

УДК 631.465:631.442.5:631.613.2

**ДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ
В ТОРФЯНЫХ И ПОСТТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Л.Н. Лученок, кандидат сельскохозяйственных наук
С.Г. Вильтовская, младший научный сотрудник
РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: ферментативная активность, полифенолоксидаза, дегидрогеназа, инвертаза, фосфатаза, уреаза, торфяные почвы, постторфяные почвы

Введение

Почвенное плодородие не всегда определяется и зависит от водно-физических и агрохимических показателей торфяных почв. Кроме содержания в почве азота, фосфора и калия, а также водного режима, плодородие зависит от сложного комплекса биохимических реакций, катализируемых иммобилизованными в почве экзо- и эндоферментами микроорганизмов, флоры и фауны. Изменение их действия влечет различные модификации в почвенных процессах. Ферменты катализируют биохимические процессы: синтеза и/или распада гумуса, гидролиза органических соединений, остатков высших растений и микроорганизмов, а также окислительно-восстановительные процессы, т.е. основные звенья почвообразовательных процессов. Ферментативная активность является чувствительным индикатором, реагирующим на изменения экологической обстановки (изменения водно-воздушного, теплового и пищевого режимов, условий аэрации почвы) и хорошо отражающим трансформацию органического вещества, обусловленную освоением и окультуриванием торфяных почв, связанную с их сельскохозяйственным использованием. Окультуривание значительно видоизменяет природный процесс почвообразования и может привести к формированию новых видов, подтипов и даже типов почв. Биохимические тесты благодаря оценке активности ферментов, находящихся в адсорбированном состоянии на поверхности почвенных коллоидов и частично в почвенном растворе, дают возможность изучать современные процессы превращения органических и минеральных соединений (субстратов) и сравнивать их в распаханых, трансформированных и окультуренных торфяных почвах в пределах одних и тех же климатических условий. Кроме того, благодаря методам почвенной энзимологии можно изучить широкий круг сложных и важных научно-практических вопросов: участие ферментов в разложении органического вещества и образовании гумуса, значение их в питании растений, т.е. выявление взаимоотношений компонентов системы почва-фермент-растение (корни); роль ферментов в происхождении и жизни почвы, формировании почвенного плодородия.

Учет показателей энзиматической активности особенно важен при экономических

условиях землепользования, когда повышение урожайности сельскохозяйственных культур должно достигаться не за счет высоких доз удобрений, а за счет оптимизации биологических и агрохимических свойств почв. Направленно воздействовать на биохимические процессы в условиях агроценозов можно путем изменения водно-воздушного, теплового и пищевого режимов почвы. То есть, регулируя различные условия аэрации и обеспеченность энергетическими и пищевыми ресурсами в обрабатываемом слое, можно создавать в каждом случае определенный уровень плодородия почвы и одновременно сохранять потенциальное плодородие нижележащих слоев торфяных почв.

Таким образом, параметры ферментативной активности могут служить важным критерием перспективных для комплексной оценки продуктивности торфяных и постторфяных почв. С их помощью можно оценивать процессы, происходящие в почве, и, следовательно, их плодородие.

На начальных этапах использования осушенных торфяников определяли ферментативную активность [1-4]. Однако, долготлетнюю динамику изменения активности энзимов в торфяных почвах, зависящую от сроков и интенсивности сельскохозяйственного использования, и связанную с ней трансформацию органического вещества (ОВ) не изучали. С другой стороны, для анализа свойств постторфяных почв разных стадий эволюции и сравнения их плодородия с зональными дерново-подзолистыми песчаными и супесчаными почвами параметры ферментативной активности – один из репрезентативных показателей. В настоящее время изучением активности ферментов и влияния приемов интенсификации на ее уровень в дерново-подзолистых почвах занимаются широко [5-8].

В связи с этим нами были исследованы уровни и зависимости активности ферментов гидролаз (инвертаза, фосфатаза и уреазы) и оксидоредуктаз (полифенолоксидаза и дегидрогеназа) от содержания субстрата, органического вещества, глубины торфяного слоя, а также возраста сельскохозяйственного использования торфяных почв после осушения. Полученные параметры и зависимости будут использованы в дальнейшем для оценки плодородия постторфяных почв и долготлетия их сельскохозяйственного использования.

