

**ИЗУЧЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

The results of the agrochemical, physicochemical and sorption properties of different types of organic and organomineral raw materials and industrial wastes are presented in the article. At the result of the research it has been stated that using of peat, spropel, hydrolyzed lignin and mineral amendments in a certain ratios will allow obtaining organomineral mixtures with assigned properties.

**Введение.** В последнее время весьма пристальное внимание в мире уделяется качеству продуктов питания, так как здоровье человека напрямую зависит от качества и безопасности употребляемой пищи, а потребление загрязненных радионуклидами, тяжелыми металлами и пестицидами продуктов может сказаться на здоровье не только самого человека, но и последующих поколений. Решение данной проблемы имеет для Беларуси приоритетное значение.

В настоящее время в мировой практике сельского хозяйства все более широкое применение находят органические удобрения и различные типы субстратов на основе природного органического и минерального сырья, в том числе торфа, сапропелей, препаратов на основе гумусовых веществ, микробиологических препаратов и т. п. При этом основной задачей является получение экологически безопасных и биохимически полноценных продуктов сельского хозяйства.

Производство и переработка сельскохозяйственной продукции является одной из составляющих экономического развития ряда районов Беларуси. Основными видами выращиваемой овощной продукции в ряде регионов республики являются огурцы и томаты в теплицах, морковь, капуста, лук в открытом грунте.

Эффективность выращивания растений в закрытых условиях определяется уровнем плодородия почв, а также в значительной степени зависит от вида применяемого субстрата. Субстрат считается оптимальным, если он содержит достаточное количество минеральных и органических веществ, обладает воздухо- и водопроницаемостью, теплопроводностью и оптимальной влагоемкостью [1].

Овощные культуры защищенного грунта весьма требовательны к условиям корнеобитаемой среды. В связи с этим к субстрату в защищенном грунте предъявляются особые требования, основными из которых являются: достаточно высокое содержание питательных веществ, благоприятные физические свойства, оптимальная реакция среды. Кроме того, субстраты должны быть свободны от инфекционного и вредоносного начала, не содержать токсичных примесей [1].

Как известно, искусственные субстраты имеют сложную структуру. Они представляют собой трехмерные трехфазные системы, агрономические свойства которых определяются

размером твердой фазы и соотношением твердой, жидкой и газообразной фаз. Для обеспечения полноценного физиологического развития корневой системы растений необходимо сохранение благоприятных агрофизических и химических свойств и оптимальных соотношений между твердыми, жидкими и газообразными компонентами [1, 2].

При всех способах выращивания растений качество субстрата влияет на развитие надземной части молодого растения и корневой системы, а также на дальнейшее развитие в послепосадочный период. Для основных овощных культур оптимальная реакция торфосмесей слабокислая или близкая к нейтральной, что соответствует рН водной суспензии 6,5–6,8 и солевой 6,1–6,3. Нейтрализация избыточной кислотности происходит за счет применения известковых материалов [2].

В этой связи для выращивания сельскохозяйственной продукции в условиях закрытого грунта, снижения в ней концентрации радионуклидов, тяжелых металлов и повышения плодородия почв перспективным представляется использование органоминеральных смесей на основе природного органического и минерального сырья (различных видов торфа, сапропелей, древесной коры, лигнина, трепела и др.).

Так, для производства органоминеральных смесей планируется использовать различные виды торфа, сапропели, нейтрализованный гидролизный лигнин. В качестве минеральной добавки для снижения кислотности может быть использована доломитовая мука. Органоминеральные смеси будут предназначены для выращивания в теплицах, оранжереях и домашних условиях цветов, декоративных растений, а также рассады овощных культур.

Наиболее известным органическим сырьем в мировой сельскохозяйственной практике является верховой торф [1–3]. В настоящее время на его основе изготавливаются разнообразные составы тепличных грунтов, почвогрунтов, субстратов, компостов и т. д. Верховой и низинный торф различаются содержанием органического вещества, азота, фосфора, кальция и золы, а также кислотностью. Для теплиц пригодны оба его типа. Верховой торф формируется в условиях низкой микробиологической активности, он кислый и поэтому стерилен [1].

