

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.445.12

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМАТИКИ И ДИАГНОСТИКИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БОРЕАЛЬНЫХ БОЛОТ¹

© 2019 г. Н. А. Аветов¹, *, Е. А. Шишконокова²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, Москва, 119991 Россия

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

*e-mail: awetowna@mail.ru

Поступила в редакцию 18.04.2018 г.

После доработки 21.11.2018 г.

Принята к публикации 26.12.2018 г.

На основе обзора литературных источников обсуждаются подходы к систематике торфяных почв в классификациях России, Германии, FAO-UNESCO, WRB, Soil Taxonomy в сравнительном аспекте с ландшафтными классификациями бореальных болот. Среди диагностических критериев рассматриваются наиболее важные в систематике торфяных почв и болот: мощность торфа, трофность как обеспеченность элементами питания растений, трофность как ботаническое понятие, кислотность (рН) торфа и болотных вод. Предлагается установить в качестве критерия принадлежности к торфяным (болотным торфяным) почвам мощность торфа 30 см, исключить из схемы диагностики содержание в торфе элементов питания растений, вместе с тем положив в ее основу геоботанические индикаторы. В качестве последних могут выступать виды растений, как являющиеся активными торфообразователями, так и поселяющиеся на регрессивных болотах в условиях прекращения или резкого замедления торфонакопления. Рекомендуется также дополнить существующую российскую классификацию типом мезотрофных торфяных почв, а в рамках олиготрофного типа выделить наряду с существующим подтипом деструктивных почв подтип влажных регрессивных почв.

Ключевые слова: классификационные критерии, трофность, рН, мощность торфа, классификация почв, регрессивные болота, мезотрофный тип почв

DOI: 10.1134/S0032180X19080033

ВВЕДЕНИЕ

Систематика и диагностика торфяных (болотных торфяных) почв на всем протяжении своего развития остаются одними из самых сложных и в то же время слабо разработанных разделов почвоведения. На первых этапах развития классификации торфяные почвы оказались исключены из рассмотрения собственно почв и отнесены к отделу поверхностных геологических образований (отдел D в классификации Сибирцева) на том основании, что они представляют собой “механические наслоения отмерших организмов и их выделений” [26]. Последующее включение болотных почв в большинство классификационных схем 10-х—начала 30-х годов XX в. в качестве “нормальных” почвенных единиц не сопровождалось установлением принципов их систематики. Болотные торфяные почвы в этот период чаще всего представлялись обособленной группой, не подлежащей системному рассмотрению из-за неприменимости классификационных подходов, используемых для выделения минеральных почв.

Поворотным в систематике торфяных почв моментом следует считать принятие почвоведцами ландшафтно-ботанической парадигмы систематики болот, основы которой были заложены германскими ботаниками Шимпером и Вебером в начале XX в. [цит. по 65]. Так, уже в 1936 г. Прасолов [29] осуществил подразделение торфяно-болотных почв на верховые, переходные и низинные, принцип которого не оспаривался в ходе дальнейшего развития российской классификации [16, 17]. Позже Кубиеной [53] аналогичные три типа болотных почв (Hochmoor, Übergangsmoor, Niedermoor) были включены в почвенную классификацию, послужившую основой современной немецкой классификации почв [41, 43]. Важно отметить, что в этой классификационной концепции устанавливалось прямое соответствие между понятиями “верховое”, “переходное” и “низинное болото”, с одной стороны, и “олиготрофное” (омбротрофное), “мезотрофное” и “эвтрофное” (минеротрофное), с другой. Таким образом, трофность болота (trophic status в английском языке, Trophie – в немецком) стала одним из ключевых критериев в систематике торфяных почв России [16, 17] и Германии [43].

¹ К статье имеется приложение, доступное авторизованным пользователям на сайте <https://link.springer.com/journal/11475>.

Несколько иные предпосылки развития почвенной классификации болот существовали в Северной Америке. Здесь ландшафтная типология болот исторически базируется на физико-географических и гидрологических факторах, а трофность растительности и определяемый ею ботанический состав торфа, если и учитываются, то лишь в качестве второстепенных критериев. На высшем таксономическом уровне выделяются традиционные для английского и американского болотоведения классы bog, fen, marsh и swamp [44], имеющие в ряде случаев отличную от европейской интерпретацию. Так, под термином “swamp” в Европе понимают топяные болота грунтового питания, на которых доминируют однодольные травы, в то время как в Америке — лесные болота любого питания [59]. Более того, термин “fen”, происходящий из древнегерманского языка (в отличие от bog, заимствованного из ирландского), приобрел различные смысловые оттенки в современных языках и диалектах германской группы, что, в свою очередь, привело к разночтениям в номенклатурах национальных школ болотоведения. Например, очень широкое толкование понятия fen (очевидно, близкое к русскому “торфяное болото”) встречается как в диалекте юго-западной Англии, так и в голландском языке (veen) [65]. Именно поэтому изложение научных исследований в области болотоведения нередко предваряется указаниями по разъяснению термина fen [45, 50, 55].

