солончакового.

Воздействие удобрения-азранта "МЕНОМ" оценивали по интенсивности накопления биологической массы пырея солончакового. Опыты проводили с солонцеватой бурой полупустынной почвой, отобранной на орошаемых полях в СПК «Первомайский» п. Адык Черноземельского р-на Калмыкии. Содержание солей в пахотном слое составляло более 1 % от массы почвы. Опыты заложены в четырех вариантах в 4-кратной повторности: I – контроль, без полимера, II – доза полимера 1/2,5; III - 1/5 и IV - 1/10 объемных частей (числитель доза мелиоранта, знаменатель - объем почвы). Минеральные и органические удобрения не вносили. В течение вегетации пырея солончакового поливы проводили на всех вариантах при предполивной влажности почвы 75 % НВ. В серии этих опытов было установлено, что наибольший эффект достигается при дозе внесения мелиоранта в соотношении 1/2,5. Накопление биологической массы достигло 1,24 т/га за один укос, что по сравнению с контролем больше в 1,4 раза. Минимальные затраты азота на единицу продукции получены в варианте с дозой мелиоранта 1/5.

Систематический контроль за динамикой расходования влаги из почвы показал, что с увеличением дозы мелиоранта увеличивается межполивной период. Изменения межполивного периода в сторону увеличения по сравнению с контролем достигали пяти суток в варианте с наибольшей дозой внесения удобрения-азранта, что позволяет считать целесообразным применение мелиоранта для сбережения водных и энергетических ресурсов при существенном росте продуктивности травостоев пырея солончакового как кормовой культуры.

В Волгоградской области исследования проводили на базе Волгоградского комплексного отдела ВНИИГиМ (д.с.-х.н. В.В. Бородычев) на светлокаштановых почвах при внутрипочвенном орошении сахарной кукурузы. Анализ полученной продукции показал, что она также соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

Предварительный анализ результатов экспериментальных исследований показал, что удобрение-азрант «МЕНОМ» способствует уменьшению доз вносимых минеральных удобрений, восстановлению и повышению плодородия почв, повышению водоудерживающей способности почвы, снижению поступлений в растения токсичных веществ (получена высококачественная экологи-

чески чистая продукция), повышению эффективности использования водных, энергетических и материальных ресурсов.

Необходимы дальнейшие исследования по установлению продолжительности эффективного действия мелиоранта на продуктивность посевов, качество продукции и формирование плодородия почв.

Литература

1. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы / Перевод с немецкого и предисловие Н.Г. Ракипова. - М.: Колос, 1982. - 158 с.
2. Агрохимия / Под редакцией акад. В.М. Ключковского и проф. А.В. Петербургского. - М.: Колос, 1964. - 527 с. - (Учебники и учеб. пособия для высших с.-х. учеб. заведений).
3. Агрохимия/ Под ред. Б.А. Ягодина. - М.: Колос, 1982. - 574 с., ил. - (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

УДК 631.61:631.67

БИМЕЛИОРАЦИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

В.Ю. Павлов, аспирант, Ю.С. Пунинский, к.с.-х.н.
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Биомелиорация городского ландшафта - система мероприятий по повышению плодородия городской почвы путём создания в ней биологически активной регулирующей прослойки, коренного улучшения водно-физических, агрохимических и биологических свойств корнеобитаемого слоя, получения качественных и долговечных зелёных насаждений, повышения экологической безопасности городского ландшафта в целом.

Городские почвы или почвогрунты, нуждающиеся в биомелиорации, сформированы на полностью искусственных грунтах и имеют созданный человеком поверхностный слой мощностью до 50 см из насыпных и перемешанных грунтов с большим количеством антропогенных включений. В основном они имеют нейтральную или даже слабощелочную реакцию почвенного раствора, преобладание кальция в составе суммы поглощённых оснований, окарбончатость, содержание подвижного фосфора достигает 5-150 мг/100г почвы, подвижного калия- до 40 мг/100 г почвы.

Биомелиорацию деградированных городских земель нельзя рассматривать как единовременное мероприятие. Продолжительность реабилитации определяется интенсивностью применяемых агробиомелиоративных приёмов и характеристикой естественных факторов почвообразования, причем основой для разработки комплексной программы биомелиорации должны служить данные изысканий, определяющих состояние почвогрунта и урбаноценоза в целом, характер его деградации, и функций, которые выполняет конкретная территория в рамках городского ландшафта.

Оптимальная величина показателей состояния городской почвы зависит от того, какому из элементов урболандшафта она соответствует. Оптимальными являются следующие показатели:

- для газона каменистость менее 25, содержание частиц размером менее 0,01 мм- 20-40%, мощность плодородного слоя не менее 25 см, содержание гумуса 3-4%, рН_{водн.} 6,5-8, плотность сложения 1,2-1,3, фитотоксичность 1,1-1,3;

- для сквера: каменистость менее 15, содержание частиц размером менее 0,01 мм- 10-30%, мощность плодородного слоя 30-75 см, содержание гумуса 2-3% (для промзоны до 4%), рН_{водн.} 5,5-7,5 (для промзоны до 8), плотность сложения 1,15-1,2 (для промзоны величина этого показателя 1,25-1,3), фитотоксичность 1,1-1,3;

- для парка: каменистость менее 10, содержание частиц размером менее 0,01 мм- 10-40%, мощность плодородного слоя не менее 10-75 см, содержание гумуса 2-3%, рН_{водн.} 5,6-6,5, плотность сложения 0,8-1,1, фитотоксичность менее 1. Допустимая величина радиоактивного излучения на селитебных территориях не более 20 мкР/ч, на землях общего пользования- 20-25 мкР/ч.

В городских условиях при перемещении грунтов происходит уничтожение почвенного слоя, при запечатывании и захламлении поверхности теряется его плодородие. При деградации растительности, переуплотнении корнеобитаемого слоя, эрозии, подтоплении, а также в силу других причин происходит истощение и нарушение органофилия и сокращение биоразнообразия. В урбаноценозах образуется большое количество растительных остатков, прежде всего в виде листового опада древесных пород, как правило, собираемого и вывозимого с территории. Это является одной из причин ухудшения гумусового состояния городских почвогрунтов, гибели микроорганизмов и омертвления почвы, сокращения пригодных для посадок площадей. Внесение экогрунта (удобрительной смеси на основе торфа), применяемого коммунальными службами, ресурсо- и энергозатратно. Одним из возможных, менее затратных, путей решения проблемы является использование местных ресурсов, в частности образующихся в городской черте растительных остатков.

Эффективность применения растительных остатков зависит от наличия собранной листвы, пригодной к утилизации в городской черте, и отдаленности места сбора от территории, подлежащей окультуриванию. При благоприятном месторасположении процесс представляет собой одновременно и утилизацию листвы и улучшение деградированного почвогрунта. Растительная биомасса собирается в пластиковые мешки для мусора и доставляется в сборник, где подвергается предварительной сортировке. При непосредственном внесении растительных остатков в почву они сортируются вблизи от окультуриваемого участка.

