

Земледелие и мелиорация

УДК 631.86 + 631.5

DOI: 10.31857/S2500262721020010

БИОМЕЛИОРАЦИЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**Г.Ю. Рабинович**, доктор биологических наук,
Т.С. Зинковская, О.Н. Анциферова, кандидаты сельскохозяйственных наук*Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru*

Рациональное использование приемов и средств биологической мелиорации на осушаемых землях позволяет собирать запланированные урожаи хорошего качества, предупреждать деградацию почв, обеспечивать возможную детоксикацию почвенного покрова, водных источников и продукции растениеводства. В работе показано значение биологической мелиорации на осушаемых землях, связанное с использованием трёх классов мелиоративных средств: органических удобрений, удобрительных биопрепаратов и фитомелиорантов. Наиболее широкое применение на осушаемых почвах имеет класс органических удобрений, в котором преобладают навоз, птичий помёт и компосты, создаваемые на их основе. Технологии производства компостов из органического сырья постоянно совершенствуются, в том числе с использованием метода биологической аэробной твёрдофазной ферментации. Продукт биоconversion органического сырья – компост многоцелевого назначения (КМН) характеризуется высоким содержанием питательных веществ (2,5-2,7 % общего азота; 2,0-2,2 % фосфора; 1,5-1,7 % калия) и обладает рядом других полезных свойств. Использование на осушаемых землях в качестве фитомелиоранта козлятника восточного позволяет накапливать благодаря бобоворизобиальному симбиозу до 480 кг/га азота в год. Биопрепараты, обладающие комплексным биомелиоративным действием, на мелиорированных почвах обеспечивают благоприятный режим питания возделываемых культур.

BIOMELIORATION ON DRAINED LANDS**Rabinovich G.Yu., Zinkovskaya T.S., Antsiferova O.N.***Federal Research Center V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
119017, Moscow, Pyzhevsky per., 7, str. 2
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru*

In connection with climate change, a model of varieties for winter triticale has been developed, and separately grain and Rational use of methods and means of biological reclamation on drained lands allows you to get the planned harvest of good quality, prevent soil degradation, and ensure the possible detoxification of the soil cover, water sources and crop production. The paper shows the importance of biological reclamation on drained lands associated with the use of three classes of bioreclamation agents: organic fertilizers, fertilizing biological products and phytomeliorants. The most widespread use on drained soils is the class of organic fertilizers, in which manure, bird droppings and composts created on their basis prevail. Technologies for the production of composts from organic raw materials are constantly being improved, including using the method of biological aerobic solid-phase fermentation. Thus, the product of bioconversion of organic raw materials - multipurpose compost (KMN), obtained at VNIIMZ, has a high content of nutrients (2.5-2.7% of total nitrogen; 2.0-2.2% of phosphorus; 1.5-1.7% potassium) and has a number of other beneficial properties. The use of the galéga orientális as a phytomeliorant on drained lands makes it possible to accumulate up to 480 kg / ha of nitrogen per year due to the legume-rhizobial symbiosis. Biological products with a complex biomeliorative effect on reclaimed soils provide a favorable diet for cultivated crops.

Ключевые слова: биологическая мелиорация, органические удобрения, компосты, сидераты, фитомелиоранты, биопрепараты

Key words: biological reclamation, organic fertilizers, composts, green manure, phytomeliorants, biological products

Биологическая мелиорация почв при ограниченном применении химических средств не только способствует повышению плодородия, но и гарантируют производство высококачественной экологически безопасной растениеводческой продукции. Однако существующие трактовки биологической мелиорации в основном предполагают проведение мероприятий по воздействию на крупные объекты и в целом малоприменимы для систем земледелия, так как не содержат конкретных приёмов и средств, реализуемых в процессе сельскохозяйственного использования земель [1, 2, 3]. Так, фитомелиоранты обычно рассматривают только в качестве рассолителей и закрепителей почвы или в виде древесно-кустарниковых насаждений, часть приёмов биомелиорации рекомендована для применения на охотничьих и рыбных угодьях.