Разработчики американской классификации Soil Taxonomy [8] пошли по пути исключения как ландшафтного, так и ботанического содержания таксонов, что обусловило полный разрыв между физико-географической типологией болот и систематикой торфяных почв. Фактически в классификации игнорируется растительное происхождение торфа (кроме как в показателе степени разложения торфа), а диагностика осуществляется на основе его химических свойств и гидрологических критериев развития болота. Этот подход был позже положен в основу международной классификации почв WRB [66, 67].

В настоящей работе мы преследуем цель сопоставить основные критерии систематики почв в различных системах (советской 1977 г. и российской 2004 г., немецкой и международной — FAO-UNESCO и WRB) и предложить рекомендации по дальнейшему совершенствованию действующих в России классификаций в отношении болотных (торфяных) почв. В статье обсуждаются почвы только торфяных болот.

Среди основных параметров рассмотрим: мощность торфяного горизонта, трофность как ботаническое понятие, трофность как химическое понятие (совокупная обеспеченность элементами питания), рН среды (торфа и воды).

МОЩНОСТЬ ТОРФА КАК ОСНОВА РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Мощность торфа является одним из наиболее важных параметров, поскольку служит не только для выделения единиц внутри общности торфяных почв, но и выступает главным фактором обособления от таксонов, представляющих минеральные почвы. Согласно решению Всесоюзной конференции по болотному кадастру 1934 г., к болотам относятся участки со слоем торфа не менее 30 см в неосушенном состоянии, что впоследствии было признано одним из постулатов российского болотоведения [4, 5, 14, 32]. Этот же рубеж принят в немецкой почвенной классификации для выделения отдела болотных почв (Mooge) [43] и у американских болотоведов в отношении торфяников (peatland) [54]. Близки к ним и взгляды российских лесоведов, высказываемые по поводу обоснования разграничения заболоченных лесов и болот: разграничивающая мощность подстильно-торфяного горизонта принимается равной 30–40 см [9]. До середины 70-х годов с таких же позиций (30 см) устанавливалась минимальная мощность болотных почв и в российских региональных почвенно-географических исследованиях, в частности, в Западной Сибири [34]. Наконец, в практике мелиорации переувлажненных почв органомными (торфяными) считаются почвы, имеющие мощность торфа более 30 см [12]. В то же время важно подчеркнуть, что в немецкой классификации болотные мелкозалежные почвы с мощностью торфа менее 30 см представлены, хотя и за рамками отдела Mooge, в типе почв Moorgley (класс Gleye). На их понимание как сугубо болотных указывают не только присутствие в профиле торфяного горизонта Н и высокий уровень почвенно-грунтовых вод, но и выделение в ранге подтипов по признаку трофности торфа низинных болотно-глеевых (Niedermoorgley) и верховых болотно-глеевых почв (Hochmoorgley).

В противоположность почвенно-экологическому подходу, профильно-субстантивные (морфологические) классификации отличаются достаточно высокими пределами минимальной мощности торфяного горизонта. Так, в международной системе WRB минимальная мощность торфа для Реферативной почвенной группы Histosols была установлена на уровне 40 см, а в случае мохового состава торфа — 60 см [67]. В российской классификации 2004 [16], в свою очередь, значения мощности торфа, определяющие принадлежность почвы к отделу Торфяные, были увеличены до 50 см, что автоматически перевело все болотные почвы, относящиеся по критериям классификации 1977 г. к подтипам торфяно-глеевых, в почвы постлиггенного (то есть минерального) ствола.

В этом же ряду “максимальных величин” находится и концептуальный подход Караваевой [15]. Считая, что “деятельный горизонт” всех верховых