Растительные остатки вносят в почву в осенний период, когда активность комплекса перерабатывающих её микроорганизмов и почвенных беспозвоночных (дождевых червей) ещё достаточно велика для создания полуразложившейся негумифицированной органики, в качестве пищевого субстрата для искусственно внесённых на следующий год в почву азотфиксирующих бактерий (конец сентября - октябрь). Неразложившиеся растительные остатки весной будут служить пищей для возобновивших свою активную деятельность дождевых червей. Внесение растительных остатков проводят умеренными дозами,

укладывая их слоем 5-7 см, с последующей заделкой в почву на глубину 8-10 см.

Роль дождевых червей в восстановлении почвенного плодородия на первом этапе окультуривания незаменима. Они участвуют в разложении поступающих в почву растительных остатков, являющихся в дальнейшем источником питательных элементов для растений. В процессе своей жизнедеятельности черви участвуют в формировании водопрочной структуры, обеспечивающей благоприятный водно-воздушный режим для корневой системы растений и почвенной биоты. Система механической обработки не может полностью воссоздать почвенную структуру так, как эту роль выполняют природные агенты - корни растений и представители почвенной фауны, улучшающие и микробиологическую характеристику почвы, очищая её от патогенных бактерий.

Разлагаясь под действием бактерий и дождевых червей, растительный субстрат частично преобразуется в гумус и впоследствии стабилизируется в почве, участвуя в создании гумусового слоя; причем большая его часть служит пищевым углеродсодержащим субстратом для микроорганизмов и источником пищи для почвенной мезофауны (в том числе и дождевых червей), обеспечивая возобновление и активизацию биологических процессов, необходимых для воссоздания полноценного почвенного слоя.

На следующем этапе для полноценного восстановления деградированных почв и почвогрунтов производят посев культур освоителей, представляющих собой злаково-бобовую травосмесь. Перед посевом семена инокулируют штаммами азотфиксирующих микроорганизмов и обрабатывают стимуляторами роста растений. Азотфиксаторы (клубеньковые и ассоциативные) обогащают почву поглощаемым из воздуха азотом, улучшают биологическую активность почвы, способствуют защищённости растений от болезнетворных агентов, стимулируют их рост, увеличение корневой массы. Деятельность микроорганизмов приводит к увеличению поступления в почву органического углерода и азота, её постепенному разуплотнению и восстановлению структуры, что в свою очередь способствует воссозданию полноценного, богатого перегноем гумусового горизонта; достижению достаточного уровня численности биоты и активности в целом биологических процессов; установлению благоприятного водно-воздушного режима для заданных показателей состояния почвогрунта в зависимости от функций восстанавливаемого урбоценоза в урболандшафте; кроме того, дернина обеспечивает надежную защиту поверхности грунта от водной и ветровой эрозии.

Для успешной жизнедеятельности почвенной биоты и благоприятного роста растений необходимо обеспечить хорошую аэрированность почвы, повысить её воздухоёмкость. Для ускорения долгосрочных природных методов разуплотнения за счёт корневой системы растений и деятельности почвенных беспозвоночных, рекомендуется проводить механическое разуплотнение почвы. Кроме того, желательно создание на окультуриваемых почвогрунтах нейтральной или близкой к таковой реакции почвенного раствора в диапазоне 4,5-8,5. На почвах рекомендуется проводить известкование или гипсование, что способствует улучшению структуры, стабилизации гумусового состояния почв,

усилению азотфиксации, снижению подвижных форм алюминия, железа и марганца, оказывающих токсичное воздействие на растения, увеличению доступности для растений фосфора, азота и микроэлементов. Поступающий при этом в почву кальций улучшает жизнедеятельность дождевых червей, увеличивает их численность. При подщелачивании почв вносят минеральные удобрения и сорбенты, оказывающие подкисляющее действие на почву.

Деятельность азотфиксаторов при биомелиорации - основной источник обеспечения азотом. Однако для улучшения процесса азотфиксации на начальном этапе возникает необходимость во внесении стартовой дозы минеральных азотных удобрений (50-60 кг д.в. на га), сокращающей дефицит содержания азота в почве в связи с активным его потреблением почвенной биотой (микроорганизмами и дождевыми червями).

Необходимые для жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов микроэлементы, в частности бор и молибден, входящий в каталитическую систему фермента нитрогеназы, вносят с семенами в виде микроудобрений.

Одним из важнейших факторов, воздействующих на жизнедеятельность почвенной биоты и процессы азотфиксации, является поддержание в почве оптимальной влажности. Максимальное накопление биологического азота для большинства типов почв осуществляется при 60-70% от полной влагоёмкости почвы, при приближении её значений к полной влагоёмкости азотфиксация прекращается, при недостатке влаги в почве азотфиксация замедляется вплоть до полной гибели азотфиксирующих микроорганизмов. Дождевым червям также необходим определённый минимум влажности, если почва пересыхает, их активность прекращается и численность снижается.

Положительное влияние биомелиорации с эффективным использованием пожнивных растительных остатков для интенсификации процесса азотфиксации и создания благоприятных условий жизнедеятельности в почве популяции дождевых червей наблюдается при использовании в качестве покровной культуры многолетних трав, как за счёт обильного поступления органики, так и за счёт необходимости в механической обработке почвы.

На восстанавливаемых землях с использованием биомелиорации требуется проведение ряда предварительных культуртехнических мероприятий: ликвидация свалок и общего захламливания поверхности с последующим поддержанием санитарного состояния и уборкой территории; удаление камней, корней, древесных остатков из почвенной толщи; планировка рельефа (при механическом перемещении грунта и уничтожении плодородного слоя на месте размещения в будущем природоохранных и рекреационных земель); засыпка эрозионных форм рельефа; террасирование (при сложном рельефе); организация водосборов; разуплотнение почв и поверхностная обработка с целью ликвидации сорной растительности. Для нормализации гранулометрического состава почвы возможно проведение глинования или пескования.

При переувлажнении и подтоплении восстанавливаемые деградированные почвы осушаются проведением дренажных работ и очисткой сточных вод. Допустимый уровень грунтовых вод на городских землях составляет: для лесопарков и скверов в жилых районах - 3-4 м; для газонов в жилтестной зоне - не

менее 1 м; на землях общего пользования для газонов - не меньше 3 м; для скверов - 4-5 м.

При очень сильном загрязнении тяжелыми металлами и другими канцерогенными токсикантами гумусовый слой почвы должен быть заменён. Необходимо вынесение источников загрязнения с селитебных территорий, отвод и очищение стоков. В почву вносят сорбенты, нефтеразлагающие микроорганизмы с последующим посевом на загрязнённых площадях растений (например, крестоцветных), способных вытягивать из почвы соли тяжёлых металлов и радионуклиды, с последующим отчуждением и захоронением растительной биомассы в установленном порядке. При заражении почвы патогенной микрофлорой проводится обеззараживание и санация территории или замена поверхностного слоя. В дальнейшем ликвидация патогенных бактерий происходит естественным путём за счёт нормализации естественных биологических механизмов в почве.