Методика исследований

Для решения поставленной задачи нами были отобраны 5 ферментов, относящихся к наиболее широко представленным в почвах классам энзимов: гидролазы и оксидоредуктазы.

Для выявления особенностей ферментативной активности торфяников разной мощности и возраста были проанализированы почвенные пробы, отобранные с объектов в пределах Белорусского Полесья и на Минской опытной болотной станции. Образцы отбирали на участках, которые были осушены в течение всего рассматриваемого времени использования.

Точки отбора почвенных проб по глубине почвенных профилей: «Канал Бона»,

предполагаемый срок службы – 449-457 лет (3 точки отбора: д. Борисово, д. Б. Корчицы, под Бельском); польдерная система в фольварке «Кристиново», предполагаемый срок службы – 212-223 года; бывшая Минская опытная болотная станция (МОБС, 1913 г.), срок службы – 95 лет; Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ), срок службы – 32 или 44 года.

Почву высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, размалывали и просеивали через сито диаметром 1 мм [9].

Активность инвертазы (по методу Т. А. Щербаковой [10]) определяли после инкубации почвы при 37°C в течение 4 ч с сахарозой для образования глюкозы. Затем прибавляли индикатор, кипятили 10 минут, резко охлаждали и калориметрировали при 508 нм.

Активность фосфатазы (по методу М. А. Tabatabai и J. M. Bremner) определяли после инкубации почвы при 37°C в течение 1 ч с п-нитрофенилфосфатом натрия (ПНФФ) для образования п-нитрофенола, который экстрагировали гидроокисью натрия и калориметрировали при 400 нм [11].

Активность уреазы определяли после инкубации почвы при 37°C в течение 4 ч с мочевиной для образования NH_4^+ , который затем экстрагировали трихлоруксусной кислотой (ТХУ) и раствором калия хлористого, затем приливали раствор сегнетовой соли и раствора Несслера и калориметрировали при 400 нм [11].

Активность полифенолоксидазы (по методу Л. А. Карягиной, Н. А. Михайловской) определяли после инкубации почвы при 30°C в течение 1,5 ч с гидрохиноном для образования бензохинона, который затем экстрагировали этиловым спиртом и калориметрировали при 470 нм [11].

Активность дегидрогеназы определяли после инкубации почвы при 37°C в течение 24 ч с 2,3,5-трифенилтетразолиум хлорид (ТТХ) для образования трифенилтетразолия формаза (ТТФ), который затем экстрагировали этанолом и калориметрировали при 485 нм [10]. Повторность опытов трехкратная. В отобранных почвенных пробах определено содержание органического вещества.

В статье использованы данные по содержанию нитратов и подвижных форм фосфора, предоставленные лабораторией использования осушенных минеральных земель и полученные в рамках совместно проводимого задания 1.10 по теме ГППИ 33 «Земледелие и механизация».

Результаты и обсуждение

Выбранные ферменты относятся к наиболее широко представленным во всех типах почв (особенно в зональных дерново-подзолистых) классам энзимов и отвечают за основные почвообразовательные процессы, а также определяют уровень плодородия почв: гидролазы и оксидоредуктазы [11].

Гидролазы ответственны за почвенные процессы, приводящие к распаду органи-

ческого вещества, т. е. катализирующие реакции гидролитического расщепления внутримолекулярных связей в различных высокомолекулярных органических соединениях (сложных эфирах, глюкозидах, пептидах, кислотоангиридах и др.). С другой стороны, гидролазы играют важную роль в обогащении почвы подвижными и доступными растениям питательными веществами, что напрямую связано с продуктивностью сельскохозяйственных культур. С гидролитическим разложением органических веществ связаны динамика и мобилизация усвояемых форм питательных элементов (например, азота и фосфора). Из гидролаз наиболее распространены в почве уреаза (гидролиз мочевины), фосфатаза (гидролиз фосфорорганических соединений по фосфоэфирным связям) и инвертаза (гидролиз веществ углеводного характера).