В структурную схему биологических мелиораций, разработанную ВНИИМЗ для земледелия на осушае-

мых почвах, включены 3 класса биомелиорантов: органические удобрения, землеудобрительные биопрепараты и фитомелиоранты [4]. Среди них основное значение для производства имеет класс органических удобрений, разделяемый на подклассы, представленные в основном навозом, птичьим пометом и создаваемыми на их основе компостами. Кроме того, в подклассах рассматриваются сидераты, торф, солома, растительные остатки, сапропели и органические отходы различных предприятий.

Каждому классу биомелиорантов присущи определённые функции: органические удобрения – основные поставщики в почву элементов питания растений (в том числе микроэлементов) и органических веществ с полезной микрофлорой. Землеудобрительные биопрепараты оказывают комплексное влияние – целенаправленно увеличивают концентрацию агрономически полезной микрофлоры в почве, подавляют

развитие почвенных патогенов, обеспечивают повышение устойчивости растений к стрессовым ситуациям и др. Сильное мелиорирующее воздействие на те или иные агрофизические или агрохимические свойства почвы оказывают некоторые сельскохозяйственные культуры, поэтому их с полным правом можно отнести к фитомелиорантам. Сидераты присутствуют как в классе органических удобрений (зелёные удобрения), так и в классе фитомелиорантов [5].

Цель исследований – показать влияние различных биомелиорантов на плодородие осушаемой дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур на основе разработанной структурной схемы биологических мелиораций.

Методика. Разработку структурной схемы биологических мелиораций выполняли на основе анализа структуры биомелиораций, входящих в состав мелиоративного кадастра (ВНИИГиМ), схемы СевНИИГиМ, мелиоративной энциклопедии. Для ее обоснования использовали данные полевых экспериментов, проведенных Всероссийским научно-исследовательским институтом мелиорированных земель (ВНИИМЗ) на осушаемых дерново-подзолистых почвах.

Результаты и обсуждение. В земледелии Нечернозёмной зоны, из трёх классов, обозначенных ранее биомелиорантов, наиболее широкое распространение получили органические удобрения, среди которых преобладают удобрения на основе навоза и птичьего помета. Они оказывают неоспоримое биомелиоративное воздействие на многие свойства почвы. Органические удобрения способствуют накоплению гумуса и снижению кислотности, увеличивают запас питательных веществ и содержание поглощённых оснований, усиливают биологическую активность почвы, улучшают агрегатный состав, уменьшают уплотнение почвы и др. Мелиорируемые земли, отличающиеся благодаря регулируемому водно-воздушному режиму высокой потенциальной продуктивностью возделываемых культур, нуждаются в экологически безопасных биомелиоративных средствах, в первую очередь, органических удобрениях [6, 7].

Навоз и помет – основные виды удобрений биологической природы, включённые в замкнутую систему постоянно возобновляемой органической субстанции: «животноводство → органические удобрения → почва → почвенная микрофлора → биогенные элементы питания растений → продукция растениеводства → животноводство». С точки зрения земледелия основное звено этой цепи – почва, плодородие которой формируют органические удобрения.

Наибольшей питательной ценностью обладает птичий помет, использование 1 т которого равнозначно внесению 2,0-2,5 т навоза КРС и свиней. Наименьшей агрохимической ценностью характеризуются жидкие удобрения и навозные стоки. Хозяйства могут самостоятельно выбирать те или иные виды органических удобрений, но для каждого средства необходимо использовать проверенные наукой и практикой рекомендации по их наиболее эффективному производству и применению.