Для нейтрализации избыточной кислотности торфа используются минеральные добавки (доломитовая мука и др.) [1, 4]. После нейтрализации избыточной кислотности происходит быстрое разложение торфа. Поэтому для стабилизации свойств субстратов на основе торфа, а также для повышения его питательной ценности используются добавки органического происхождения, такие как сапрпель, гидролизный лигнин и др. [1, 2].

Для выращивания рассады овощных культур торфяной субстрат должен иметь показатели, представленные в табл. 1 [2].

Таблица 1

**Показатели качества торфяного субстрата**

Показатель	Значение
рН (водн.)	5,0–6,5
Общее содержание солей, mSm/cm	1,3–1,8
Азот, мг/л	100–150
Фосфор, мг/л	30–40
Калий, мг/л	165–230
Магний, мг/л	45–65

Одним из компонентов органоминеральных смесей являются донные отложения пресноводных озер – сапрпели. Сапрпели богаты веществами необходимыми для питания и развития растений: макро- и микроэлементами, витаминами и другими биологически активными веществами. Основную часть органического вещества сапрпелей составляют гуминовые кислоты, являющиеся стимуляторами роста растений [5]. На основании исследований образцов сапрпелей из ряда озер Беларуси установлено [6], что сапрпели перспективны для приготовления удобрений, являются экологически чистыми и безопасными.

Высокая удельная поверхность и коллоидная структура сапрпелей обуславливает их значительную поглотительную способность, что позволяет использовать сапрпели в качестве сорбентов радионуклидов [7].

Применение сапрпелей в качестве одного из компонентов органоминеральных смесей позволит снизить накопление в сельскохозяйственной продукции радионуклидов.

Одним из материалов с большим содержанием органического вещества (до 91%) также является промышленный отход гидролизной промышленности – гидролизный лигнин. Гидролизный лигнин обладает хорошими водно-физическими свойствами, сорбционной способностью, участвует в гумусообразовании, является структурообразователем почв [1, 8, 9]. Использование его в качестве одного из компонентов почвенных субстратов будет положительно

влиять на их состав и свойства, обеспечивая субстрат органическим веществом.

Таким образом, использование в составе органоминеральных смесей вышеперечисленных компонентов в определенном процентном соотношении позволит создать оптимальные для роста и развития растений субстраты.

**Объекты и методы исследований.** Целью данной работы было исследование агрохимических, физико-химических и сорбционных свойств природного органического, органоминерального сырья и промышленных отходов Республики Беларусь.

Для проведения исследований были отобраны следующие образцы сырья:

- 1) торф:
  - верховой (Слуцкий торфобрикетный завод);
  - переходной (Житковичский торфобрикетный завод);
  - низинный (Житковичский торфобрикетный завод);
- 2) сапрпель:
  - органический (оз. Черное, Лунинецкий р-н);
  - кремнеземистый (оз. Червоное, Житковичский р-н);
  - карбонатный (оз. Вечер, Любанский р-н);
- 3) гидролизный лигнин:
  - кислый (Речицкий гидролизный завод);
  - нейтрализованный (Речицкий гидролизный завод);
  - кислый (Бобруйский гидролизный завод);
  - нейтрализованный (Бобруйский гидролизный завод).

Агрохимические исследования образцов торфа, сапрпеля и гидролизного лигнина проводились по следующим показателям: кислотность водной вытяжки, содержание органического вещества, содержание водорастворимых солей [10–12].

Содержание токсичных элементов в образцах торфа, сапрпеля и гидролизного лигнина в валовой и подвижной формах определяли атомно-абсорбционным методом [13].

Для изучения сорбционных свойств использовалось органоминеральное сырье – сапрпели различных типов. Методика исследований заключалась в следующем. Сорбционная способность сапрпелей по отношению к  $^{90}\text{Sr}$  определялась по изменению его концентрации в жидкой фазе от времени методом ограниченного объема в статических условиях [14]. Активность радиоактивного раствора при этом составляла  $(100 \pm 10)$  Бк/мл. Соотношение сапрпель : раствор – 1 : 25. Через определенные промежутки времени образцы центрифугировались (при 5000 об/мин в течение 30 мин), отбиралась жидкая фаза, которая затем фильтровалась.