Комплексное воздействие на почву агробиомероприятий, объединенных в единую систему, обеспечивает использование природных механизмов восстановления почв, позволяет выработать оптимальные сроки и параметры воздействия различных видов мелиорации, эффективно управлять мелиоративными режимами на биомелиорированных городских землях.

УДК 631.61:63167

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ АГРОЛАНДШАФТОВ

Ю.С.Пунинский, к.с.-х.н., В.Ю.Пунинский
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Проблема повышения эффективности орошаемого земледелия на современном этапе развития мелиоративной науки непосредственно связана с применением научно обоснованных схем рационального природопользования и высоких технологий экологически безопасного производства сельскохозяйственной продукции. Эта задача во многом решается при разработке и применении информационных технологий, математических моделей и имитационных схем, отображающих реальные процессы формирования урожая и воспроизводства плодородия почвы. Однако компьютеризированные технологии управления мелиоративными режимами на орошаемых землях не в состоянии учитывать весь многофакторный комплекс динамически изменяющихся показателей, характеризующих рост и развитие растений, свойства почв, питательный режим, погодные условия, недостатки в конструкции оросительной системы и поливной техники, экологическую обстановку.

Сложность моделирования мелиоративного режима при комплексной мелиорации заключается во взаимосвязанности и пространственно-временной конкретности динамических процессов в системе почва – растение - атмосфера. Существующие мелиоративные системы не позволяют своевременно реагировать на участвовавшие экстремальные изменения погодных условий, антропо-

генных нагрузок и экономических условий в сельскохозяйственном производстве.

Совокупность принципов, методов и форм управления режимами комплексных мелиораций должна быть направлена на возможность управления продуктивностью агробиоценоза в конкретных природно-экономических условиях на базе модульных блоков наработанных моделей агробиоценоза, оросительной сети, почвенных процессов, продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Гибкий технологический комплекс управления предусматривает при этом возможность создания сложной системы из практически неограниченного числа автономных модулей, способных решать только одну-две задачи или выполнять ограниченное число функций.

Концептуальный подход к разработке методов и технологий окультуривания и восстановления плодородия почв, учитывающего применение научно обоснованных севооборотов, учет взаимосвязи агротехнических и биомелиоративных мероприятий с региональной специализацией сельскохозяйственного производства, получением требуемого объема и качества сельскохозяйственной продукции, уровнем плодородия почвы и стабильностью всей агроэкосистемы можно представить в виде обобщенной морфологической схемы факторов формирования урожая и сохранения экологически безопасной обстановки в регионе, представленной на рисунке 1.

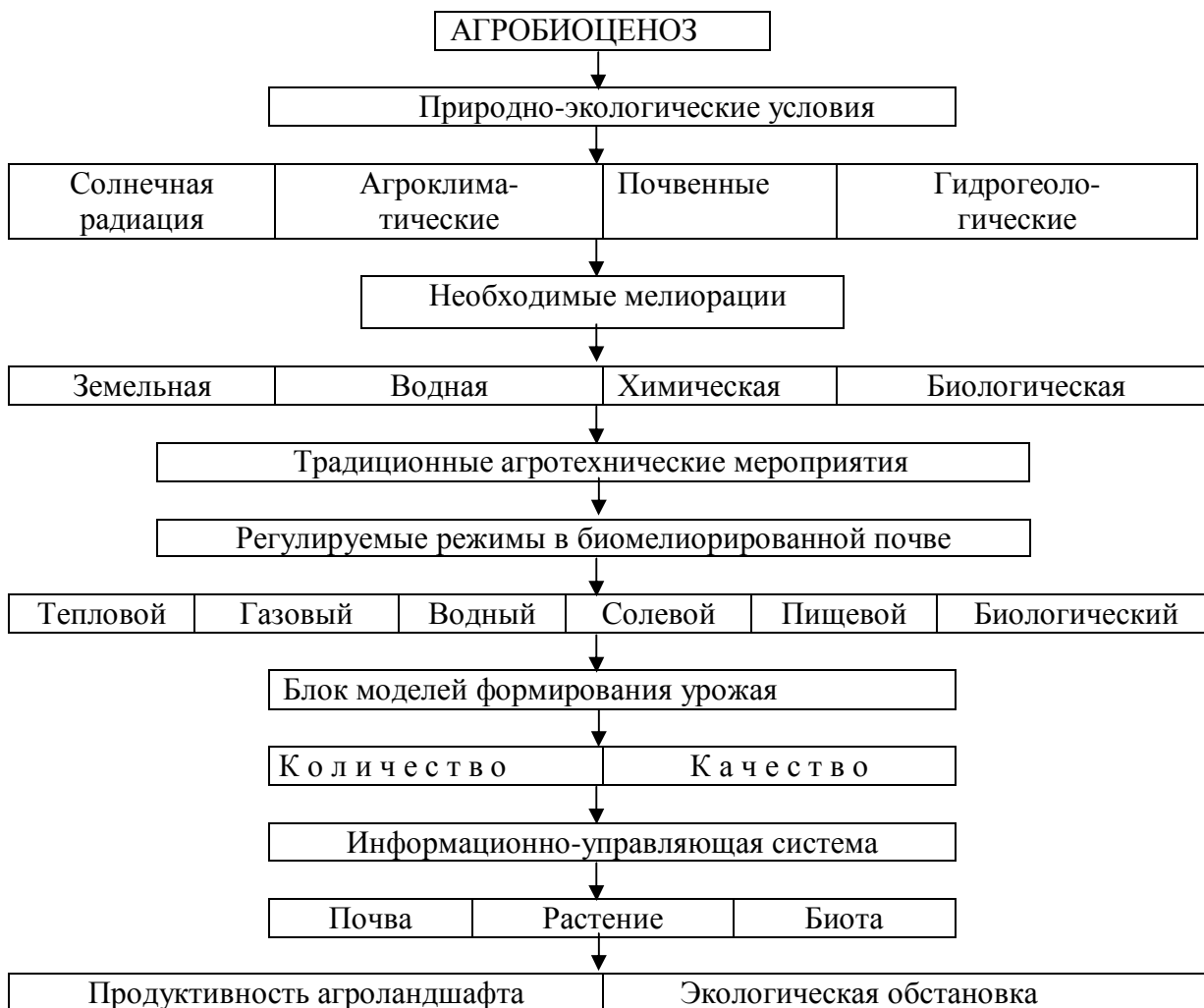


Рис.1 Морфологическая схема управления мелиоративными режимами

На этой основе возможно управление водно-воздушным, питательным и солевым режимами в системе «почва - растение – атмосфера» для более полной реализации биологического потенциала растений и почвенных микроорганизмов, достижения эффекта синергизма, создание системы управления плодородием почв и продуктивностью агроландшафтов.

Основные условия, необходимые для роста и развития растений и почвенной биоты, - тепло, свет, воздух, питание, гранулометрический состав почвы и ее плодородие. Все эти факторы одинаково необходимы и выполняют определенные функции в обеспечении роста продуктивности биомелиорируемых агроландшафтов и в сохранении их экологической устойчивости.