Оксидоредуктазы катализируют процессы, ведущие к формированию молекул гуминовых кислот (образование гумуса). Таким образом, изучение оксидоредуктаз важно для познания вопросов генезиса и плодородия почв (долголетнего). Из оксидоредуктаз

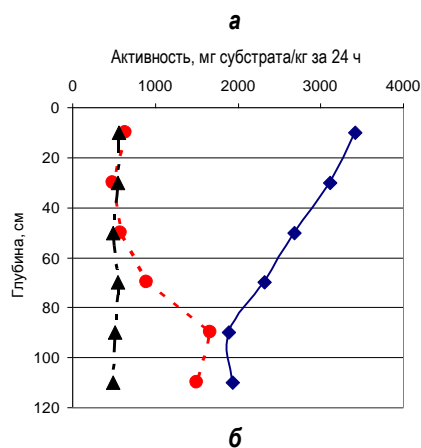
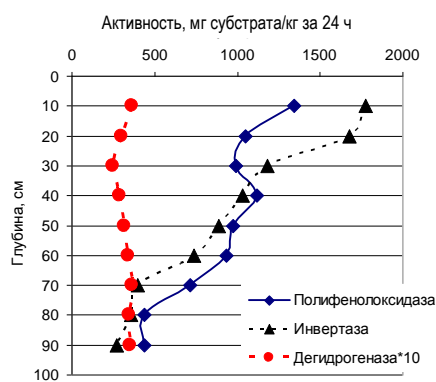


Рис. 1. Активность ферментов по почвенному профилю на МОБС: а – торфяные почвы были в сельхозиспользовании; б – контрольный разрез в березовой роще

наиболее широко распространены в почве дегидрогеназы (катализируют дегидрирование органических веществ, т.е. превращение растительных остатков в гумусовые вещества), полифенолоксидазы (катализируют процессы превращения органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса).

По степени активности гидролаз либо оксидоредуктаз можно судить об интенсивности тех или иных процессов, катализируемых этими ферментами, которые могут приводить к трансформации органического вещества торфяных почв, либо к процессам образования гумуса и сохранению плодородия почв не только в пахотном, но и в подпахотном горизонтах. При изучении ферментативной активности этих энзимов можно судить о гидролитических процессах и их интенсивности, происходящих на глубине (ниже 30-40 см), что позволит выделить пограничный почвенный слой, ниже которого трансформации органического вещества в мощных торфяниках не происходит и, следовательно, нет процессов их деградации. Также благодаря определению показателей активности оксидоредуктаз можно оценить скорость миграции минеральных соединений.

Ферменты находятся преимущественно в иммобилизованном (адсорбированном) состоянии на поверхности почвенных коллоидов и частично в почвенном растворе. Основными носителями энзимов при их закреплении являются гуминовые и фульвокислоты, а их соотношение выступает в роли фактора, регулирующего ферментативную активность [9, 11]. Механический состав почвы, ее структура, плотность и удельная поверхность также являются факторами, определяющими активность почвенных энзимов. Таким образом, почвенный профиль является колонкой с закрепленными ферментами, работающей по принципу ферментера колоночного типа.

Установлено, что активность почвенных энзимов может быть индикатором, отражающим изменение почвенных процессов по глубинам почвенного профиля. Как известно, с увеличением глубины разреза изменяются все водно-физические и агрохимические свойства,

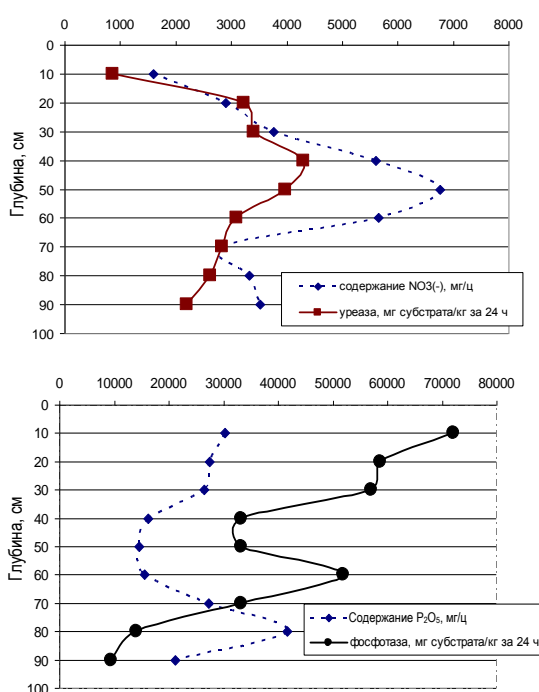


Рис. 2. Активность ферментов по почвенному профилю на МОБС (торфяные почвы были в сельскохозяйственном использовании)