и части переходных болот составляет 60–70 см, она предлагает принять это значение в качестве рубежного между торфяниками и органомоглеевыми почвами и разделять их на надтиповом уровне. В болотоведении под деятельным горизонтом понимается верхний слой торфяной залежи, в котором наиболее интенсивно проявляются процессы влаго- и теплообмена: впитывание атмосферных осадков, конденсация водяного пара, фильтрация воды, поглощение ее корневыми системами, суточные колебания температур, при этом слой наиболее насыщен беспозвоночными животными и микроорганизмами [4]. Не оспаривая на страницах данной статьи утверждение Караваевой [15], что деятельный горизонт, по сути, и есть торфяная почва, в то время как подстилающий его инертный горизонт представляет собой торфяную породу, нам, тем не менее, трудно согласиться с приводимыми ею величинами мощности деятельного горизонта. В частности, преобладающая часть верховых болот Западной Сибири имеет гораздо менее мощный деятельный горизонт. Даже в относительно дренированных сосново-кустарничково-сфагновых болотах в понижениях между кочками мощность деятельного горизонта, как правило, не превышает 50 см. Повидимому, наиболее целесообразно считать торфяными (болотными) все почвы с мощностью торфяного горизонта более 30 см. Это не только позволяет коррелировать накопленные в течение XX в. ландшафтно-ботанические, геологические, мелиоративные и почвенные материалы, а также избежать затруднений при подсчете площадей болот, но и соответствует наиболее часто наблюдаемой смене растительности в сукцессии заболачивания лесов [9]. Несомненно, важна и биогеоценотическая роль именно 30-сантиметрового поверхностного слоя торфа: уровневые режимы болотных вод в нем являются одним из факторов, определяющих видовой состав мохового яруса [58], и в этих пределах сосредоточена основная масса подземных органов сосудистых растений [25]. Более того, некоторые современные авторы склонны считать даже 30-сантиметровую градацию для выделения болот не вполне отвечающей факту существования “экологически близких и пространственно трудноотличимых заболоченных мелкоотторфованных земель” [24].

Важно подчеркнуть, что за пределами вышеназванных почвенных классификаций столь высокие численные значения мощности торфа (50 см и больше) применяются в технических целях при отнесении болот к категории торфяного месторождения [7], что, однако, не может служить аргументом в их пользу, поскольку недропользование, строго говоря, не входит в сферу проблем, рассматриваемых почвоведением. К тому же в этом случае сохраняется понимание, что не входящие в месторождения мелкозалежные торфя-

ники с мощностью торфа от 30 до 50 см продолжают считаться болотами.

РАЗДЕЛЕНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПО ПРИЗНАКАМ ТРОФНОСТИ И КИСЛОТНОСТИ

Представляя комплексное понятие, трофность основывается на триединстве факторов, определяющих формирование болотной почвы: современной растительности болота, ботаническом составе торфа, общей обеспеченности элементами питания (в широком смысле – общем химизме болота), обуславливающей развитие того или иного сообщества.

Трофность как ботаническое понятие. В классификациях почв, принятых в России, разделение по признаку трофности на верховые (олиготрофные) и низинные (эвтрофные или эутрофные) типы почв основывается в основном на ботаническом составе торфа и связанными с ним такими признаками, как степень разложения и окраска торфа. Дополнительная диагностика торфяных почв базируется на видовом составе современных болотных фитоценозов, приуроченных к систематизируемым почвенным единицам. В “Классификации и диагностике почв СССР” 1977 г. [17] к числу растений-индикаторов верховых болот относятся сосна (*Pinus*), ель (*Picea*), карликовая береза (*Betula nana*), багульник (*Ledum*), кассандра (*Chamaedaphne*), морошка (*Rubus chamaemorus*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), клюква (*Oxycoccus*), шейхцерия (*Scheuchzeria*) и пушица (*Eriophorum*). Для низинных болот, в соответствии с рассматриваемым подходом, характерно развитие эвтрофной и мезотрофной растительности, представленной осоками (*Carex*), ивами (*Salix*), ольхой (*Alnus*), березой (*Betula*), елью (*Picea*), сосной (*Pinus*). Помимо собственно низинных по признаку трофности выделяются еще и болотные низинные обедненные подтипы почв, формирующиеся, согласно пояснениям в Классификации 1977 г., “в краевой части мезотрофных, а иногда и олиготрофных болотных массивов”, хотя указание на сопряжение низинных обедненных почв с мезотрофной растительностью в классификации отсутствует. В полную противоположность ландшафтно-ботанической трактовке рассматривается в классификации 1977 г. понятие “переходные болотные почвы”. Выделяемые на родовом уровне в рамках типа верховых почв, они представляют собой комплексную залежь с относительно близким к поверхности залеганием горизонта низинного торфа.

Произошедшая смена парадигмы в классификации 2004 г. с факторно-генетической на профилно-субстантивную обусловила изменения в системе диагностики торфяных почв [16]. Список растений-индикаторов трофности был заметно сокращен. Для олиготрофных торфяных почв

приводятся лишь сфагновый мох, сосна (*Pinus*) (в качестве основной породы “угнетенной древесной растительности”) и неназванные кустарники и кустарнички, а для эвтрофных торфяных почв – ольха (*Alnus*), осоки (*Carex*), тростник (*Phragmites*) и гипновые мхи. Выделение мезотрофных (переходных) почв в классификации 2004 г. не предусмотрено. При этом была скорректирована номенклатура в отношении почв с комплексным профилем, которые, во-первых, получили название “остаточно эвтрофных” (вместо “переходных” в классификации 1977 г.) и, во-вторых, были повышены в систематическом ранге до уровня подтипа в типе торфяные олиготрофные.