Следует учитывать, что на осушительных системах с закрытой дренажной сетью, закладываемой на глубину порядка 1 м, после обильных осадков уровень почвенно-грунтовых вод поднимается довольно близко к поверхности и при передозировке или неравномерном распределении органических удобрений вполне возможен их контакт с почвенной водой. В результате образовавшийся раствор, содержащий экологически

опасные соединения, через дренажно-коллекторную систему может попасть в природные водоприемники. Поэтому вносимые удобрения необходимо строго нормировать и незамедлительно заделывать.

На осушаемых землях внесение подстильных форм навоза и помета осуществляется в основном под интенсивные культуры (картофель, кормовые корнеплоды, овощные). Лучше всего навоз запахивать под зябь или ранней весной на глубину 15-25 см (более мелкая заделка – на тяжелых почвах). Эффективно локальное внесение в борозды или лунки. Известкование повышает удобрительную ценность навоза (по урожаю) до 40 % [7, 8].

Основное требование к внесению всех органических удобрений – равномерное распределение по поверхности полей [6]. Примерные дозы подстильного навоза в севооборотах составляют 30-60 т/га, помета – до 20-25 т/га. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве в зависимости от их плодородия расчет проводят по ежегодным нормам внесения [9].

Рекомендуемые ВНИИМЗ дозы навоза для осушаемых окультуренных земель составляют 30-50 т/га, их вносят дважды за ротацию 6-7-польных севооборотов в первую очередь под картофель и озимые зерновые культуры. В первые годы окультуривания в зависимости от естественного плодородия почв необходимо ежегодно в течение 2-4 лет вносить навоз в дозе 50-100 т/га [7].

Бесподстильный навоз подразделяют на полужидкий (влажность до 92 %) и жидкий (влажность 92-97 %). В интенсивном земледелии рекомендуемые дозы применения жидкого навоза достигают 80-100 т/га, но не более 300 кг/га общего азота и предполагают быструю заделку совместно с измельченной соломой, оставляемой на поле. Внесение жидких форм навоза и помета рекомендуется ограничивать на осушаемых землях и при глубине залегания грунтовых вод выше 3 м. Наиболее приемлемый для жидких органических удобрений способ внесения – внутрпочвенный на глубину 18-20 см [10]. Не рекомендуется зимнее внесение жидких форм удобрений на склонах из-за их смыыва тальми водами.

Компостирование позволяет значительно расширить объемы производства органических удобрений на основе навоза и птичьего помета благодаря дополнительному привлечению природных органических ресурсов (торф, сапропель), растительных остатков, бытовых и промышленных отходов. Их производство становится наиболее актуальным сегодня, когда в стране резко сократилось поголовье сельскохозяйственных животных и выход навоза. Более того, компостирование с использованием различных влагопоглощающих материалов (торф, солома и др.) – наиболее приемлемый способ утилизации навоза и помета с высокой влажностью [11].

При соблюдении технологии компостирования и нормальном развитии биотермических процессов уже в исходном сырье происходит перегруппировка элементов питания из труднодоступных для растений соединений в легкоусвояемые формы, повышается их биологическая активность, устраняются жизнеспособные семена сорных растений и патогены. Удобрения приобретают такие необходимые технологические свойства, как сыпучесть и транспортабельность [6, 9].

Средние дозы применения торфонавозного компоста на осушаемых землях составляют 40-60 т/га, наиболее эффективно локальное внесение. Дозы внесения торфопометного компоста под пропашные культуры –

20-25 т/га, для зерновых – 8-15 т/га. Оптимальный срок внесения под яровые культуры – весенний, под озимые – начало августа [7].

В последние годы технологии приготовления компостов постоянно совершенствуются в направлении значительного сокращения сроков компостирования, дальнейшего повышения содержания в удобрениях питательных веществ и полезной микрофлоры, получения компостов с заданными удобрительными и технологическими свойствами [12].