ва, а вместе с ними меняется и ферментативная активность. Так, на глубоководных торфяниках на МОБС отмечена зависимость активности почвенных энзимов и направленности процессов, катализируемых этими ферментами, от увеличения глубины по профилю и характера использования осушенных земель. В целом интенсивность ферментативных процессов уменьшается с глубиной, что связано главным образом с уменьшением количества кислорода в почве. Исключение составляет дегидрогеназа, активность которой возрастает в анаэробных условиях (рис. 1, 2). Особенно эта закономерность проявляется в профиле, сделанном на участке длительного сельскохозяйственного использования. Постоянная обработка почвы пахотного и подпахотного горизонтов торфа улучшает аэрацию (при определенной влажности), поэтому окультуренные почвы имеют более мощный биологически активный слой по сравнению с неиспользуемыми. Ферментативная активность в этих горизонтах высокая, а затем она снижается и варьирует в зависимости от типа фермента (рис. 1, 2).

Однако соотношение процессов гидролиза веществ углеводного характера и превращения органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса на разной глубине неодинаково. Активность инвертазы (процессы гидролиза) превышает активность

Ферментативная активность в этих горизонтах высокая, а затем она снижается и варьирует в зависимости от типа фермента (рис. 1, 2). Особенно эта закономерность проявляется в профиле, сделанном на участке длительного сельскохозяйственного использования. Постоянная обработка почвы пахотного и подпахотного горизонтов торфа улучшает аэрацию (при определенной влажности), поэтому окультуренные почвы имеют более мощный биологически активный слой по сравнению с неиспользуемыми. Ферментативная активность в этих горизонтах высокая, а затем она снижается и варьирует в зависимости от типа фермента (рис. 1, 2).

полифенолоксидазы до глубины 40-45 см, а затем активность полифенолоксидазы (синтез гуминовых веществ) возрастает и становится выше активности инвертазы. Таким образом, темпы превращения в почве веществ углеводной природы снижаются, и трансформация торфяника на глубине значительно замедляется и сопоставима с активностью этих же ферментов в контроле (рис. 1).

Это говорит о том, что в процессе сельскохозяйственного использования глубокозалежных торфяников процесс трансформации органического вещества происходит только

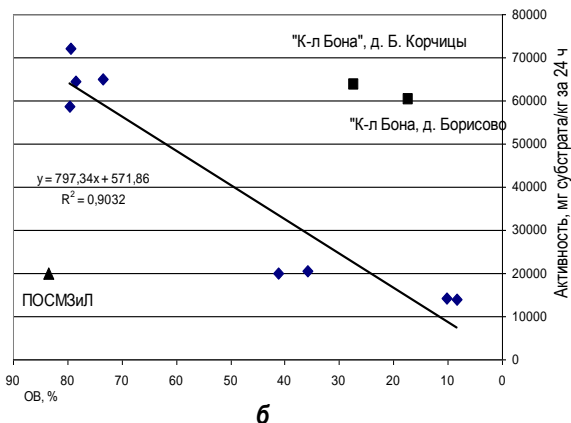
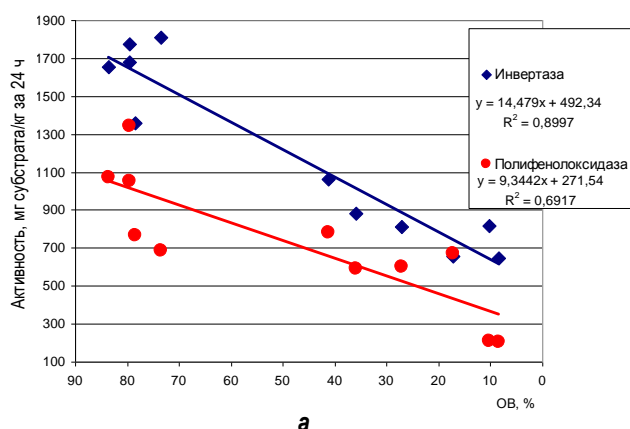


