

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ECOLOGY AND NATURAL MANAGEMENT

УДК 631.4:631/635(571.65)

Иванова О.Г., к.б.н.; Пугачев А.А., д.б.н.,

Магаданский НИИСХ

ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНЫХ ОЛИГОТРОФНЫХ ПОЧВ В ЛАНДШАФТНО-АДАПТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СЕВЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Основными факторами, определяющими особенности ведения земледелия на Севере Дальнего Востока России, является суровый климат с малой суммой активных температур, короткий теплый и продолжительный холодный периоды, близкое залегание многолетней мерзлоты, обуславливающей застойное переувлажнение и оглеение профиля, интенсивное проявление криогенного влаго- и массообмена.

Ivanova O.G., Cand.Bio.Sci.; Pugachev A.A., Dr.Bio.Sci.

The Magadan scientific research institute of agriculture

OPTIMIZATION OF AGROECOLOGICAL STATE OF PEAT OLIGOTROPHIC SOILS IN LANDSCAPE-ADAPTIVE AGRICULTURE OF THE NORTH OF THE RUSSIAN FAR EAST

The major factors, defining features of conducting of agriculture in the North of the Far East of Russia, are the severe climate with the small sum of active temperatures, short warm and long cold seasons, close deposition of the permafrost, causing a stagnant overwetting and gleying of a profile, intensive exhibiting of cryogenic wet and mass transfer

Торфяные олиготрофные почвы формируются в условиях избыточного увлажнения на элементах рельефа, отличающихся затрудненным поверхностным и внутрипочвенным дренажем. Для них характерно наличие торфяного слоя, близкое к поверхности залегания мерзлоты, холодность профиля. Почвы очень кислые: рН солевой вытяжки не поднимается выше 3,8 и, как правило, находится в пределах 3,5-3,8 (табл. 1). Их минеральная толща насыщена гумусом, содержание которого составляет 1,2-4,6% (в отдель-

ных случаях 15,5%). Гидролитическая кислотность в торфянистых и торфяных горизонтах достигает 52,5 мг-экв./100 г, а в минеральных - 6,6-7,9 мг-экв./100 г почвы. Количество поглощенных оснований небольшое; степень насыщенности ими почвенно-поглощающего комплекса не превышает 45%. Содержание подвижных форм фосфора невысокое (до 8 мг/100 г); калия - не превышает 25 мг/100г.

Таблица 1

Агрохимические свойства целинных торфяных олиготрофных почв

Горизонт	Глубина, см	рН сол.	Гидролитич. кисл-ть	Са+Mg	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г			мг/100 г	
01	0-7	3,5	48,1	23,4	33	8,0	-
T1	7-16	3,7	52,5	13,0	20	6,7	25,0
T2	16-24	3,8	47,3	15,4	25	3,3	22,5
T3	24-31	3,7	43,8	13,2	23	3,3	<0,1
Bg'	31-44	3,6	6,6	5,4	45	0,7	2,5
Bg''	44-52	3,6	7,7	5,2	40	0,7	5,5
BCg	52-66	3,6	7,9	5,4	41	0,3	12,4

К важным факторам, влияющим на устойчивость поверхности угодий при их

сельскохозяйственном освоении, относятся степень их дренированности, характер мик-

рорельефа и водопроницаемость сезоннопротаивающего слоя.

Криогенный фактор оказывает существенное влияние на состояние и продуктивность агроландшафтов, а процессы, связанные с промерзанием и оттаиванием почвогрунтов, в значительной мере предопределяют экологические условия и степень агрогенного воздействия на окружающую среду. В условиях проявления многолетней мерзлоты основой системы ведения ландшафтно-адаптивного земледелия должен являться комплекс экологически целесообразных мелиоративных мероприятий. Однако традиционные приемы освоения криогенных почв слабо ориентированы на мерзлотные факторы. Процесс освоения земель сопровождается неоправданным нарушением экологической сбалансированности природных почвенно-растительных комплексов, вызывающим проявление термокарстовой деформации почвенного покрова. В частности, планировка земель обуславливает лишь замедление вытаивания льда в понижениях микрорельефа с активизацией термокарстовых просадок в местах срезки, а затраты на их засыпку привозным торфяным или гравелистым грунтом близки к стоимости самого освоения и не гарантируют проявление термокарста в дальнейшем. Результатом этого является формирование низкопродуктивных агро-

ландшафтов, не обладающих адаптивностью к экстремальным условиям Севера.