Одна из технологий ускоренного производства высококачественного экологически безопасного компоста методом аэробной твёрдофазной ферментации органического сырья была разработана во ВНИИМЗ и внедрялась в регионах России и странах СНГ [13, 14]. Производство по этой технологии компоста многоцелевого назначения (КМН) предлагается осуществлять в специальных камерах – биоферментаторах, затраты на строительство которых окупаются менее чем за год. КМН – комплексное удобрение, 1 т которого содержит 25...27 кг азота, 20...22 кг фосфора, 15...17 кг калия, все необходимые культурным растениям микроэлементы и физиологически активные вещества, а также агрономически полезную микрофлору (до 10 млрд живых клеток/г). Совокупность этих качеств позволяет отнести его к полноценным биомелиорантам. Удобрение характеризуется высокой технологичностью применения. Срок удобрительного действия на полях превышает три года.

На мелиорированных землях успешно используют сидераты, солому и растительные остатки. Они, в первую очередь, служат очень важной статьёй пополнения содержания органического вещества. В биомелиоративном отношении наиболее ценны сидераты, используемые как зеленые удобрения, существенно улучшающие агрохимические, агрофизические, биологические свойства почв и при этом выполняющие фитосанитарные и природоохранные функции [15, 16].

Сидераты по своей питательной ценности практически не уступают подстилочному навозу и одновременно служат самыми дешёвыми и экономически выгодными органическими удобрениями, затраты на производство и применение которых в 2-4 раза ниже, по сравнению с навозом и в 3-4 раза, по сравнению с торфонавозным компостом [7, 17]. Эффективность внесения сидератов определяет соблюдение рекомендуемых сроков посева и уборки, а также технологий их заделки в почву [17].

Основная биомелиоративная роль соломы и растительных остатков заключается в оптимизации гумусового баланса осушаемых почв. Среднее количество пожнивно-корневых остатков варьирует от 3,6 т/га (после зерновых культур) до 9,3 т/га (после многолетних бобовых трав). Пожнивные и корневые остатки клевера и клеверно-злаковой смеси по содержанию сухого вещества и азота в расчете на 1 га могут быть приравнены к 24 т навоза [7, 17]. В 1 т соломы злаковых и бобовых культур содержится до 760 кг органического вещества, в пожнивных и корневых остатках – до 540 кг (см. табл.).

Торф в качестве удобрений практически не используют, за исключением супесчаных и песчаных почв, на которых применяют только низинный торф в дозах 30-40 т/га. Его основное использование в сельском хозяйстве – для подстилки животным и в качестве наполнителя для компостов. В последние годы на его основе производят различные гуминовые удобрения [18, 19, 20].

Сапропели до сих пор не нашли широкого применения в земледелии. Основная причина – большие за-

Средний агрохимический состав и ценность удобрений из растительного сырья

Название	Содержание в 1 т удобрения естественной влажности, кг			
	органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сидерат крестоцветных культур	140	4,3	1,8	5,8
Сидерат бобовых культур	140	8,0	1,2	3,0
Солома злаковых культур	760	5,0	2,0	9,0
Солома бобовых культур	760	12,0	2,5	6,0
Пожнивные и корневые остатки	540	2,8	1,8	4,1