Ведение экологически безопасного землепользования с сохранением ресурсовоспроизводящих и средообразующих свойств агроландшафтов, в значительной степени, зависит от эффективности и своевременности принятия управленческих решений в существующей ситуации влияния внешней среды на продуктивность агробиоценоза.

При проведении биомелиорации выполняется система мероприятий по созданию в почве биологически активной прослойки, улучшающей плодородие мелиорируемой почвы путем коренного улучшения ее водно-физических, агрохимических и биологических свойств. Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и обеспечение экологической безопасности сельскохозяйственного производства при этом во многом зависит от научно обоснованного принятия решения на проведение комплекса агробиомелиоративных мероприятий.

В качестве агробиомелиоративных мероприятий, обеспечивающих воспроизводство почвенного плодородия, высокую продуктивность и устойчивость сельского хозяйства к неблагоприятным факторам среды и позволяющих управлять режимами комплексных мелиораций земель, предлагаются специальные методы мелиоративной подготовки почв с помощью механических средств и создания в почве биологически активного водорегулирующего слоя. Биологические и химические мелиорации почв осуществляются с применением органо-минеральных биологически активных удобрительных смесей, инокуляции посевного материала штаммами азотфиксирующих микроорганизмов и обработки стимуляторами роста растений. При необходимости вносятся химмелиоранты, структурообразователи, сорбенты и микроэлементы. Применяются биологические способы защиты, обеспечивающие охрану окружающей среды.

Основой для принятия решения на проведение комплексной биомелиорации деградированных сельскохозяйственных угодий являются данные почвенно-агрохимических и ботанико-культуртехнических изысканий (карты, картограммы кислотности почв и содержания питательных элементов), проектные материалы строительства мелиоративных систем по разделам осушения, орошения и культуртехнических работ с занесением их в базу данных информационно-советующей системы. При необходимости проводят дополнительные топогеодезические, геоморфологические, гидрогеологические, почвенные, лесомелиоративные, геоботанические и другие изыскания, обеспечивающие воз-

возможность применения методов моделирования продуктивности агроландшафтов и принятия решений на основе количественного анализа.

Эколого-экономическая эффективность проведения комплексной биологической мелиорации оценивается повышением продуктивности агробиоценоза и улучшением экологической обстановки в процессе сельскохозяйственного производства. Планируемая ситуация с продуктивностью и экологическим состоянием территории в свою очередь зависит от результатов управленческих решений на проведение комплексной биомелиорации, принимаемых после анализа системы индикаторных показателей оценки состояния почвы (табл.1,2), и реальности прогноза экологического состояния агроландшафта.

Таблица 1. Показатели применимости биомелиорации почв

Благоприятные		Относительно благоприятные		Неблагоприятные	
Плотность почвы, г/см ³					
1,5	1,3-1,4	1,5-1,6	1,4-1,5	1,7	1,5
Соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз почвы, %					
60:25:15	50:25:25	60:20:20	60:20:20	65:25:10	65:25:10
Реакция почвенного раствора, pH					
6,5	6,2	6,0	5,6	5,5	5,0
Пищевой режим почвы, мг/100 г почвы					
<i>а) содержание P₂O₅</i>					
8,0	10,0	8,0-6,0	8,0-10,0	6,0	8,0
<i>б) содержание K₂O</i>					
10,0	12,0	10,0-8,0	12,0-10,0	8,0	10,0
Содержание солей в почве, % плотного остатка					
0,2	0,6	0,9	0,4	1,5	0,8
Влажность почвы, % НВ					
95-75	75-65	85-70	85-60	100-55	90-55
Нитрогеназная активность корней, нМ C ₂ H ₄ /час					
2500	4500	2500	4500	2500	4500
Биологическая активность почвы, мг CO ₂ /100 г					
18,0	50,0	14-18	50-20	14	20

• - первыми даны значения без учета биомелиорации

Минеральные земли, нуждающиеся в биомелиорации, могут быть представлены разновидностями глеево-подзолистых, подзолистых, дерново-подзолистых, дерново-карбонатных, дерново-глеевых, серобурых лесных, пустынно-степных, песчаных, а также пойменных почв различной степени оподзоливания и оглеения. Продолжительность реабилитации деградированных сельскохозяйственных угодий, состав агробиомероприятий и последовательность их проведения, при принятии управленческих решений с использованием блочных моделей, определяются необходимостью постоянного воспроизводства

плодородия почвы с получением запланированной урожайности повышенного качества продукции и сохранением благоприятной экологической обстановки в организационно-хозяйственных условиях сельскохозяйственного производства.

Таблица 2. Обобщенные требования к проведению агробиомероприятий по восстановлению плодородия деградированных почв

Тип деградации	Необходимые мероприятия
1	2
1. Техногенная (эксплуатационная) деградация почв	
1.1. Механическая деградация	<p style="text-align: center;">Отсутствие плодородного слоя</p> <p>Создание плодородного слоя почвы: мульчирование органическими соединениями (перегной, биогумус на основе вермикультуры, сапрпель, торф, осадки сточных вод и т.д.); внесение неорганических материалов (глинование и пескование); устройство биологически активного водорегулирующего слоя (БАВС) на основе органоминеральных биологически активных удобрительных смесей (ОМБАУС) с добавлением недостающих минеральных элементов и структурообразователей; при необходимости известкование или гипсование; глубокое рыхление грунта; введение в севооборот культур – освоителей (донник, клевер, люцерна) с дальнейшим севооборотом на основе бобово-злаковых трав; посадка лесополос.</p> <p style="text-align: center;">Промышленные отвалы</p> <p>Внесение органоминеральных биологически активных удобрительных смесей с добавлением основных минеральных удобрений. Посев овсяницы красной в составе кормового севооборота, посадка лесополос.</p>
1.2. Физическая (земледельческая) деградация	<p style="text-align: center;">Высокая плотность почвы</p> <p>Разуплотнение подплужной подошвы (один раз за 5-6 лет) с помощью роторного плуга рыхлителя; глубокое рыхление с помощью рыхлителя РС-08 при влажности почвы в пределах 60-80% от НВ; технологическая колея; использование тракторов с широкопрофильными шинами или на гусеничном ходу, широкозахватных агрегатов; создание биологически активной водорегулирующей прослойки (БАВС) с использованием органоминеральных биологически активных удобрительных смесей (ОМБАУС) и увеличение доз органических удобрений; сидеральные пары, снижение доли пропашных культур.</p> <p style="text-align: center;">Закустаренность полей</p> <p>Срезание, размельчение и заделка в почву кустарника и подлеска бороной БМН-2,5 при влажности почвы не более 20%,</p>