Рис. 3. Зависимость активности инвертазы и полифенолоксидазы (а), фосфатазы (б) от содержания ОВ в пахотном горизонте торфяных почв разных стадий эволюции

в пахотном горизонте, а нижележащие слои практически не изменяются (ОВ остается «законсервированным»). В контрольном разрезе (в березовой роще) активность инвертазы стабильна по почвенному профилю и значительно (в 1,5-3 раза) ниже по сравнению с разрезом, сделанном на пашне (рис. 1). По всему профилю разреза значительно преобладают процессы гумификации и активность окислительно-восстановительных ферментов в 2-4 раза выше по сравнению с разрезом на пашне (рис. 1).

Активность фосфатазы изменяется по профилю аналогично инвертазе и полифенолоксидазе, но значительно выше. Высокая активность фосфатазы, а также уреазы по профилю разреза с длительным сельхозиспользованием свидетельствуют о достаточно значительных запасах субстратов, необходимых для этих энзимов, и о том, что даже при 90-летней обработке торфяная почва по-прежнему обладает высоким плодородием. Депо фосфора и нитратов в торфяных почвах является органическое вещество, богатое фосфорорганическими соединениями с большим количеством фосфозфирных связей и различных соединений азота соответственно. По глубине профиля отмечена зависимость активности фер-

ментов, и о том, что даже при 90-летней обработке торфяная почва по-прежнему обладает высоким плодородием. Депо фосфора и нитратов в торфяных почвах является органическое вещество, богатое фосфорорганическими соединениями с большим количеством фосфозфирных связей и различных соединений азота соответственно. По глубине профиля отмечена зависимость активности фер-

ментов с содержанием нитратов и подвижных форм фосфора (рис. 2).

Для дальнейшего изучения зависимостей активности ферментов от различных факторов (возраст осушения, содержание ОВ, нитраты, подвижные формы фосфора и калия) были отобраны пробы из слоя 0-20 см (пахотный горизонт), который в большей степени подвергается механическому и химическому воздействию и в котором наиболее полно протекает трансформация ОВ. Это связано с тем, что в точках отбора почвенных проб преобладают мелкозалежные торфяники, которые сформировались в результате длительного сельскохозяйственного использования. Толщина торфяного и/или постторфяного слоя колеблется в основном в пределах 25-45 см и подстилается песком. Как показано выше на примере глубокозалежных торфяников, все биохимические процессы замедляются ниже 40-50 см, где скорость трансформации ОВ ниже по сравнению с процессами, приводящими к формированию гумусоподобных веществ. Кроме того, этот горизонт богат свежим органическим веществом, и в нем сосредоточена основная масса корневой системы растений. Соответственно в этом слое параметры ферментативной

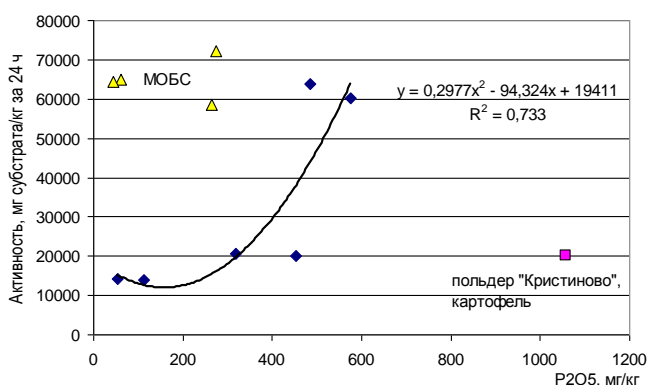


Рис. 4. Зависимость активности фосфатазы от содержания подвижных форм фосфора на объектах с разными сроками после осушения

активности более полно отражают процессы, происходящие в торфяных и постторфяных почвах при сельскохозяйственном использовании, и связаны с плодородием почвы. Установлено, что ферментативная активность зависит от изменения содержания ОВ в постторфяных почвах, которая определяется широким диапазоном степени разложения растительных остатков торфов в зависимости от времени и интенсивности сельскохозяйственного использования осушенных земель. Также в процессе трансформации ОВ изменяется и его качественный состав за счет одновременно идущих процессов минерализации и гумификации. Уровень инвертазной и полифенолоксидазной активностей находится в прямолинейной зависимости от содержания ОВ в пахотном слое (рис. 3).