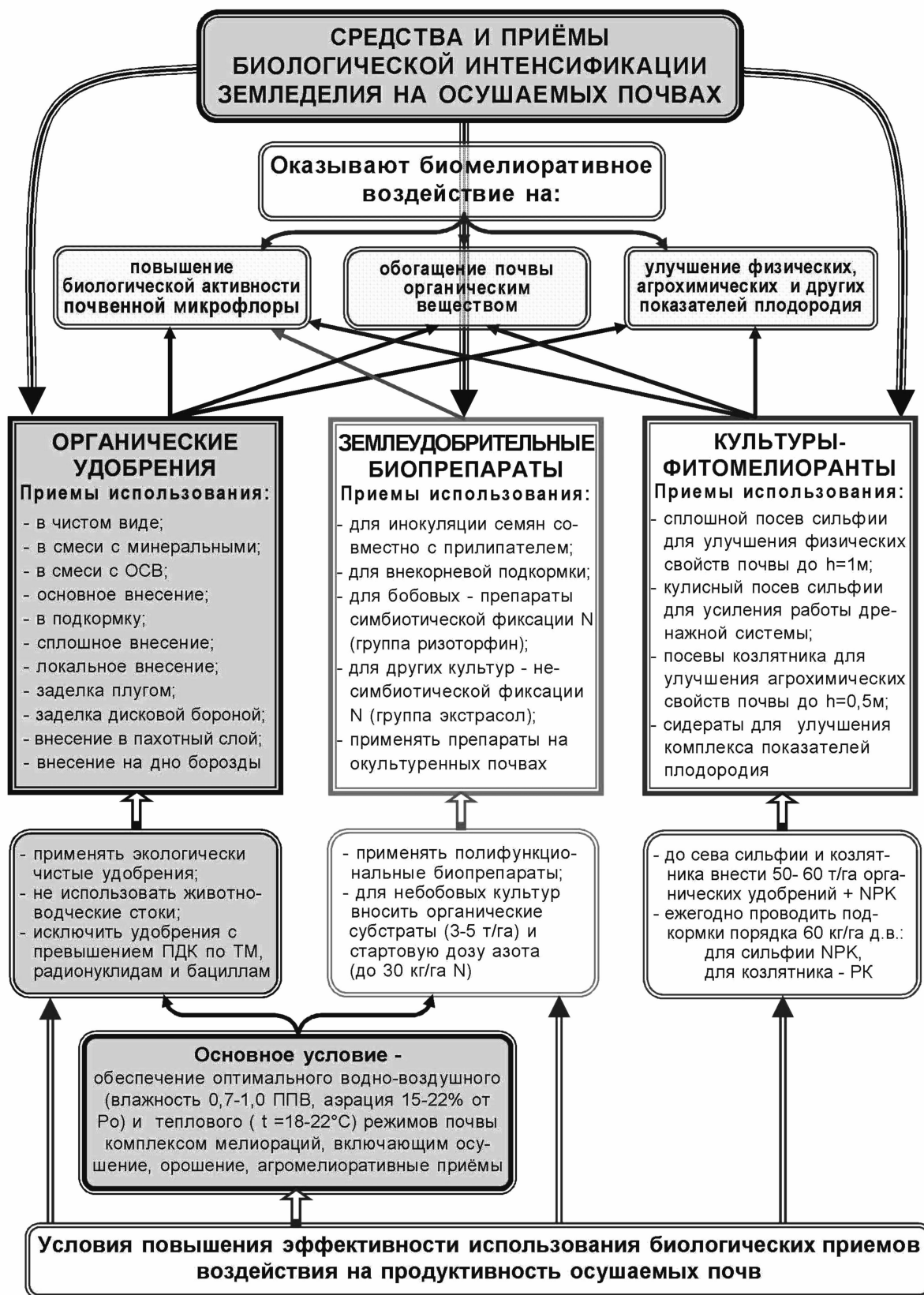
траты на добычу, сушку и перевозку, особенно, если доставка осуществляется на расстояние более 3 км. В зависимости от месторождения (и даже в самом месторождении), они сильно различаются по составу. Рекомендуемые дозы внесения 30-60 т/га. По действию на урожай сапрпель в дозе 60 т/га равенценен 20 т/га навоза. В современных условиях применение этого удобрения можно рекомендовать только на полях, расположенных вокруг сапрпелевых озер.

Многие органические отходы промышленности и коммунального хозяйства богаты макро- и микроэлементами, но из-за наличия в части отходов тяжелых металлов технология их переработки в органические удобрения сложна. К наиболее перспективному сырью для приготовления органических удобрений относят лигнин и древесную кору [9].

Более широкое распространение в последние годы получает использование осадков городских сточных вод, которые предварительно обеззараживают и обезвоживают. Главное условие при их применении в качестве удобрения – соблюдение требований по охране окружающей среды [21, 22]. В частности, не рекомендуется их внесение на мелиорируемых, в том числе осушаемых, землях [23].