В этой связи разработан и апробирован способ обработки мерзлотных почв, направленный на формирование теплоизолирующих экранов под корнеобитаемым слоем из слабо проводящего тепло растительного материала. Органогенные экраны ограничивают доступ тепла и растворенных веществ к поверхности многолетнемерзлых пород, обеспечивая оптимизацию гидротермического режима (табл. 2), стабилизацию агроэкологических характеристик и улучшение агрохимических параметров почв. При этом применение способа экранирования мерзлоты в почвах Магаданской области обеспечивает эффективное ограничение поступления тепла в льдистые многолетнемерзлые породы и, как следствие, предотвращает развития термокарста.

Сущность способа заключается в выполнении ряда последовательных операций: измельчение напочвенного растительного покрова; многократная послойная обработка почв мелиоративными боронами по мере оттаивания, что создает условия для последовательного измельчения растительных остатков на необходимую глубину; выравнивание поверхности поля; оборот пласта органогенного материала; внесение агроmeliорантов и удобрений.

Таблица 2

Характеристики гидротермического режима целинных и окультуренных торфяных олиготрофных почв

Состояние почв	Целинная почва	Пахотная почва	
		традиционная технология	технология с экранированием мерзлоты
Глубина оттаивания, см	34,6	46,7	62,5
Температура (°C) на глубине:			
5 см	6,6	7,3	11,6
10 см	5,1	6,6	9,7
15 см	4,4	5,5	9,0
20 см	2,5	4,6	8,2

Освоение рассматриваемых почв по традиционной для региона технологии, заключающейся в ликвидации торфяного слоя и последующем формировании пахотного горизонта, способствует определенной оптимизации их агрохимических свойств (табл. 3). Это проявляется в снижении рН до 3,6-4,0 и гидролитической кислотности до 5,7-7,4 мг-экв/100 г, в росте степе-

ни насыщенности почвенно-поглощающего комплекса основаниями (45-63%). Однако происходит снижение таких показателей, как сумма обменных оснований до 6,0-12,0 мг-экв/100 г и содержание доступных форм фосфора и калия в верхней части профиля.

Таблица 3

Влияние способа обработки на агрохимические свойства торфяных олиготрофных почв

Горизонт	Глубина, см	рН сол.	Гидролит. кислотн.	Ca+Mg	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г			мг/100 г	
Пахотная почва (традиционная технология)							
P1	0-8	3,6	7,4	6,0	45	1,3	20,5
Bfg	8-22	3,7	5,7	7,0	55	0,3	4,8
Bhg	22-40	4,0	7,0	12,0	63	0,4	21,0
Bgh	40-53	3,8	6,1	12,0	66	0,8	23,0
BC	53-65	4,2	19,3	10,0	34	0,5	12,5
Пахотная почва (экранирование мерзлоты)							
P1	0-14	4,9	13,1	20,4	61	4,2	9,0
P2	14-24	4,8	13,1	20,4	61	7,0	11,4
[T]	24-38	4,1	35,9	21,0	37	16,7	29,0
[T]	38-49	4,0	38,5	16,4	30	8,3	22,8
Bhg	49-64	3,6	10,0	5,8	37	1,5	13,3
↓Bg	64-70	3,3	5,4	7,0	56	0,8	11,3

Освоение торфяных олиготрофных почв способом, разработанным на принципах ландшафтно-адаптивного земледелия, значительно преобразует агрохимические свойства их природных аналогов. Снижается обменная кислотность (до рН сол. -4,9 в пахотном горизонте), повышается содержание оснований (до 20 мг-экв/100 г), увеличивается процент насыщенности поглощающего комплекса основаниями (до 61 %), улучшается соотношение элементов минерального питания возделываемых культур. При этом следует иметь в виду, что сравнительно высокое содержание доступных форм фосфора и калия в торфяном экране является дополнительным резервом для формирования урожая.

Принимая во внимание особенности геохимического фона провинции, определяющего высокое содержание ряда рассеян-

ных металлов в пахотных землях, близость района активной вулканической деятельности (наличие погребенного пепла в горизонте BC) и своеобразии процессов почвообразования, важным аспектом разработки ландшафтно-адаптивной системы земледелия является изучение влияния способов обработки на уровень содержания и характер распределения микроэлементов в почвенных профилях.

В рассматриваемых почвах стронций, являясь геохимическим аналогом кальция [2], по-видимому, выполняет его недостаток. В пользу данного вывода свидетельствует обратно-пропорциональный характер их распределения в профиле: Ca - регрессивно-аккумулятивное, Sr - прогрессивно-элювиальное (табл. 4).