Активность фосфатазы также находится в прямолинейной зависимости от содержания ОВ (рис. 3). Однако выделяется несколько точек на «Канале Бона» (д. Б. Корчицы и д. Борисово): при низком содержании ОВ (27 и 17% соответственно) наблюдается высокая ферментативная активность. На ПОСМЗиЛ наблюдается противоположная картина, что может быть связано с внесенными высокими дозами фосфорных удобрений и ингибированием фосфатазной активности или некоторыми водно-физическими свойствами (рис. 3).

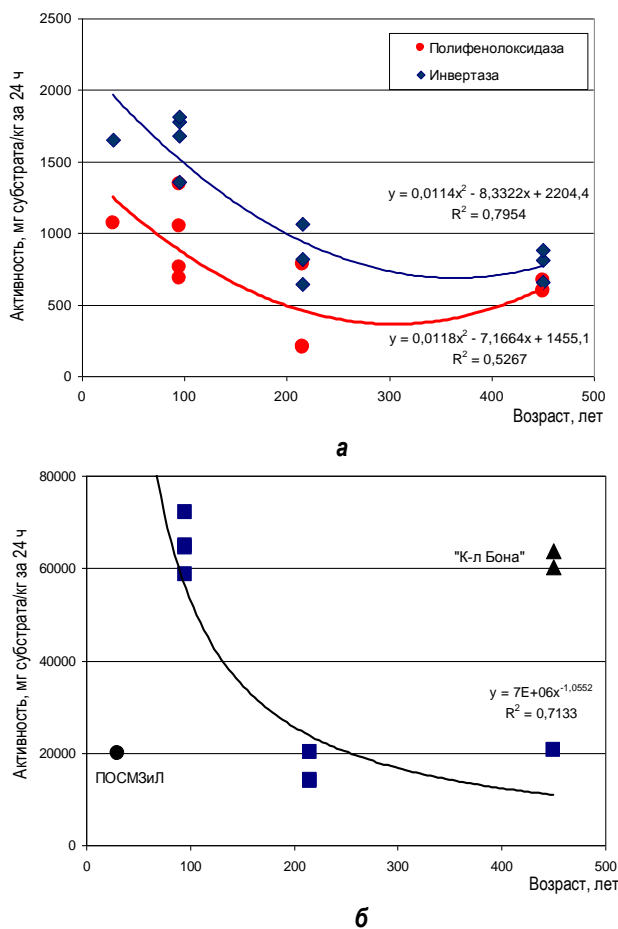


Рис. 5. Активность полифенолоксидазы и инвертазы (а) и фосфатазы (б) торфяников разных сроков использования после осушения

Исследования показали, что ярко выраженной зависимости активности фосфатазы от содержания подвижных форм фосфора на разных объектах также нет. Однако при попытке найти зависимость активности фосфатазы от содержания подвижных форм фосфора на объектах с различными сроками сельхозиспользования после осушения отмечено, что из общей зависимости выпадает три точки: на МОБС (около 90 лет после осушения) и на польдерной системе «Кристиново» (около 215 лет после осушения) (рис. 4). Во втором случае, вероятно, произошло ингибирование фосфатазной активности высокой концентрацией P_2O_5 в почве (1057 мг/кг). На МОБС высокая активность фосфатазы связана с большим содержанием ОВ, являющегося депо органического фосфора, связанного с гуминовыми кислотами. Вероятно, такой разброс точек связан в большей степени с количеством и качеством вносимых минеральных удобрений, а также культуры сельхозиспользования (преобладание возделываемых культур и соответствующая обработка почвы).

Точнее объяснить выпадение нескольких точек затруднительно, так как сложно учесть уровень применения средств интенсификации и уровня агротехники при возделывании сельскохозяйственной продукции в различных хозяйствах.