1	2
	<p>а при большей влажности почвы – бороной БД –3,0 или БДТ-7,0; внесение комплексных удобрений с повышенной дозой азота; посев многолетних трав с внесением ОМБАУС.</p> <p>Снижение запасов гумуса в почве</p> <p>Известкование почвы; внесение ОМБАУС; снижение доз минеральных удобрений (особенно азотных); севооборот с преобладанием многолетних трав на основе бобово-злаковых растений; сидеральные пары; заделка в почву не менее 30% соломы.</p> <p>Деградация пастбищ и сенокосов</p> <p>Двух и трехлетний отдых естественных горных пастбищ с поверхностным улучшением путем подсева бобовых и бобово-злаковых травосмесей; введение сенокосно-пастбищных оборотов. Восстановление степных сенокосов и пастбищ; наряду с подсевом двух и четырех компонентных бобово-злаковых травосмесей, подсев семян трав, типичных для местных фитоценозов. На низинных лугах химическая мелиорация и культуртехнические мероприятия с расчисткой кустарников, осушением, удалением кочек, внесением ОМБАУС, перепашкой и созданием сеяных сенокосов и пастбищ. В зоне каменистых степей технология восстановления сенокосов и пастбищ аналогичная, применяемой для типичных степей с расширением ассортимента засухоустойчивых и морозоустойчивых видов трав местной популяции.</p>
1.3. Химическое загрязнение	<p>Загрязнение почвы нефтяными отходами</p> <p>Внесение в почву нефтеразлагающих бактерий (<i>Acineto Bacter</i> o. и <i>Rhodococcus coccus</i> Sp.), ОМБАУС и недостающих минеральных удобрений; рыхление почвы; посев бобово-злаковой травосмеси.</p> <p>Загрязнение почвы радионуклидами</p> <p>Известкование почвы; внесение ОМБАУС и минеральных удобрений (РК); возделывание растений (дайкон), мало накапливающих в составе тканей радионуклиды; индуцированная фитоэкстракция, в основу которой положено внесение растворяющих соединений (цитрат) и посев подсолнечника (<i>Heliantus annus</i>), карликового шпината, горчицы, сахарной свеклы с последующим сжиганием и утилизацией в хранилищах радиоактивных отходов. Очистка радиоактивной воды путем фильтрации через проростки подсолнечника, с помощью ионно-обменных смол, адсорбцией на цеолитах, сапропелях и бентонитах.</p> <p>Загрязнение почвы тяжелыми металлами</p> <p>Замена почвенного покрова. Запашка загрязненного слоя почвы в нижележащие слои. Перевод металлов в малораство-</p>

1	2
	<p>римые формы и адсорбция металлов: известкование, обогащение почвы фосфором и калием; внесение сапропелей (или СОРБЭКС), ионно-обменных смол, цеолитов, вермикулитов, монтмориллонитов (создание БАВС), активированных углей, углистых сланцев, бурых углей, переработанных в гуминовые концентраты, использование композиций штаммов микроорганизмов, образующих конкреции, связывающих металлы, ОМБАУС, торфонавозных и органоминеральных компостов. Извлечение металлов из почвы: индуцированная фитоэкстракция на основе хелатов (Е D Т А, Е G Т А) с одновременным посевом капусты (<i>Brassica jncea</i>), ярутки (<i>Thlaspi caerulescens</i>), подсолнечника (<i>Heliantus annus</i>), являющихся гипераккумулянтами, с последующим сжиганием и утилизацией в специальных хранилищах. Посев культур, не накапливающих металлы в товарной части урожая: технические, эфиромасличные, картофель и зерновые для переработки на спирт. При снижении загрязнения почвы тяжелыми металлами до ПДК – посев многолетних трав с последующим восстановлением необходимых севооборотов.</p> <p style="text-align: center;">Загрязнение почвы пестицидами и другими органическими соединениями</p> <p>Сорбция органических соединений аккумулярующей прослойкой из предварительно обезвоженного сапропеля. Деструкция пестицидов путем усиления микробиологической активности почвы при внесении ОМБАУС, янтарной кислоты, солей калия и фосфора; рыхление почвы, оптимальное увлажнение почвы, посев многолетних бобово-злаковых трав.</p>
2. Эрозия почвы	
2.1. Водная эрозия	<p style="text-align: center;">Склоновые поля</p> <p>Террасирование склонов. Использование одиночных дрен – собирателей поверхностных стоков воды. Создание БАВС, устройство водопоглощающих экранов (цеолитсодержащие глины) по диагонали склоновых участков с одновременным посевом многолетних трав. При уклонах больше пяти градусов - залужение почв и культивация сенокосно-пастбищных сенокосов. Расположение полос посева многолетних трав в верхней части склона, посадка деревьев в средней части (гибрид тополя с ясенем) с обсаживанием кустарником (кизил и пузыреплодник), в нижней части – пять рядов деревьев (тот же гибрид), при выходе склона в прибрежную зону – посев фильтрационной полосы (кострец безостый, ежа сборная, овсяница красная, тимopheевка луговая).</p>
2.2. Ветровая эрозия	<p style="text-align: center;">Дефляция почвы</p> <p>Полосная система земледелия (чередование различных сель-</p>

1	2
	<p>скохозяйственных культур с полосами многолетних трав). Безотвальная и минимальная обработка почвы. Размещение посевов перпендикулярно господствующим ветрам. Измельчение и заделка 30-40% соломы, создание БАВС, оставление стерни после уборки колосовых и посев культур по стерне. Контурное однорядное и двухрядное размещение полевых культур, занятые пары. Закрепление песков в полупустынных районах путем посева песчаного овса, кумарчика, полыни, а также посадка кустарников – джужгана, лоха узколистного, тамарикса, шелюги красной и каспийской. Нормированный выпас скота.</p>
<p>3. Ухудшение водно-солевого режима</p>	
<p>3.1. Засоление почвы</p>	<p>Повышенное содержание солей в поливной воде и почве Горизонтальный и вертикальный дренаж; промывной режим и оптимизация поливного режима; глубокое рыхление с внесением ОМБАУС, гипса и химмелиорантов; введение в севооборот многолетних злаково-бобовых трав. Подбор для возделывания солеустойчивых культур (амарант, топинамбур, люцерна, солодка, пырей удлиненный, житняк узкоколосный, многолетняя рожь, суданская трава, подсолнечник, донник желтый, пайза). При хлоридном (до 0,6%) засолении супесчаных и среднесуглинистых почв применение специализированных севооборотов на основе галофитов в первые годы с переходом по мере рассоления почвы к смешанным посевам галофитов и солеустойчивых кормовых культур. Прямолинейное полосное и контурно-полосное размещение посевов; гидротехнические сооружения, позволяющие сбрасывать избыток воды за пределы орошаемого массива.</p>
<p>3.2. Заболачивание почвы</p>	<p>Окисление и ухудшение аэробных условий в почве Создание открытой и закрытой дренажной системы. Проведение химической мелиорации (известкование), внесение ОМБАУС, химмелиорантов, пескование, периодическое щелчевание, кротование и рыхление почвы, внесение минеральных удобрений. Введение севооборотов с высокой насыщенностью влаголюбивыми культурами (овощные, картофель, капуста). Создание сеяных сенокосов и пастбищ из влаголюбивых многолетних трав (пырей бескорневищный, бекмания обыкновенная, полевица белая, лисохвост вздутый, люцерна, лядвенец, козлятник).</p>