Таким образом, трофность рассматривается в российской почвенной классификации как комплексное понятие, в котором геоботанические показатели: современная растительность и обусловленный ею ботанический состав поверхностного торфяного горизонта – играют ключевую роль.

После выхода классификации 2004 г. Инишева [13] предложила пересмотреть принципы систематики торфяных почв, сформулировав свои предложения в следующем: 1 – выбрать в качестве единственного диагностического критерия ботанический состав торфа; 2 – для этих целей использовать всю торфяную залежь и даже подстилающий минеральный горизонт вне зависимости от мощности торфа; 3 – дополнить систематику торфяных почв типом мезотрофных почв. Важно отметить, что, несмотря на отсутствие в обеих российских классификациях типа мезотрофных почв, рекомендация Инишевой по его включению в классификацию подкрепляется широким использованием данного таксона в современной почвенной литературе [6, 12, 22, 27]. Зайдельман, в частности, указывает на особые мелиоративные свойства мезотрофного типа, который в отличие от олиготрофного при определенных условиях может быть вовлечен в сельскохозяйственное использование [12]. Говоря о возвращении *типа торфяных мезотрофных почв* в российскую классификацию, обратим внимание на то, что его исчезновение происходило в три условных этапа: 1 этап – классификация Прасолова (таксон существует); 2 этап – классификация 1977 г. (понижен до ранга рода почв и представлен в ошибочной интерпретации, о чем говорилось выше); 3 этап – современный (в классификации отсутствует). При этом процесс носил определенно спонтанный характер, поскольку никаких принципиальных возражений, насколько нам известно, в научной прессе не высказывалось, в том числе и уже после выхода в журнале “Почвоведение” статьи Инишевой [13].

Весьма близок к вышеотмеченному и реализуемый в немецкой почвенной классификации подход [41, 43], основывающийся на выделении на уровне почвенного типа низинных (*Niedermoor*) и верховых (*Hochmoor*) болотных почв. В

их профилях в качестве диагностических выделяются горизонты низинного, переходного и верхового торфа, различаемые, в свою очередь, по ботаническому составу торфа. Подтип переходных почв предусматривается как подразделение в типе низинных (*Übergangs-Niedermoor*). Немецкая концепция почти в неизменном виде воспроизводит ландшафтно-геоботанические представления о систематике болот.

Один из путей совершенствования оценки трофности болотных почв по растительности (то есть их разделения на олиго-, мезо- и эвтрофные), с нашей точки зрения, – разработка списков видов-индикаторов, представляющих наиболее распространенные болотные сообщества крупных регионов заболачивания, или применение ординационных шкал. Такие списки были составлены, например, для таежной зоны Западной Сибири [2, 36]. Кроме того, в России уже на протяжении многих десятилетий с успехом используется шкала богатства почв Раменского с соавт. [30], позволяющая определить ступень трофности по всей совокупности видов растительного сообщества с учетом проективного покрытия каждого из них.

Таким образом, тип мезотрофных торфяных почв может быть определен как таксон, включающий почвы, развитые под мезотрофной болотной растительностью, состоящей из растений-индикаторов, являющихся, соответственно, продуцентами торфа мезотрофного типа. Мезотрофные торфяные почвы диагностируются, также как эвтрофные и олиготрофные, по преобладанию видов (с учетом их обилия в сообществе, например, по шкале Браун–Бланке), относящихся к определенной группе индикаторов трофности почв (табл. S1).

Геоботаническая индикация применима и к торфяным почвам регрессивных болот, несмотря на резкое замедление торфонакопления (или его прекращение) и несовпадение растительности современной стадии с ботаническим составом торфа поверхностного торфяного слоя. В этом случае, по нашему мнению, в качестве общих критериев подтипов почв регрессивных болот (в рамках типа торфяные олиготрофные) следует ввести отсутствие горизонта мохового оочеса, а также наличие растений-индикаторов болотного регресса.