Не отмечено связи активности уреазы с содержанием ОВ в торфяных почвах разных сроков сельхозиспользования, являющегося в них основным поставщиком азота (кроме минеральных и органических удобрений). На всех изучаемых объектах уреазная активность в почвенных пробах находится примерно на одном уровне. Например, на ПОСМЗил и МОБС уреазная активность составляет 858-4986 мг субстрата/кг за 24 ч при содержании ОВ 73,5-83,6%, на польдере «Кристиново» – 3984-4614 мг /кг за то же время при содержании ОВ 8-10%. Нет связи уреазной активности с содержанием в пахотных горизонтах торфяных почв нитратов.

Установлено, что в процессе сельхозиспользования осушенных торфяных почв их ферментативная активность остается на достаточно высоком уровне, а полной трансформации органического вещества не происходит.

Отмечено, что активность полифенолоксидазы и инвертазы в промежутке времени осушения и использования до 200-250 лет снижается, а затем остается на том же уровне или наблюдается тенденция к ее повышению (рис. 5, а). Аналогичная тенденция наблюдается и у фосфатазы (рис. 5, б), однако с некоторыми выпадающими точками: на «Канале Бона» (450 лет после осушения; д. Борисово, д. Б.Корчицы) фосфатаза проявляет активность на уровне объектов 100 лет после осушения (МОБС).

В первый момент после осушения торфяников большое содержание органического вещества в пахотном слое провоцирует интенсивную его трансформацию за счет минерализации до конечных продуктов с освобождением минеральных элементов, CO₂ и воды, а также за счет активизации биологических процессов [12]. Поэтому, на начальном этапе (до 30-40 лет) энзиматическая активность будет резко снижаться, что связано не только с уменьшением содержания ОВ, но также и с изменением его состава (данные не представлены) [13]. Затем интенсивность ферментативных процессов понижается плавно в направлении 40 лет осушения → 95 лет → 215 лет, как и качественный состав ОВ [13]. Следовательно в первые годы использования торфяников доминируют процессы разрушения ОВ над процессами новообразования. В дальнейшем в осушенных торфяных почвах наступает динамическое равновесие почвенных процессов и уже происходит трансформация ежегодно вновь поступающего более легкодоступного органического вещества корневых и пожнивных остатков, являющегося источником для новообразования гумусовых веществ. Кроме того, сельскохозяйственное использование предполагает применение органических (особенно в первые десятилетия и столетия) и минеральных удобрений. В результате происходит насыщение почв фосфором и калием, а также уменьшение рН. Все применяемые приемы интенсификации возделывания сельскохозяйственных культур в целом ведут к повышению плодородия используемых почв. Таким образом, в осушенных постторфяных почвах на каком-то этапе происходит стабилизация почвенных процессов, направленность которых будет определяться культурой земледелия.

Снижение активности ферментов на временном лаге осушения главным образом связано с уменьшением ОВ в постторфяных почвах. Количество органики определяется, прежде всего, широким диапазоном степени разложения растительных остатков самих торфов в зависимости от возраста, а также времени и интенсивности сельхозиспользования осушенных земель.

Выводы

1. Параметры ферментативной активности могут служить одним из показателей оценки состояния осушенных торфяников с различной длительностью сельскохозяйствен-

ного использования. Зависимость показателей почвенных энзимов от содержания органического вещества, изменение активности по почвенному профилю доказывают чувствительность этого параметра к водно-физическим и агрохимическим характеристикам почв.

2. По количественным показателям данного критерия можно оценить интенсивность почвенных процессов: гидролиза или гумификации органического вещества. При преобладании процессов гидролиза уменьшается плодородие почв, поэтому необходимо принимать меры по его восстановлению. При преобладании процессов гумификации необходимо принимать меры по его поддержанию.

3. Параметры ферментативной активности являются показателем правильности и рациональности ведения сельскохозяйственного использования земель (обработка почвы, оптимальное сочетание макро- и микроудобрений, органики и подбор культур). Знание преобладающих процессов, происходящих в постторфяных почвах, позволит оптимально использовать их ресурсы.