Для определения водорастворимой обменной и необменной формы  $^{90}\text{Sr}$  в системе твердая фаза : раствор использовался метод последовательных

вытяжек дистиллированной водой и 0,5М раствором CaCl<sub>2</sub>. Измерения активности <sup>90</sup>Sr в полученных вытяжках проводились через 14 сут после установления равновесия между <sup>90</sup>Sr и <sup>90</sup>Y на гамма-бета спектрометре РУС-91М.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты агрохимических исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2  
**Агрохимические свойства сырья**

Сырье	рН	Содержание	
		ОВ, %	ВС, мг/л
Торф:			
верховой	3,5	93,3	1753
переходной	4,2	82,5	–
низинный	5,5	75,7	678
Сапропель:			
органический	5,7	86,5	88
кремнеземистый	5,6	47,1	584
карбонатный	4,6	28,2	424
Гидролизный лигнин:			
кислый (г. Речица)	3,0	91,2	923
нейтрализованный, (г. Речица)	7,0	90,1	205
кислый (г. Бобруйск)	4,1	86,6	–
нейтрализованный (г. Бобруйск)	7,9	82,3	–

*Примечание.* ОВ – органическое вещество, ВС – водорастворимые соли.

Изученные образцы сырья отличаются по своим агрохимическим свойствам. Сильно кислую реакцию среды имеют верховой торф и образцы кислого гидролизного лигнина. Сапропели обладают реакцией среды от среднекислой до слабокислой. Нейтрализованный гидролизный лигнин обладает реакцией от нейтральной до слабощелочной, поскольку нейтрализован известковым молоком.

Высоким содержанием органического вещества отличаются торф и лигнин. Содержание

органического вещества в сапропелях зависит от их типа.

Значительным содержанием водорастворимых солей характеризуются верховой торф, кремнеземистый сапропель и кислый гидролизный лигнин (г. Речица).

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: образцы торфа и гидролизного лигнина характеризуются высоким содержанием органического вещества, что достаточно хорошо может влиять на рост и развитие растений, поскольку при Действии микроорганизмов происходит разложение органических веществ и соответственно выделение полезных для растений соединений. Присутствие в смеси сапропеля также позволит обогатить смесь питательными веществами, необходимыми для роста и развития растений.

Наличие токсичных веществ в составе органоминеральных смесей может привести к их поступлению в растения. При этом основными потенциальными загрязнителями могут быть тяжелые металлы. Для оценки степени загрязненности тяжелыми металлами образцов сырья были проведены исследования по изучению содержания их валовых и подвижных форм, результаты которых представлены в табл. 3.

Для сравнения полученных результатов в табл. 3 приведены предельно-допустимые концентрации данных элементов для нетрадиционных органических удобрений (НОУ) [15] и почв [16].

Как видно из табл. 3, концентрации тяжелых металлов во всех исследованных образцах в десятки раз меньше, чем существующие нормы для нетрадиционных органических удобрений. Однако по сравнению с предельно-допустимыми концентрациями для почв наблюдается некоторое превышение для отдельных элементов: по меди для гидролизного лигнина (кислого и нейтрализованного) и сапропеля, по цинку для сапропеля. Поэтому необходимо уделять особое внимание контролю органоминерального сырья и промышленных отходов по показателям экологической безопасности.

Таблица 3  
**Физико-химические свойства сырья**

Образец	Содержание тяжелых металлов, мг/кг							
	Cu		Zn		Pb		Cd	
	П	В	П	В	П	В	П	В
Сапропель кремнеземистый (оз. Червоное)	3,79	14,16	37,6	70,3	10,68	23,22	0,33	0,68
Гидролизный лигнин (нейтрализованный)	19,14	28,18	7,0	10,5	7,15	2,85	0,11	0,16
Гидролизный лигнин (кислый)	13,85	21,67	0,4	2,0	29,86	3,74	0,07	0,07
Торф низинный	0,139	0,291	1,218	1,540	0,824	0,898	0,023	0,027
НОУ (сапропель, лигнин)	–	1000	–	2500	–	750	–	20
Почва	3,0	–	23,0	–	–	32,0	0,5	–

*Примечание.* П – подвижные формы, В – валовое содержание.

Для оценки сорбционных свойств сапропелей были проведены исследования по сорбции-десорбции  $^{90}\text{Sr}$  на образцах сапропелей. На основании экспериментальных данных рассчитаны кинетические параметры сорбции  $^{90}\text{Sr}$  образцами сапропелей: степень сорбции ( $F_c$ ) и коэффициент распределения  $K_d^{tot}$ . Полученные данные представлены в табл. 4.