В классификации 2004 г. [16] уже представлен подтип деструктивных почв, который, с нашей точки зрения, можно дополнить подтипом влажных регрессивных почв, распространенных по “черным мочажинам”, болотным озерам, на поверхности болот сосново-кустарничково-сфагново-кладинового типа. В отличие от деструктивных почв у влажных регрессивных не наблюдается оструктурирования торфяного горизонта, отрыва залежи от грунтовых вод (наоборот, как правило, происходит устойчивое обводнение поверхностного горизонта из-за продолжающегося роста залежи вокруг регрессивных мочажин). Генетически влажные регрессивные почвы не связаны с нара-

танием торфа вверх и мерзлотным выпучиванием торфяных бугров, а возникают в результате совсем других явлений в болотообразовании, описанных в литературе [18, 20, 37, 47, 52], а именно вытеснения сфагнумов организмами, не являющимися торфообразователями (печеночниками, водорослями, лишайниками), токсичного воздействия болотных газов, скопления поверхностных болотных вод. Виды-индикаторы обоих подтипов представлены в табл. S2. Диагностика подтипов осуществляется аналогично указанной выше диагностике типов почв по преобладающим видам, относящимся к соответствующим индикационным группам.

Преимущество геоботанических индикаторов проявляется помимо прочего в возможности выявления процесса динамичной эвтрофикации болотных почв вследствие техногенного воздействия (химического загрязнения, изменения гидрологического режима) [1, 2, 33] с перспективой последующей разработки систематики техногенно трансформированных торфяных почв.

Трофность как химическое понятие (обеспеченность элементами питания). В качестве дополнительных критериев подразделения по трофности почв в обеих российских классификациях (1977 и 2004 гг.) предлагается ряд химических параметров, в том числе емкость поглощения, валовое содержание СаО, К₂О и азота. Большинство этих показателей имеет одинаковые пороговые значения в обеих классификациях. В ранних редакциях системы WRB [66] была предпринята попытка разделения на Eutric и Dystric, основанная на степени насыщенности торфа основаниями. Если для минеральных почв такое разделение оправданно резко контрастирующим плодородием насыщенных и ненасыщенных основаниями почв при введении их в сельскохозяйственный оборот, то для торфяных оно входит в противоречие с более чем вековым опытом определения трофности болот, базирующимся на иных показателях. Видимо, по этой причине в последней редакции [67] составители WRB вернулись к диагностическому критерию кислотности (рН), существовавшему в системе FAO-UNESCO [46].

Говоря о трофности как об агрохимическом понятии, необходимо подчеркнуть, что в настоящее время не существует аналитических методов, позволяющих достоверно установить содержание доступных болотным растениям элементов питания в связи с такими явлениями, как микоризное питание, поступление элементов питания с поверхностными и грунтовыми водами, использование запасов элементов питания значительного по мощности горизонта торфа с помощью мощных корневых систем (деревья, кустарнички на низинных болотах), хищничество (у росянок, пузырчатки). Например, 35–50% азота поступает в ткани росянок путем хищничества [57]. С другой стороны, микориза, как предполагают, играет особенно заметную роль в поглощении щелоч-

ных металлов (включая калий) сосудистыми растениями на олиготрофных болотах [64]. Весьма неопределенным остается вопрос, насколько вообще агрохимически сопоставимы низинные и верховые торфа – ведь они резко различаются по совокупности физических свойств: плотности, пористости, дисперсности, степени разложения, влагоемкости, что, в свою очередь, предполагает и различные взаимоотношения, возникающие в системе корни–твердая фаза торфа–болотные воды. В частности, на ошибочность использования значений содержания питательных элементов, выраженных в мг/кг, в условиях резко различающейся плотности торфяных горизонтов указывает Семеновко [31], предлагая оценку обеспеченности почв проводить путем расчета запасов, выраженных в кг/га. Кроме того, все существующие в настоящее время методы анализа доступных (подвижных) форм основных элементов питания (NPK) разработаны применительно к почвам, используемым в сельском хозяйстве, а под доступностью подразумевается возможность потребления этих элементов агрокультурами, либо растениями сенокосов и пастбищ. Даже в лесоведении использование агрохимических методов анализа, по мнению Мигуновой [23], считается некорректным. Это, в свою очередь, подтверждается выполненными Ефремовой с соавт. [11] исследованиями, показавшими отсутствие достоверной связи между содержанием доступных форм NPK с лесорастительными характеристиками сосновых древостоев на торфяных почвах Западной Сибири. Наконец, следует принять во внимание разные закономерности поглощения элементов питания, присущие сосудистым растениям, мхам, печеночникам и лишайникам [60], что *a priori* превращает в трудноразрешимую задачу выработку единообразного подхода к оценке обеспеченности торфяных почв.