УДК 631.4

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УДОБРИТЕЛЬНО-МЕЛИОРИРУЮЩИХ СМЕСЕЙ

О.Б. Хохлова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Восстановление потенциального плодородия малопродуктивных земель – задача современного сельского хозяйства. В настоящее время в мире увеличивается площадь пахотных земель, но доля сельскохозяйственных земель, приходящаяся на одного человека, неуклонно сокращается. По оценкам Международной агрономической организации (ФАО) около 70% площади суши земного шара представлены малопродуктивными угодьями, производительность которых ограничена почвенно-климатическими или рельефными условиями. Из них около 10% представлено маломощными почвами с невысоким содержанием гумуса и низкой продуктивностью [2]. Общая площадь обрабатываемых угодий составляет 1 507 млн. га, если 10% этих угодий представлены маломощными почвами - это 150 млн. га земель, которым необходимо увеличение гумусового запаса и восстановление потенциального плодородия. В России уже четверть века назад наибольшая доля среди малопродуктивных земель приходилась на почвы с низким содержанием гумуса и потерей структуры [3].

Перспективный способ повышения продуктивности земель - это внесение в почву органических удобрений различного состава и происхождения (вермикомпост, торф, навоз, сидераты, сапропель и др.). Органические удобрения, увеличивая запасы гумуса, повышают энергетический потенциал почвы. Количество внесенной с органическими удобрениями дополнительной энергии должно быть достаточно не только для повышения урожайности, но и для активизации процесса гумусообразования. Только в этом случае плодородие почвы будет поддерживаться на уровне потенциального, приобретенного в процессе почвообразования, или созданного человеком.

Структуру почвы сам по себе гумус создать не может, он лишь замедляет ее разрушение. Прочная структура почвы может быть создана только при определенном содержании глинистых фракций (Rubensam, 1968). Формирование гумуса в почве имеет матричную основу, а глинистые частицы являются минеральными матрицами [1]. Минеральные частицы глинистой фракции являются информационной составляющей процесса гумусообразования. Следовательно, вещественный состав смеси, восстанавливающей природную продуктивность почвы должен обеспечивать не только энергетическую, но и информационную основу этого процесса.

Для данных целей целесообразно использовать разработанные во ВНИИ-ГиМ (Л.В.Кирейчева, О.Б.Хохлова) удобрительно-мелиорирующие смеси (УМС) на основе пресноводных сапропелей, основных источников илистых минеральных и коллоидных органоминеральных структур. Сапропели являются богатым источником гуминовых веществ (ГВ), но ГВ сапропелей находятся в

прочносвязанном состоянии, отличаются по химическому составу от почвенных и минерализация их в почве идет длительное время. По этой причине помимо сапропелей в состав УМС входят мобильные органические вещества (ОВ) навоза, торфа, ОСВ и т.п., минеральные формы элементов питания растений и композиция почвенных микроорганизмов. Основная задача УМС – трансформация потенциальной энергии ОВ в энергию почвенного гумуса с минимальными потерями вследствие внесения дополнительной информационной составляющей процесса гумусообразования в виде илистых и коллоидных структур сапропеля. Данные структуры – минеральные и органо-минеральные матрицы процесса гумусообразования.

Для определения дозы УМС, необходимой для восстановления гумусового запаса и активизации процесса гумусообразования мы предлагаем использовать энергетический подход. Для этого необходимо провести энергетическую оценку состояния малопродуктивных земель, определить количество энергии, необходимой для восстановления потенциального плодородия и на данной основе рассчитать дозу УМС.

Для энергетической оценки не всегда целесообразно использовать термодинамические расчеты изменения стандартной свободной энергии полного окисления органических соединений (энергия Гиббса), так как в процессе гумусообразования почвенные микроорганизмы используют не всю потенциальную энергию органических соединений. Часто термодинамические расчеты невозможны по причине отсутствия информации о химическом строении органических веществ почвы и удобрений.

Мы предлагаем доступный способ расчета потенциальной энергии, которую почвенные микроорганизмы могут использовать в процессе гумусообразования из любого органического субстрата. Эту энергию мы предлагаем называть «биоэнергетическим потенциалом» данного органического субстрата (БЭП).

Предлагаемый биопотенциал органической молекулы можно рассчитать, если определить количество аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая образуется в клетке организма, использующего эту молекулу в качестве питательного субстрата. АТФ это “энергетическая валюта” клетки, в ней аккумулируется значительная часть энергии, извлекаемой клеткой из питательного субстрата. Энергия АТФ заключается в двух ангидридных пирофосфатных связях между концевыми остатками фосфорных кислот. Количество энергии макроэргической связи, определено в классических биохимических исследованиях. При гидролизе концевой пирофосфатной связи освобождается до 35 кДж/моль энергии, но в реальных условиях живой клетки эта величина колеблется. В данной работе мы используем минимальное значение: на образование 1 моль АТФ затрачивается в среднем 30,5 кДж энергии (БЭС, 1986, Ленинджер, 1985).

Наиболее полное “извлечение” энергии из органического субстрата происходит в результате аэробного метаболизма клеток – процесса дыхания. Результатом является окисление углерода органических молекул до CO_2 , а энергия используется на образование макроэргической связи в АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Следовательно, рассчитав количество энергии, которое при

полном окислении органической молекулы до CO_2 и H_2O пойдет на синтез АТФ, мы определим биоэнергетический потенциал данной молекулы.

Расчет БЭП по данной методике сводится к следующей формуле:

$$E_{\text{БЭП}} = 183C + 45,75H - 91,5O \text{ (кДж/моль)}, \quad (1)$$

где С, Н и О – молекулярные индексы элементов углерода, водорода и кислорода (количество атомов) в молекуле данного органического субстрата, а цифровые коэффициенты – количество энергии, получаемое (+) или расходуемое (-) на один моль-атом субстрата (кДж/моль).

Другие элементы органических молекул, в частности азот, фосфор являются материальной составляющей для синтеза белков, нуклеиновых кислот и той же АТФ, поэтому они участвуют не в энергетическом, а в пластическом метаболизме. Эти элементы – вещественная составляющая процесса гумусообразования и почвенного плодородия.

Если молекулярная формула веществ органического субстрата неизвестна, то можно рассчитать БЭП кДж/100г по массовым долям элементов в органическом субстрате. Для этого цифровые коэффициенты в формуле (1) делятся на относительные атомные массы элементов (безразмерная величина) и формула приобретает следующий вид:

$$\text{БЭП (кДж/100г субстрата)} = 15,25C + 45,75H - 5,71875O, \quad (2)$$

где С, Н и О – массовые доли элементов или масса данного элемента в 100г субстрата (г/100г), а цифровые коэффициенты – количество энергии на один грамм данного элемента (кДж/г). Для больших масс используется размерность мДж/кг, для этого результат перемножается на общий коэффициент 10^{-2} .