Биологические препараты, также относящиеся к почвоулучшающим мелиорантам, обладают комплексным воздействием на режим питания растений [24]. При внесении в почву с обработанными семенами они усиливают минерализацию органического вещества, азотфиксацию, высвобождают дополнительное количество доступных элементов питания, повышают устойчивость культур к фитопатогенам и в суммарном воздействии увеличивают продуктивность и экологическую устойчивость агроценозов [25, 26, 27].

В «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» (по состоянию на 2019 г.) внесено порядка 60 зарегистрированных видов бактериальных удобрений, таких как Азотовит, Бактофосфин, Байкал, Экстрасол и др. Такие препараты позволяют направленно регулировать состав и численность микробного комплекса в ризосфере в соответствии с потребностями и возможностями растений. В растениеводстве применяют биологически активные средства, приготовленные на основе как микробной массы, так и выделяемых ею метаболитов. В некоторых случаях оба компонента (микробная масса и метаболиты) используют совместно. Производство классических биопрепаратов, относящихся к землеудобрительным, основано на присущих почве высокопродуктивных штаммах клубеньковых бактерий, фосфатмобилизую-



*Структурно-функциональна схема использования биомелиоративных средств
в биологизированных системах земледелия.*

щих микроорганизмов, силикатных бактерий и других представителей микрофлоры [28].

Разработка технологий использования высокоэффективных и экологически безопасных биологических препаратов, предназначенных для оптимизации питания растений, – одно из приоритетных направлений современной биотехнологии [29, 30].

Большое влияние на эффективность биопрепаратов оказывают агроэкологические условия возделывания растений. Прежде всего, от них нельзя ждать хороших результатов на бедных или переувлажненных почвах. Для эффективного действия биопрепаратов в Нечерноземной зоне РФ осушительные системы должны обеспечивать нормальный водно-воздушный режим почв с поддержанием влажности в пахотном слое не ниже 70 % от ППВ. Для повышения эффективности процесса азотфиксации необходимо, чтобы в пахотном горизонте содержалось не менее 10-15 мг/100 г почвы подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) при кислотности близкой к нейтральной ($pH > 6$) [7].

При внесении биопрепаратов под бобовые культуры выявлена негативная роль азотных удобрений, которые при любых сроках внесения подавляют симбиотическую азотфиксацию. Только на слабокультуренных, в основном, песчаных, почвах внесение малых «стартовых» доз азота (30-45 кг/га) может повысить эффективность биопрепаратов [31].

Для увеличения ассоциативной азотфиксации при использовании микробных препаратов необходима стартовая доза азота (до 30 кг/га). По нашим данным, на осушаемых почвах дополнительное внесение вместе с этой дозой энергетических субстратов (соломы, перегноя) способствует формированию ещё большего урожая благодаря влиянию на азотфиксацию определённой концентрации CO_2 и повышенному количеству органического вещества в почве [7].

В земледелии класс культур-фитомелиорантов включает группы растений, которые оказывают наиболее сильное воздействие на те или иные параметры: водный, пищевой и солевой режимы почв, содержание органического вещества и азота в почве (сидераты), тепловой режим почв и посевов, фитосанитарная обстановка. На осушаемых почвах первостепенное значение имеют фитомелиоранты, оказывающие непосредственное влияние на водный режим и повышающие эффективность работы мелиоративной системы. Так, для ускоренного снижения уровня грунтовых вод рекомендуются сплошные или кулисные посевы многолетней кормовой культуры сильной пронзеннолистной [7].