Таблица 4

Влияние способов обработки на характер распределения микроэлементов в профиле торфяных олиготрофных почв, мг/кг

Почва	Горизонт	Глубина, см	Класс опасности									
			1			2			3			
			As	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	Mn	Rb	Sr	Zr
Целинная почва	T ₁	7-16	140	22	150	138	234	79	537	48	176	<3
	T ₂	16-24	123	29	80	152	178	96	423	84	137	21
	T ₃	24-31	136	<3	58	78	186	43	468	73	212	94
	Bg ₁	31-44	45	16	36	11	73	<3	451	57	213	154
	Bg ₂	44-52	60	14	41	8	74	4	477	67	220	178
	BCg	52-66	68	29	43	19	122	26	523	67	211	172
Пахотная почва (традиционная технология)	P ₁	0-8	37	18	42	9	58	7	535	73	243	178
	Bfg	8-22	27	15	40	15	84	24	468	63	251	164
	Bhg	22-40	35	23	47	35	115	32	447	83	225	159
	Bgf	40-53	43	24	36	18	95	11	489	66	206	163
	BC	55-65	29	25	55	29	75	15	616	41	154	168
	BC	70-80	18	25	41	13	78	8	691	43	185	168
Пахотная почва (экранирование мерзлоты)	P ₁	0-14	73	7	60	30	137	19	536	70	253	154
	P ₂	14-24	58	12	53	18	100	18	492	67	280	186
	T ₁	24-38	73	18	137	92	144	99	668	85	320	80
	T ₂	38-49	71	37	136	135	123	82	623	82	296	99
	Bhg	49-64	67	27	58	34	87	11	567	71	226	140
	Bg	64-74	40	24	87	19	127	16	714	65	210	155

Дифференциация хрома и никеля по генетическим горизонтам обнаруживает ряд сходных черт: повышенное содержание в надмерзлотном слое за счет исходного состава почвообразующих пород, биогенная аккумуляция в органогенной части целинных почв и «торфяном экране» их освоенных аналогов.

Повышенное накопление мышьяка в условиях затрудненного поверхностного и внутрипочвенного дренажа при наличии мерзлотного водоупора требует дополнительных специальных исследований, включая изучение естественного геохимического фона и состава мигрирующих вод. Одним из вероятных объяснений данного явления может выступать более чем двукратное превышение концентрации мышьяка над его кларком в вулканическом пепле (11 мг/кг), обычным для почв региона.

Анализ полученных данных свидетельствует о биогенной аккумуляции (исключение составляет стронций) рассматриваемых химических элементов в органогенной части профиля целинных почв.

Обращает на себя внимание сходство микроэлементного состава погребенного горизонта Т пахотной почвы и горизонта Т ее природного аналога. Не рассматривая причины данного явления, отметим, что оно заслуживает всестороннего внимания, так как дает возможность использования уровня содержания некоторых макро- и микроэлементов, включая тяжелые металлы, в качестве индикатора экологичности технологий освоения криогенных почв.

Процесс освоения и сельскохозяйственного использования почв сопровождается обогащением корнеобитаемых горизонтов токсичными элементами вследствие аэрогенного и агрогенного загрязнений; в результате увеличивается нагрузка несвойственных концентраций тяжелых металлов в корнеобитаемой части профиля, оказывающих многоплановое воздействие на свойства почв, особенности их функционирования, формирование массы урожая культурными растениями и качество получаемой продукции.

Сельскохозяйственное использование почв увеличивает содержание стронция и свинца в пахотном горизонте и в некоторой степени снижает высокие концентрации меди, цинка, никеля, мышьяка, характерные для целинных аналогов. В результате пахотные гидроторфяные почвы относятся к категории «высоко опасного загрязнения». Наиболее опасным элементом-загрязнителем в них является мышьяк, содержание которого превышает ПДК при лимитирующих общесани-

тарном, транслокационном и миграционном (водном) показателях вредности [1].

Наличие в горизонте пахотной почвы «торфяного экрана» приводит к улучшению, с экологической точки зрения, микроэлементного баланса, по сравнению с почвой, обработанной традиционным способом. В данном случае заметно проявляется перспективность использования «нетрадиционной» технологии для снижения уровня и вероятности загрязнения пахотного горизонта свинцом, мышьяком, стронцием и т.д.

Таким образом, формирование теплоизолирующих экранов под корнеобитаемым слоем из слабопроводящего тепло растительного материала в почвах криолитозоны является перспективным способом обработки почв. Его использование отвечает принципам ведения ландшафтно-адаптивного земледелия.

По результатам мониторинга торфяных олиготрофных почв выявлены значительные изменения их агроэкологического состояния в зависимости от сельскохозяйственной направленности использования почв. Уже на начальной стадии освоения территории, при раскорчевке кустарников, уничтожении естественной растительности происходит разрушение сложившейся в процессе естественного развития ландшафта пространственно биогеохимической организации территории с присущим ей разнообразием экологических обстановок. Уничтожается централизованность эколого-геохимической системы, разрушаются или становятся менее емкими ранее существовавшие биогеохимические барьеры.