Расчет по формуле (1) более объективно отражает энергетическую природу органических субстратов, но использование этой формулы нецелесообразно, если известны лишь массовые доли элементов, а субстрат представляет собой сложную смесь самых различных структур. Расчет по формуле (2) используется при составлении энергетического баланса в методике применения УМС.

Для расчета БЭП гуминовых кислот (ГК) различных типов почв по формуле (1), вместо элементных индексов были использованы атомные доли углерода, водорода и кислорода в ГК [5], так как точные химические формулы ГК и индексы элементов не установлены. Поэтому рассчитанная величина БЭП приходится не на 1 моль, а на 100 моль атомов данного субстрата. Формула (1) была использована для энергетической оценки структур ГК основных типов почв и более объективно отражает результаты процесса гумификации. Расчет по формуле (1) БЭП ГК основных типов почв показал, что на 100 моль атомов наибольшее количество потенциальной энергии у ГК черноземов – более 7,5 мДж. Этот показатель снижается к северу и югу: до 6,8 мДж у дерново-подзолистых почв и до 7,2 мДж у красноземов (табл.1).

Таблица 1. Величина БЭП гуминовых кислот различных типов почв

Тип почвы	Атомные доли элементов в ГК [5]			БЭП мДж/100 моль атомов (10^6 Дж)
	С	Н	О	
Дерново-подзолистая	37,5	39,8	20,3	6,826
Серая лесная	38,1	40,3	19,2	7,059
Бурая лесная	37,4	42,2	17,9	7,137
Черноземы	42,5	35,2	19,9	7,567
Каштановые	37,7	42,1	17,4	7,233
Сероземы	39,0	40,1	18,1	7,315
Красноземы	42,1	33,4	21,8	7,238

Аналогично были рассчитаны БЭП фульвокислот (ФК) тех же типов почв (табл.2).

Таблица 2. Биоэнергетический потенциал фульвокислот различных типов почв

Тип почвы	Атомные доли элементов в ФК [5]			БЭП мДж/100моль атомов
	С	Н	О	
Дерново-подзолистая	33,4	39,3	25,3	5,595
Серая лесная	31,9	40,9	25,3	5,394
Бурая лесная	30,8	40,9	26,1	5,119
Черноземы	30,9	40,6	26,3	5,106
Каштановые	30,9	40,6	26,3	5,106
Сероземы	29,4	40,7	26,7	4,799
Красноземы	36,6	33,4	27,9	5,673

В одинаковом количестве вещества ФК и ГК содержится разное количество энергии, БЭП ФК меньше примерно на 25%. В тех же типах почв изменение БЭП ФК имеет обратную тенденцию по сравнению с ГК. БЭП ФК наименьший в черноземах (5,16мДж/моль), увеличивается к северным и южным почвам: в дерново-подзолистых –5,6мДж/моль, в красноземах –5,8мДж/моль. Очевидно, формирование фульватного или гуматного типа гумуса определяется величиной БЭП гуминовых и фульвокислот. Чем больше энергии накапливается в ГК, тем меньше в ФК, как результат в данных условиях формируется гуматный тип гумуса (черноземы). Наблюдается связь величины БЭП ГК с потенциальным почвенным плодородием, наибольшая величина которого у черноземов. Малопродуктивные почвы содержат меньшее количество энергии не только за счет невысокого содержания гумуса, но и за счет увеличения фульватности гумуса.

Следовательно, причинами низкой потенциальной энергии почв могут стать:

- низкое содержание гумуса,
- невысокий БЭП ГК данного типа почв,
- увеличение фульватности гумуса данной почвы.

Все это в конечном итоге приводит к снижению продуктивности почвы.

Для повышения почвенного плодородия источником утраченной энергии могут служить УМС, поэтому необходимо составить энергетический баланс при использовании данных смесей. БЭП органических составляющих УМС рассчитывали по формуле (2), его значения приведены в таблице 3.

Таблица 3. Биоэнергетический потенциал различных органических субстратов (мДж/кг)

Субстрат	Массовые доли элементов			БЭП мДж/кг
	С	Н	О	
Древесные опилки	50	6	44	7,854
Сидераты	49,6	6,3	41,6	8,067
Торф	58,4	5,6	33,4	9,558
ОВ карбонатного сапропеля, 30%	57,6	7,0	29,0	10,328
ОВ органического сапропеля, 70%	55,4	6,7	33,0	9,627
ОВ кремнеземистого сапропеля, 30%	54,8	6,9	32,8	9,636
ОВ смешанного сапропеля, 40 %	54,7	6,5	33,6	9,384

Для восстановления энергетического потенциала почв и их продуктивности перед внесением смеси определяется тип почвы, рассчитывается БЭП почвенного гумуса по формуле (2) и общее количество потенциальной энергии мДж /га. В качестве эталона рассчитывается БЭП целинной почвы данного типа. Разница между этими значениями является той энергией, которую следует восполнить для восстановления гумусового запаса почвы.

Для энергетического расчета методики восстановления почвы за счет УМС необходимо:

- определить общее содержание гумуса в почве в % ($C_{орг}$);
- экспериментально на элементном анализаторе определить элементное содержание С, Н, и О в гумусе данных почв (массовые доли);
- рассчитать общее содержание почвенного гумуса на 1 га почвы в пахотном слое;
- по формуле (2) рассчитать БЭП целинной и деградированной почвы, мДж/кг;
- значение БЭП на 1кг пересчитать на данное количество тонн гумуса на 1га;
- определить разницу между БЭП целинной почвы и деградированной, которая и является основой для расчета энергетического ресурса УМС;

- с учетом агрохимических и агрофизических свойств почвы, подобрать оптимальную УМС с наиболее подходящей органической компонентой и рассчитать дозу внесения исходя из ее БЭП.

Например, по данной методике и литературным источникам [4] было определено, что в пахотном слое общее содержание гумуса а, значит и запас потенциальной энергии гумуса пашни дерново-подзолистой почвы ниже, чем БЭП гумуса суходольного луга того же типа почвы на $396 \cdot 10^3$ мДж/га. Так, $396 \cdot 10^6$ кДж энергии содержится в 40т торфа, 49 т сидератов, 59т органического сапропеля и 128т карбонатного сапропеля, в пересчете на сухое вещество. УМС на основе торфа и карбонатного сапропеля в соотношении 5:7,7 (на с.в.) имеет биоэнергетический потенциал 501,6 кДж/100гс.в.

Для восстановления природной продуктивности или потенциального плодородия данной почвы необходима энергия, которая содержится в дозе 79 т/га УМС. С учетом влажности доза внесения УМС для восстановления природного биоэнергетического потенциала почвы и повышения ее продуктивности до уровня природного потенциального плодородия в среднем около 100т/га.

Таким образом, предложенный метод позволяет рассчитать необходимую для восстановления малопродуктивных земель дозу внесения органических веществ. Наши расчеты показали, что наибольший эффект достигается при внесении разработанных во ВНИИГиМ удобрительно-мелиорирующих смесей на основе сапропелей.