Таблица 4  
Сорбционные свойства сапропелей

Тип сапропеля (наименование озера)	$F_c$ , %	$K_d^{tot}$ , л/кг
Кремнеземистый (оз. Червоное)	62,0	40,8
Карбонатный (оз. Вечер)	50,0	25,0
Органический (оз. Черное)	80,4	102,6

Из данных, представленных в табл. 4, видно, что изученные образцы сапропелей обладают достаточно высокой сорбционной способностью по отношению к  $^{90}\text{Sr}$ , величина равновесной сорбции изменяется от 50 до 80% в зависимости от типа сапропеля. Соответственно изменяется и суммарный коэффициент распределения, наибольшее значение  $K_d^{tot}$  (102,6 л/кг) характерно для органического сапропеля (оз. Черное). Таким образом, наилучшей сорбционной способностью по отношению к  $^{90}\text{Sr}$  обладает данный тип сапропеля.

На рис. 1 представлена зависимость содержания фиксированных форм  $^{90}\text{Sr}$  в образцах сапропелей ( $F_{fix}$ ) от времени взаимодействия с радиоактивным раствором.

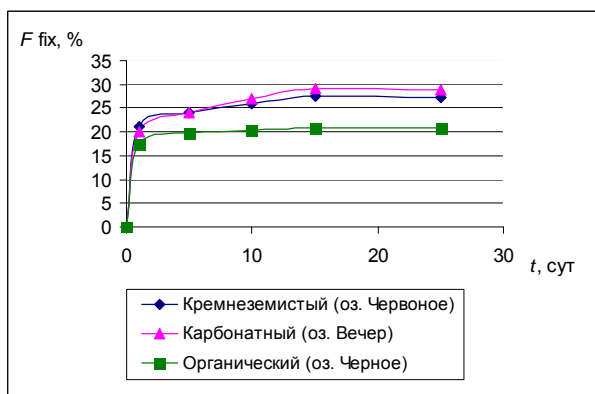


Рис. 1. Зависимость фиксации  $^{90}\text{Sr}$  образцами сапропелей различного типа

Как видно из рис. 1, наибольшая фиксирующая способность сапропелей наблюдается уже через 15 сут взаимодействия с радиоактивным раствором. При дальнейшем увеличении времени возрастания фиксирующей способности не наблюдается.

Наибольшая фиксирующая способность по отношению к радиостронцию характерна для кремнеземистого и карбонатного типа сапропе-

ля. По-видимому, это объясняется высоким содержанием в данных типах сапропелей гуминовых кислот и наличием минеральной составляющей, что позволяет использовать сапропели также в качестве сорбента радионуклидов.

По содержанию водорастворимых, обменных и фиксированных форм радиостронция сапропели существенно различаются (рис. 2).

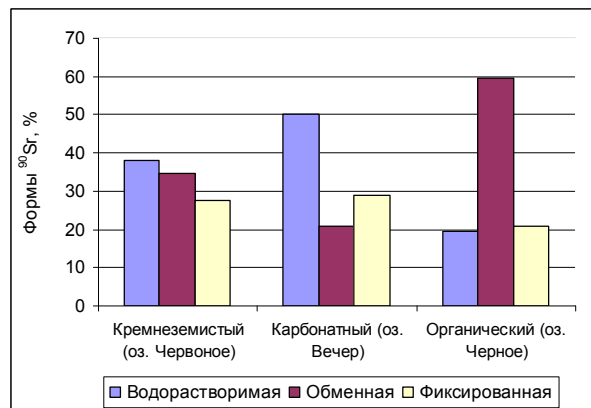


Рис. 2. Содержание форм  $^{90}\text{Sr}$  в образцах сапропелей

Как видно из рис. 2, в кремнеземистом и карбонатном типах сапропелей содержание водорастворимого  $^{90}\text{Sr}$  составляет 38 и 50% соответственно, т. е. около половины поглощенного радиостронция вымывается. Наибольшее содержание обменного  $^{90}\text{Sr}$  характерно для органического сапропеля, вымывание которого происходит в результате взаимодействия сапропеля с раствором  $\text{CaCl}_2$ . Наибольшей же фиксацией радиостронция отличаются кремнеземистый и карбонатный тип сапропеля.