В качестве фитомелиоранта, улучшающего водно-физические и агрохимические свойства почвы, хорошо зарекомендовал себя козлятник восточный. В пахотном и подпахотном горизонтах осушаемых дерново-подзолистых почв его развитая корневая система оказывает эффективное рыхлящее воздействие, что способствует повышению водопроницаемости. Особая ценность козлятника как фитомелиоранта заключается в повышении плодородия почвы путем дополнительного гумусонакопления и создания больших запасов основных элементов питания. Благодаря мощной симбиотической азотфиксирующей корневой системе в корнеобитаемом слое почвы под посевами козлятника может накапливаться до 480 кг/га азота в год. В опытах ВНИИМЗ после распашки козлятника 8-10 года пользования в почве оставалось 28-30 т/га корневой массы, содержащей 550-590 кг/га азота, 104-112 кг/га фосфора и 210-220 кг/га калия [32].

Состав основных средств, применяемых для улучшения свойств почв при биологической интенсифи-

кации земледелия на мелиорируемых землях можно представить в виде системы (см. рисунок), каждая нижестоящая подсистема которой находится в зависимости от «природно-климатических и экономических условий», а также «переработки навоза» и влияет на «животноводческое предприятие» через «корма» [33]. При этом, наряду с прямыми, существуют и обратные связи.

Представленная система относится к сложным биотехническим системам из-за наличия живых объектов (сельскохозяйственные животные, птицы) и технических средств. В то же время, ввиду сильного воздействия на неё внешней среды эта система открытого типа, которая сама оказывает большое влияние на внешнюю среду.

Таким образом, основу биологической интенсификации на осушаемых почвах составляет научно обоснованное экономически и экологически оправданное использование оптимальных биологических приемов воздействия на плодородие, обеспечивающее высокую продуктивность мелиорируемых почв с производством высококачественной растениеводческой продукции. Первоочередное внимание при этом должно уделяться современным агротехническим и биомелиоративным приемам, способным направленно регулировать содержание органического вещества в почве и её биологическую активность, что в конечном итоге будет положительно влиять на плодородие.

Литература

1. Кирейчева Л.В., Рекс Л.М., Юрченко И.Ф. Структура сельскохозяйственных мелиораций в мелиоративном кадастре // Гидротехника и мелиорация. 1987. № 5. С. 13–15.
2. Пестряков В.К. К вопросу о комплексной мелиорации земель Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР // Повышение плодородия почв путём мелиорации. Л.: СевНИИГиМ, 1979. С. 3–13.
3. Мелиоративная энциклопедия. М.: Росинформагротех, 2003. Т. 1. 672 с.
4. Зинковская Т.С., Ковалёв Н.Г., Зинковский В.Н. Классификация биологических мелиорантов, применяемых в земледелии // Плодородие. 2012. № 4. С. 20–22.
5. Органическое удобрение – эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор её супрессивности / М.С. Соколов, Ю.Я. Спиридонов, А.П. Глинушкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 4–12.
6. Ковалев Н.Г., Барановский И.Н. Органические удобрения в XXI веке (Биоконверсия органического сырья). Тверь: ЧуДо, 2006. 304 с.
7. Зинковский В.Н., Зинковская Т.С. Теория и технологии комплексного управления плодородием осушаемых почв с использованием эффективных приёмов и средств биологической мелиорации. Тверь: ТГУ, 2018. 267 с.
8. Справочная книга по производству и применению органических удобрений: коллективная монография / А.И. Еськов, М.Н. Новиков, С.М. Лукин и др. М.: ВНИПТИОУ, 2001. 496 с.
9. Агрохимия / В.Г.Минеев, В.Г.Сычёв, Г.П.Гамзиков и др. М.:ВНИИА, 2017. ч.6. С. 419–495.
10. Желязко В.И., Тиво П.Ф., Мажайский Ю.А. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах Нечерноземья. Рязань: ВНИИГиМ, 2006. 304 с.