Перечисленные проблемы, очевидно, проявляются при попытках увязать содержание питательных элементов в растениях, воде и торфе с питательным статусом болот. Так, Грюзевель и Керзельман [48] установили отсутствие значимой корреляции между содержанием азота и фосфора в почвах и растениях болот, а ван Клиф с соавт. [49] не выявили различий между верховым и переходным болотами по содержанию ионов PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_4^+ . В то же время Чи и Витт [45] указывают на положительную корреляцию между трофностью растительности различных участков мезотрофного болота (fen) и содержанием элементов в торфе только лишь для магния, железа и фосфора, причем для содержания калия, согласно полученным ими результатам, обнаружена обратная корреляция. По данным этих авторов, из всех форм азота положительная корреляция наблюдается только для азота растворенного в болотной воде органического вещества. Еще более противоречивые сведения по поводу химических различий торфяных почв болот разной трофности

отмечают Бэйлей и Мьюорт [40]. Сравнивая низинные рогозово-осоковые болота (marshes) и переходные осоково-моховые (fens), авторы пришли к заключению о более высокой обеспеченности фосфором торфяных почв переходных болот по отношению к низинным. По их мнению, из числа биофильных элементов на изменчивость болотных ландшафтов оказывают влияние только аммонийный азот и калий. В свою очередь, американские авторы, исследовавшие болота Миннесоты, выявили отсутствие корреляции между трофностью болота и содержанием фосфора в торфяной почве [42]. Ефимов [10], исследуя болота европейской части России, обнаружил, что содержание ионов K^+ и $H_2PO_4^-$ может быть одинаково малым как в водах верховых, так и низинных болот. На отсутствие связи между содержанием доступного фосфора и ростом сфагновых мхов на верховом болоте Восточного Квебека обращают внимание канадские исследователи: в большинстве случаев мхи не реагировали на внесение фосфорных удобрений, но в отдельных случаях (в зависимости от конкретных условий) могли обнаруживать как положительную, так и отрицательную реакцию [61]. Кроме того, в последнее время высказывается гипотеза о возможной успешной вегетации олиго-мезотрофных сфагновых мхов в условиях повышенной концентрации элементов питания (NPK) при условии, что они сбалансированы [63]. Отказу от традиционного сопоставления трофности растительности с обеспеченностью элементами питания (N, P, Ca) в финской школе болотоведения способствовала разработка наземного обеспечения цифрового картографирования болот, выявившая, что такие показатели, как объемная диэлектрическая проницаемость, электропроводность в корневой зоне торфяной почвы и pH являются верными индикаторами трофности болотных биотопов [56].

Несогласие между олиготрофным (верховым) статусом и содержанием элементов питания прослеживается и на верховых болотах Западной Сибири, что выражается в очень сильной пространственной (как в горизонтальном, так и вертикальном простирании) вариабельности содержания калия и фосфора в золе торфа [19] и болотной воде [3, 21]. По мнению Харанжевской и Воистиновой [35], ведущими факторами, обуславливающими высокую вариабельность химического состава вод верховых болот, являются площадь болотного массива и стадия его развития.

На этом фоне в начале XXI в. в европейском болотоведении развернулась дискуссия о химическом смысле понятия трофности. Одни авторы подчеркивают, что выделение традиционных градаций трофности возможно лишь по содержанию двух элементов питания — азота и фосфора [65]. Другие, приводя многочисленные примеры несогласований для болот Скандинавии и центральной Европы, указывают на неприемлемость трехчленного

разделения трофности болот “под влиянием старой немецкой традиции” и требуют более дробной дифференциации для каждого из регионов [50]. Наконец, одним из источников расхождений между характером растительности и богатством элементами питания болота может служить игнорирование водного режима болота, который вместе (и взаимобусловлено) с трофностью оказывает влияние на растительность болот [38, 51, 61].

Таким образом, можно констатировать в целом очень высокий уровень неопределенности при интерпретации количественных данных по обеспеченности болот элементами питания растений, позволяющий исключить их из числа диагностических критериев торфяных почв. К тому же отказ от наиболее спорных критериев, несомненно, будет способствовать унификации в методологии диагностики почв: в настоящее время для описательной диагностики типов органогенных почв в классификации 2004 г. используется 10 численных параметров, в то время как для большинства других типов почв — не более двух–трех.

Реакция среды (pH) как классификационный критерий. Кислотность (реакция) среды представляет собой критерий, давно вошедший в практику диагностики и систематики болотных ландшафтов (главным образом, в болотной воде) и болотных почв (в вытяжках из торфа). Уже в 50-х годах прошлого века предлагалось выделять типы торфов по значению pH солевой суспензии: верховой (2.6–3.2), переходный (3.4–4.2), низинный (5.6) [28]. Насколько можно судить по существующим ключам диагностики, в Классификации почв России, 2004 г. [16] по сравнению с классификацией 1977 г. [17] произошла замена pH_{KCl} на pH_{H_2O} , которая повлекла за собой, соответственно, смещение разграничивающих олиготрофные и эвтрофные почвы величин pH с 3.8 до 4.2. Следует отметить, что значение pH солевой вытяжки 3.8 весьма близко к рубежу 3.6, который был рекомендован Тюремновым [32] для разделения олиготрофных и эвтрофных болот. В немецкой классификации [43] pH, измеряемый в $CaCl_2$ -вытяжке, играет в диагностике второстепенную роль: неизмененные антропогенным воздействием верховые и переходные торфяные почвы диагностируются значениями меньше 4, а нормальные низинные (некарбонатные) — промежутком 4–6. В связи с этим важно отметить, что основные два типа болотных почв (верховые и низинные), согласно немецкой диагностической схеме, не могут быть идентифицированы только на основании реакции среды, поскольку как верховые, так и переходные, входящие в тип низинных, неразличимы по этому признаку.