Литература

1. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.:РУСАКИ, 2001, -296 с.
2. Добровольский. Охрана почв. М.1985
3. Ковда В.А. Почвоведение, М. 1978
4. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.:Изд-во Академии наук СССР,1963, 314с.
5. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ,1974, 336с.
6. Рюбензам Э., Рау К. Земледелие, М. «Колос», 1969, 520 с.

УДК 502.654

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЯ-АЭРАНТА "МЕНОМ" ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПЫРЕЯ СОЛОНЧАКОВОГО¹

М.П. Чапланова, аспирант
КФ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия

В целях поддержания экологического равновесия агроландшафтов, создания устойчивых агробиоценозов и восстановления деградированных залеж-

¹ Работа выполнена под научным руководством заведующего лабораторией, к.с.-х.н., с.н.с. Максименко В.П. (Maxsymenko@mail.ru)

ных земель всё чаще применяют биологические мелиорации с широким использованием культур, способных произрастать на засоленных почвах и формировать в этих условиях высокие урожаи кормовой массы.

По имеющимся данным 4 тыс. га пахотных земель в Калмыкии выведены из сельскохозяйственного пользования по причине переувлажнения (глубина грунтовых вод 1...1,5 м) и высокой засоленности почв. В связи с сокращением площади пашни более актуальной стала проблема создания в республике устойчивой кормовой базы для животноводства. Решение этого вопроса напрямую связано с рекультивацией вышедших из сельскохозяйственного оборота земель.

При увеличении содержания солей в почве до 0,6 % от ее массы происходит существенное снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий, а при засоленности до 1,4 % практически становится нецелесообразным дальнейшее использование таких земель в производстве.

Внесение удобрений снижает неблагоприятное воздействие засоления на процесс фиксации азота в почве, на способность почвенного субстрата снабжать растения питательными веществами и улучшения условий для доступности почвенной влаги растениям, что, в конечном итоге, благоприятно сказывается на продукционных процессах [1]. Особенно отзывчивы многолетние злаки на внесение азотных удобрений [2], которые значительно повышают их продуктивное долголетие [3]. Повышение уровня азотного питания не только увеличивает урожай зелёной массы, но и улучшает качество корма [2], поэтому даже при одинаковых урожаях на удобренных и неудобренных участках выход переваримого протеина при высоких дозах азота увеличивается почти вдвое.

Основным агротехническим приёмом, влияющим на прибавку урожайности многолетних злаков, в том числе и пырея солончакового, при разработке технологии их возделывания на засоленных почвах при орошении является улучшение минерального питания растений. В Калмыцком филиале ВНИИГиМ на зональных бурых полупустынных засоленных почвах с 2002 г. проводятся исследования по разработке ресурсосберегающей технологии освоения засоленных орошаемых земель (при высоком уровне стояния грунтовых вод) с использованием многолетнего злака - пырея солончакового. Пырей солончаковый – одна из солевыносливых культур [4], обладающая противоэрозионными свойствами, выдерживающая длительное затопление (до 6 месяцев) и произрастающая на сильно засоленных почвах.

Опытный участок расположен в СПК «Первомайский» Черноземельского района в приканальной зоне на деградированных орошаемых землях, подверженных интенсивным процессам вторичного засоления. Почва участка характеризуется значительной ($1,41-1,68 \text{ г/см}^3$) плотностью, плохой аэрацией, низким содержанием гумуса (1,1-1,3 %) и легкодоступных элементов питания; высоким содержанием легкорастворимых (0,2-1,3 %) и токсичных (0,5 %) солей; грунтовыми водами (минерализация 5,8-6,2 г/л), залегающими на глубине 0,9-1,2 м. Минерализация оросительной воды также повышена (1,7 г/л).

Посев пырея солончакового проводили ранней весной 2002 г. сплошным рядовым способом, нормой 5-5,5 млн. всхожих семян на 1 га (23-25 кг/га). Глу-

бина заделки семян не превышала 0,03-0,04 м. При достижении растениями пырея солончакового высоты 0,2 м проводили подкашивание сорной растительности (срез - на высоте 0,1-0,15 м).

Улучшение питательного режима засоленной почвы обеспечивалось внесением минеральных удобрений. В 1-й год жизни было внесено азота до 130 кг/га, что дало возможность получить при орошении до 8,1 т/га сена. Во 2-й год жизни доза внесения минерального азота была увеличена до 150 кг/га. Выход растениеводческой продукции возрос до 35 т/га высокопитательного (16,1 % сырого протеина; 23,5 % клетчатки; 1,4 % жира; 13,4 % золы) сена с содержанием 7,5 т к. ед.

Режим орошения рассчитан на поддержание предполивной влажности почвы не ниже 65-70 % НВ в слое активного влагообмена.

Параллельно с полевыми экспериментами в лабораторных условиях КФ ГНУ ВНИИГиМ были заложены опыты по испытанию воздействия удобрения-аэранта «МЕНОМ», созданного группой специалистов под руководством Л.Д. Нагорного (ООО "Газстройинвест"), на производственный процесс пырея солончакового. В исследованиях использовали почвы с участка полевого опыта. Наибольший эффект достигнут при внесении мелиоранта дозой 1 : 2,5 (числитель - объем мелиоранта, знаменатель - объем почвы). При этом накопление биологической массы составило в среднем 1,24 т/га за один укос. Минимальные затраты азота на единицу продукции получены в варианте с дозой мелиоранта 1:5.

«МЕНОМ» вобрал в себя как водородную составляющую (около 7 %), азотную (около 34 % азота общего и 0,28 % - подвижного) и фосфорную. Опытным путём определили, что при мелиорации слоя почвы 0,1 м и дозе мелиоранта 1 : 5 в почву вносится 12,5 кг/га подвижного азота. Эффективность азотного питания растений в лабораторном опыте этого варианта по одному укосе составила 86,4 кг сена на один килограмм затраченного азота. Климатические условия региона позволяют на орошаемых землях делать три укоса культуры. Следовательно, эффект только по этому показателю может быть увеличен практически в три раза. Это свидетельствует о том, что азот, присутствующий в мелиоранте, значительно эффективнее, чем внесенный в почву в традиционной форме.

Возможно, что более эффективное воздействие азота, содержащегося в МЕНОМе, на растения пырея солончакового объясняется тем фактом, что высокомолекулярное удобрение-аэрант обладает способностью поглощать, удерживать и медленно расходовать большое количество влаги и питательных веществ в доступной для растений форме, снижать уплотняющее воздействие поливной воды на почву, увеличивать общую пористость и аэрацию почвы.

Слабая водоудерживающая способность исследуемой почвы, малое количество поровых пространств ухудшают водный и питательный режим растений, так как вода, содержащаяся в мелких порах, практически недоступна для растений [5]. Экологически неблагоприятные природные факторы: близкое залегание грунтовых вод и высокая испаряемость в данных региональных условиях (Черноземельский район республики Калмыкия) предъявляют особые