11. Экологические проблемы утилизации отходов животноводства М.В. Шуварин, Е.Е. Борисова, Д.В. Ганин и др. // Вестник НГИЭИ. 2020. № 7 (110). С. 101–112.
12. Изучение процессов ферментации куриного помета под воздействием биологически активной добавки «Мефосфон» / Ф.С. Сибатагуллин, З.М. Халиуллина, А.Р. Сафиуллина и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2 (49). С. 42–47.
13. Технологии и технологический регламент производства компоста многоцелевого назначения (КМН) методом биоферментации. Методическое пособие. Тверь: ВНИИМЗ, 2001. 25 с.
14. Карасева О.В., Иванов Д.А., Рублюк М.В. Эффективность применения компоста многоцелевого назначения в севообороте в различных ландшафтных условиях // Земледелие. 2020. № 5. С. 28–31.
15. Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4–2 (56). С. 11–15.
16. Теймуров С.А., Имашова С.Н., Бабаев Т.Т. Влияния видов удобрений на изменение физических свойств луговокаштановой почвы Терско-Сулакской долины // Земледелие. 2020. № 5. С. 18–22.
17. Новиков Н.М., Тамонов А.М., Фролова Л.Д. Сидераты в земледелии Нечернозёмной зоны // Агрохимический вестник. 2013. № 4. С. 20–26.
18. Поливанов М.А., Гаврилов С.В., Темеришин Д.Д. Применение торфа и продуктов его переработки в сельском хозяйстве // Вестник НГАУ. 2016. 3(40). С. 152–175.
19. Ильин Л.И., Ненайденко Г.Н. Резервы повышения урожайности сельскохозяйственных культур во Владимирской области (перспективы использования торфяных удобрений) // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 5. С. 60–63.
20. Моторин А.С. Торф – важный ресурс для развития сельского хозяйства Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 8. С. 17–20.
21. Байбеков Р.Ф., Мерзлая Г.Е., Власова О.А. Продуктивность сельскохозяйственных культур при использовании удобрений из органических отходов на дерново-подзолистых почвах // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 9. С. 29–33.
22. Березнёв А.П., Томин А.П., Сидельников Н.А. Эффективность применения различных доз осадков сточных вод под многолетние травы используемых при озеленении городских территорий // Земледелие. 2018. № 3. С. 31–33.
23. Рабинович Г.Ю., Подолян Е.А., Зинковская Т.С. Использование осадка сточных вод и режим органического вещества дерново-подзолистой почвы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 4. С. 37–41.
24. Влияние обработки растительных остатков сельскохозяйственных культур биопрепаратами на подвижные гумусовые вещества чернозема типичного слабоэродированного / Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко и др. // Земледелие. 2020. № 5. С. 14–18.
25. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И.А. Тихонович, А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская и др. // Плодородие. 2011. № 3. С. 9–13.
26. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ВНИИА, 2005. 302 с.
27. Применение микробных препаратов на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / В.И. Фаизова, В.С. Цховребов, В.Я. Лысенко и др. // Земледелие. 2020. № 3. С. 27–29.
28. Дятлова К.Д. Микробные препараты в растениеводстве // Соровский образовательный журнал (СОЖ). 2001. Т. 7. С. 17–22.
29. Рабинович Г.Ю. Научные основы, опыт продвижения и перспективы биотехнологических разработок. Тверь: ТГУ, 2016. 195 с.
30. Соболева О.М. Роль ризосферных бактерий в повышении экологизации агроценозов // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 19–22.
31. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика микроорганизмов в сельском хозяйстве / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь и др. М.: РАСХН, ВНИИСХМ, 2005. 154 с.
32. Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья / В.А. Тюлин, Н.Н. Лазарев, Н.Н. Иванова и др. Тверь: Тверская ГСХА, 2014. 232 с.
33. Зинковский В.Н., Барановский И.Н., Зинковская Т.С. Функциональная схема механизма необходимых воздействий на регулируемые свойства осушаемых почв биомелиоративными средствами. Тверь: ВНИИМЗ, 2007. 38 с.

Поступила в редакцию 26.11.2020
 После доработки 14.01.2021
 Принята к публикации 28.02.2021