В международных классификационных системах почв применяется американский подход, отличный от российского и немецкого. Как говорилось выше, в системе FAO-UNESCO, а также в последней редакции WRB [67], реферативная

группа торфяных почв Histosols имеет главные квалификаторы Eutric и Dystric в соответствии со значением рН водных вытяжек из горизонта Histic: ниже 5.5 – Dystric, выше 5.5 – Eutric. Таким образом, в торфяных почвах с квалификатором Dystric, в соответствии с российским подходом, оказались объединены торфяные почвы олиготрофных и эвтрофных (с рН 4.2–5.5) болот таежной зоны. Следует подчеркнуть, что ряд западно-европейских авторов, рассматривающих болото с биогеоценологической точки зрения, также придерживаются близкой к отмеченной позиции международной классификации. Вилер и Проктор [65], в частности, предлагают разграничить верховые болота (bog) и низинные (fen), указывая для первых область рН < 5.0, а для вторых – рН > 6.0, но при этом оставляя своего рода промежуток неопределенности от 5.0 до 6.0. В то же время Тахванайнен [62] считает возможным использовать рН в качестве единственного критерия классификации болот, разделяя их на три группы в соответствии с собственными взглядами: <4.6, 4.7–5.1 и >5.2.

Свою долю неопределенности в диагностику болотных почв по критерию кислотности (реакции среды) вносят и значимые различия в рН сфагновых болот, установленные при измерении в воде, выжатой из поверхностных сфагнумов, и отобранной из скважины [51, 58]. Особенно контрастную среду создают в торфяной почве мезоэвтрофные виды сфагнумов: *Sphagnum contortum*, *S. warnstorffii*, *S. teres* [58].

Из приведенных несоответствий следует сделать вывод о невозможности использования рН в качестве единственного классификационного критерия. В то же время его рассмотрение как одного из элементов диагностики торфяных почв заслуживает внимания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного обзора публикаций и опыта авторов предлагается:

1. В качестве одного из основных критериев разделения почв естественных болот на эвтрофные и олиготрофные использовать современную растительность (растения-индикаторы трофности), как правило, одновременно обуславливающую и ботанический состав торфа поверхностно-торфяного горизонта.

2. Пограничное значение мощности торфа для отделения торфяных почв от минеральных установить на уровне 30 см.

3. Ввести таксон мезотрофных торфяных почв как типа, в растительной индикации которого участвуют мезотрофные виды и, возможно, сочетание эвтрофных и олиготрофных видов.

4. Исключить на современном этапе из диагностических критериев аналитические данные по элементам питания (N, P, K, Ca, Mg), сохра-

нив в качестве дополнительных: рН, зольность, плотность твердой фазы, влагоемкость, степень разложения. Важность почвенно-физических параметров подчеркивается, в частности, тем обстоятельством, что их отсутствие в диагностике торфяных почв классификации WRB расценивается как один из основных ее недостатков [40]. Указанные параметры могут быть ранжированы для трех типов почв, включая мезотрофные почвы. Так, западносибирские торфа хорошо разделяются на три типа по значениям зольности [20].

5. Ввести специальные подтипы торфяных почв регрессивных болот, для которых характерно несоответствие между современным растительным покровом и ботаническим составом поверхностной залежи. Уже выделенный в классификации 2004 г. подтип деструктивных почв рекомендуется дополнить подтипом влажных регрессивных почв [37].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы статьи выражают искреннюю благодарность д. г. н. Марии Иннокентиевне Герасимовой за высказанные ею ценные замечания, а также д.с.-х.н. Ивану Ивановичу Лыткину за консультации при подготовке статьи.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица S1. Виды-индикаторы трофности нарушенных болот (Западная Сибирь).