4. Динамика биохимических свойств торфяников разных сроков осушения показывает, что трансформация торфяников в новую почвенную разновидность происходит по экспоненте, наиболее активная фаза заканчивается после 30-50-летнего использования. После 200 лет использования наступает стабильность в почвенных процессах и в большей степени происходит утилизация вновь образующегося органического вещества, а не ОВ постторфяных почв. С точки зрения сельского хозяйства, свойства постторфяных почв на этой стадии трансформации, можно считать практически неизменными и при рациональном подходе (щадящей обработке почвы, оптимальном сочетании органических, макро- и микроудобрений, подборе сельскохозяйственных культур) эти земли можно использовать в сельхозпроизводстве более 450 лет.

Литература

1. Щербакова, Т. А. Биологическая активность маломощных торфяных почв и ее изменение под влиянием мелиорации и освоения / Т. А. Щербакова, Г. Я. Коробова, А. Е. Волков [и др.] // Проблемы Полесья. – Мн., 1975. – Вып. 4. – С. 228-247.
2. Ермоленко, П. Ф. Влияние способов обработки на биологическую активность торфяно-болотной почвы / П. Ф. Ермоленко, Н. А. Бирюк // Тез. докл.: Респ. конф. по проблемам минерализации и эрозии торфа. – Мн., 1978. – С. 59.
3. Бельский, Б. Б. Влияние минеральных удобрений и орошения на биологическую активность торфяно-болотных почв и урожай многолетних трав / Б. Б. Бельский, Д. М. Демиденко, А. А. Михальцевич, Ф. П. Вавуло // Мелиорация и использование торфяников Полесья. – Мн., 1975. – С. 83-95.
4. Мееровский, А. С. Влияние минеральных удобрений на биологическую активность маломощных торфяно-болотных почв / А. С. Мееровский, Л. А. Карягина, В. А. Астапова // Почвоведение и агрохимия. – 1984. – Вып. 20. – С. 63-66.
5. Ковалев, В. П. Влияние способов обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы на ее биологическую активность и содержание нитратов при возделывании ячменя / В. П. Ковалев,

- Е. В. Ботяновский // Агрохимия. – 1992. – № 4. – 75-79.
6. Балаян, Т. В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы и урожаи сельскохозяйственных культур / Т. В. Балаян // Почвоведение. – 1993. – №12. – С. 45-49.
 7. Минеев, В. Г. Влияние органических и минеральных удобрений в период их последействия на агрохимические и микробиологические свойства почвы / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонова, И. Н. Скворцова, Дж. Диксцн // Агрохимия. – 1998. – № 12. – С. 5-9.
 8. Благовещенская, Г. Г. Микробные сообщества почв и их функционирование в условиях применения средств химизации / Г. Г. Благовещенская, Т. М. Духанина // Агрохимия. – 2004. – №2. – С.80-88.
 9. Звягинцев, Д. Г. Имобилизованные ферменты в почвах / Микробные метаболиты. / Д. Г. Звягинцев – М.: МГУ. – 1979. – С. 31-46.
 10. Галстян, А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. / А. Ш. Галстян – Ереван: Айстан, 1974. – 260 с.
 11. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. / Ф. Х. Хазиев . – М.: Наука. – 1990. – 189 с.
 12. Биологическая активность и азотный режим торфяно-болотных почв в условиях Севера. / В.Н. Переверзев, З. А. Головки, Н. С. Алексеева – Л.: Наука, 1970. – 98 с.
 13. Ефимов, В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. / Ефимов В.Н. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.

Summary

Lučenok L., Viltovskaya S. Dynamics of Fermentation Activity in Peat and Postpeat Soils of Belarussian Polessie

Presented: data on fermentative activity of investigated long-arable peatbog soil (during 30-450 years). Shown: efficiency of using qualitative parameters of fermentative activity for evaluation of biochemical processes that occur in peat and postpeat soils of various terms of reclamation and agricultural utilization. Presented: dependences of fermentative activities (hydrolase and oxidoreductase) of the content of organic matter, movable forms of phosphorus and nitrates, the depth of soil profile. Activity of enzymes is one of perspective factors of the processes of peatbog transformation enabling to reflect longevity of utilization accompanied by preservation of productivity. Provided reasonable agricultural utilization of reclaimed postpeat soils (cautious cultivation, best combination of organic, macro- and micro-fertilizers, selection of crops) these soils may be used over a very long period of time.

Поступила 25 мая 2007 г.