Выполненные эксперименты по сорбции радиостронция на сапропелях показали, что наиболее перспективным среди исследованных с сорбционной точки зрения для получения органоминеральных смесей является кремнеземистый сапропель (оз. Червоное). Использование данного типа сапропеля для получения органоминеральных смесей будет способствовать закреплению радионуклидов и препятствовать их поступлению в растения.

**Заключение.** Общеизвестно, что после аварии на ЧАЭС почвы Беларуси содержат наибольшую часть выброшенных при взрыве радионуклидов, которые мигрируют в окружающей среде и являются основным источником загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Использование в составе органоминеральных смесей торфа, сапропелей, гидролизного лигнина и минеральных добавок в определенном процентном соотношении позволит создать оптимальные для роста и развития растений субстраты.

Применение органоминеральных смесей в закрытых условиях позволит значительно повысить урожайность и качество сельскохозяйственных культур, при этом произойдет снижение содержания радионуклидов в продукции.

Таким образом, использование органоминеральных смесей для выращивания овощных культур в закрытых условиях будет являться эффективной, экологически безопасной и экономически оправданной мерой, направленной на получение нормативно чистой сельскохозяйственной продукции и будет способствовать безопасному ведению сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами почвах.

### Литература

1. Козловская, И. П. Корнеобитаемая среда в защищенном грунте / И. П. Козловская. – Минск: Технопринт, 2002. – 173 с.
2. Аутко, А. А. Технологии возделывания овощных культур / А. А. Аутко. – Минск: Красико-Принт, 2001. – 272 с.
3. Инструкция по использованию торфа в сельскохозяйственном производстве / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»; сост.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: РУП «БНИВНФХ в АПК», 2006. – 25 с.
4. Ресурсосберегающие технологии приготовления торфяно-растительных грунтов / А. А. Аутко [и др.] // Природные ресурсы. – 2005. – № 2. – С. 37–42.
5. Инструкция по использованию сапропеля в сельскохозяйственном производстве. Науч.-практ. изд. / ИПИПРЭ НАН Беларуси; сост.: Н. Н. Бамбалов [и др.]. – Минск: РУП «БНИВНФХ в АПК», 2007. – 29 с.
6. Гордобудская, О. М. Эколого-агрохимическая оценка сапропелей Белоруссии / О. М. Гордобудская, Г. А. Евдокимова // Агрохимия. – 1994. – № 10. – С. 54–60.
7. Москальчук, Л. Н. Использование сапропелей в качестве мелиорант-сорбентов для реабилитации почв, загрязненных радионуклидами / Л. Н. Москальчук // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хімі. навук. – 2005. – № 4. – С. 86–91.
8. Органические удобрения на основе гидролизного лигнина и их использование в сельском хозяйстве / В. А. Тикавый [и др.]; под общ. ред. В. А. Тикавого. – Минск: БелНИИНТИ, 1983. – 40 с.
9. Исследование гидролизного лигнина в целях возможного использования в качестве мелиорант-сорбента для реабилитации загрязненных радионуклидами почв / И. Б. Капустина [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 2006. – Т. 14, № 1. – С. 17–22.
10. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности: ГОСТ 11623–89. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
11. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности: ГОСТ 11306–83. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 3 с.
12. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Метод определения содержания водорастворимых солей: ГОСТ 27894.9–88. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 4 с.
13. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / Гос. агропром. ком. СССР, Всесоюз. произв.-науч. объединение по агрохим. обслуживанию сел. хоз-ва, Центр. ин-т агрохим. обслуживания сел. хоз-ва. – М.: ЦИНАО, 1989. – 61 с.
14. Знаменский, Ю. П. Кинетика ионообменных процессов / Ю. П. Знаменский, Н. В. Бычков. – Обнинск: Принтер, 2000. – 204 с.
15. Орлов, Д. С. Экологические нормативы на нетрадиционные органические удобрения / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Д. В. Ладонин // Химия в сел. хоз-ве. – 1995. – № 5. – С. 35–38.
16. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.12-1-2004. – Утв. 31.12.2003. – Минск: ГУ РЦГЭ и ОЗ МЗ РБ, 2004. – 8 с.