Смена естественных биоценозов с их видовым и биогеохимическим разнообразием агроценозами, особенно слагаемыми одним видом растений, а также обеднение видового состава растительности пастбищ уменьшают их устойчивость. Устойчивость агроценозов понижается также за счет того, что на пашнях поверхность почвы покрыта растительностью только часть года. Отсутствие биогеохимического барьера весной и осенью приводит к вымыванию элементов питания за пределы корнеобитаемого слоя, а также изменению содержания в них тяжелых металлов. В частности, возделывание однолетних трав, по сравнению с коренным улучшением естественных сенокосов, создает экологически более напряженную ситуацию по загрязнению почв мышьяком, хромом, никелем и цинком, в меньшей степени – свинцом.

В целях оптимизации агроэкологической стабильности торфяных олиготрофных почв разработана новая концепция формиро-

вания агроценоза, отличающаяся от предшествующих решений данной проблемы приоритетом биологизации и высокой адаптивности предлагаемых технологий. Основопологающими аспектами при этом являются активное вовлечение в производство аборигенных трав и учет особенностей проявления естественных природных процессов в ходе создания устойчивых, продуктивных сельскохозяйственных угодий. Следует отметить значительное средоулучшающее влияние аборигенных трав на экологическое состояние и плодородие почв, их способность защищать ее от развития явлений термокарста, водной, ветровой эрозий, от выгорания торфяников при пожарах, что в конечном итоге обеспечит расширение экологического ареала эффективного кормопроизводства на фоне снижения антропогенного пресса на окружающую среду.

Для экстремальных условий Севера Дальнего Востока России в Магаданском НИИ сельского хозяйства собрана коллекция местных трав, перспективных для региона. Это впервые окультуренные – арктагrostисы, вейник, кострец Пампеля; и известные в культуре, но местные популяции бекмании, лисохвоста, волоснеца. Создана коллекция трав, обладающих фитомелиоративными качествами, для возделывания в небольших хозяйствах области, способных произрастать на самых бедных почвах и формировать урожай до 5-6 т/га. Успешно интродуцированы американские сорта арктагrostиса и лисохвоста тростниковых (шт. Аляска), позволяющих на фоне $N_{90} P_{120} K_{60}$, на торфяных олиготрофных почвах получать урожай до 10 т/га сена.

При возделывании многолетних трав обращает на себя внимание их избирательная толерантность в отношении накопления в корнеобитаемом слое того или иного токсичного элемента. Не исключено, что отмеченное явление является следствием биологических особенностей возделываемых культур и требует специального изучения, на основе которого впоследствии возможна разработка приемов биологической детоксикации загрязненных пахотных почв и диагностических показателей (индикаторов) характера загрязнения.

Особое значение в процессе дальнейшей разработки системы ландшафтно-адаптивного земледелия будет иметь экологическая паспортизация наиболее благоприятных условий для произрастания трав,

включая количественный учет компонентов почвенного плодородия, выявлении его оптимальных агрохимических параметров и лимитирующих факторов. При этом уровень продуктивности экосистем конкретных видов аборигенных трав оценивается посредством анализа и последующего синтеза массива данных, определяющих идентичность показателей:

- сходные мерзлотные условия, водно-воздушные и тепловые свойства почв;
- близость свойств, характеризующих питательный режим, а, следовательно, и условия применения удобрений (реакция почв, степень гумусированности, валовой запас элементов питания, содержание доступных форм макро- и микроэлементов);
- потребность в мелиоративных мероприятиях;
- характер и интенсивность процессов эрозии и др.

Основопологающим условием при разработке современных технологий, обеспечивающих оптимизацию агроэкологического состояния торфяных олиготрофных почв региона, является учет особенностей их функционирования в целостной системе каждого ландшафта. При этом особое внимание должно быть обращено на природные ландшафтно-геохимические и, в частности, биогеохимические законы организации территориальных систем. Именно эти законы необходимо использовать для создания и сохранения устойчивых культурных ландшафтов, предварительно изучив особенности их проявлений в зоне распространения длительно-сезонной и многолетней мерзлоты. Для территории Севера Дальнего Востока принципиально важной является задача не только разработки адаптивных технологий, но адаптированной к местным ландшафтно-геохимическим условиям системе землепользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова О.Г. Влияние окультуривания на содержание микроэлементов в мерзлотных почвах Магаданской области // Пути совершенствования сельскохозяйственного производства на Крайнем Северо-Востоке: Сб. научн. трудов. / МЗНИИСХ СВ. — Новосибирск, 1992. — С. 123-133.
2. Перельман А.И. Геохимия: учеб. для геол спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1989. - 528 с.