Таблица S2. Виды-индикаторы подтипов торфяных олиготрофных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аветов Н.А.* Геоботаническая индикация трофности и увлажненности почв рекультивированных нефтезагрязненных болот Среднего Приобья // Почвоведение. 2009. № 1. С. 119–123.
2. *Аветов Н.А., Шишконокова Е.А.* Понятие трофности в связи с антропогенной эвтрофикацией верховых болот Ханты-Мансийского Приобья // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 37–52.
3. *Бахнов В.К.* К вопросу о ведущем источнике элементов минерального питания болотных фитоценозов // Сибирский экологический журн. 2004. Т. 3. С. 329–335.
4. *Боч М.С., Мазинг В.В.* Экосистемы болот СССР. Л.: Наука, 1979. 188 с.
5. *Валеева Э.И., Московченко Д.В., Арефьев С.П.* Природный комплекс парка “Нумто”. Новосибирск: Наука, 2008. 280 с.
6. *Викторов С.В., Ремезова Г.Л.* Индикационная геоботаника. М., 1988. 168 с.
7. *Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валеева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г.* Заболоченные органогенные почвы и болота России и запасы углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.
8. *Геннадиев А.Н., Герасимова М.И.* О некоторых тенденциях в развитии классификации почв в США // Почвоведение. 1980. № 9. С. 3–12.

9. Глебов Ф.З. Классификация лесоболотных биогеоценозов как показатель взаимосмен леса и болота // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1991. С. 603–610.
10. Ефимов В.Н. Торфяные почвы. М.: Россельхозиздат, 1980. 120 с.
11. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В., Черкашин В.П. Оценка плодородия лесных торфяных почв Западной Сибири методами растительной диагностики // Почвоведение. 1996. № 7. С. 879–887.
12. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 384 с.
13. Инишева Л.И. Торфяные почвы: их генезис и классификация // Почвоведение. 2006. № 7. С. 781–794.
14. Инишева Л.И. Болотоведение. Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2009. 210 с.
15. Караваева Н.А. Заболачивание и эволюция почв. М.: Наука, 1982. 296 с.
16. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
17. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
18. Кузнецов О.Л. Структура и динамика аапа болот Северной Карелии // Ботанический журнал. 1982. № 10. С. 1394–1400.
19. Ларина Н.С., Меркушина Г.А., Короткова Ю.Н. Особенности послыйного распределения некоторых элементов в верховых торфяниках Приишимья // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы 3-го междунар. полевого симп. Новосибирск, 2011. С. 42–43.
20. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слукя З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К, 2001. 584 с.
21. Лойко С.В., Раудина Т.В., Крицков И.В., Лим А.Г. Гидрохимия почвенных вод мерзлых болот Западной Сибири // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы 5-го междунар. полевого симп. Томск, 2017. С. 155–157.
22. Лыткин И.И. Мезотрофные торфяные почвы Мещерской низменности, проблемы мелиорации и сельскохозяйственного освоения // Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования. Петрозаводск, 2012. С. 479–481.
23. Мигунова Е.С. Почвенное обоснование фитоиндикационной оценки трофности лесных местообитаний // Лесоведение. 1987. № 4. С. 3–12.
24. Минаева Т.Ю., Сирин А.А., Череднеченко О.В., Брагг О., Николаева В.И., Стрельников Е.Г., Гротьянс А., Федотов Ю.П. Биологическое разнообразие торфяных болот: проблемы оценки и управления // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы 3-го междунар. полевого симп. Новосибирск, 2011. С. 49–50.
25. Мироньчева-Токарева Н.П., Вишнякова Е.К. Динамика зольных элементов при разложении растительного вещества в болотных почвах поймы реки Оби // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы 3-го междунар. полевого симп. Новосибирск, 2011. С. 51–53.
26. Морачевский В.В. Почвы Европейской России. СПб.: Департамент земледелия, 1907. 180 с.
27. Национальный Атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.
28. Никонов М.Н. Характеристика торфяных залежей по значению их рН // Почвоведение. 1957. № 8. С. 39–45.
29. Прасолов Л.И. Генезис, география и картография почв. Избр. тр. М.: Наука, 1978. 263 с.
30. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
31. Семенов Н.Н. К вопросу диагностики и классификации торфяных почв сельскохозяйственного назначения // Мелиорация. 2015. № 2. С. 84–96.
32. Тюремнов В.Н. Торфяные месторождения. М.: Недра, 1976. 488 с.
33. Тюрин В.Н. Изменение растительности на загрязненных участках верховых болот (нефтяные месторождения Западной Сибири) // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы 5-го междунар. полевого симп. Томск, 2017. С. 124–126.
34. Уфимцева К.А. Почвы южной части таежной зоны Западно-Сибирской равнины. М.: Колос, 1974. 205 с.
35. Харанжевская Ю.А., Воистинова Е.С. Оценка пространственной динамики химического состава болотных вод Томской области с применением кластерного анализа // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы 5-го междунар. полевого симп. Томск, 2017. С. 170–172.
36. Шишконокова Е.А., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. Болота котловины хасырея Ай-Надымтыйлор (природный парк Нумто, Ханты-Мансийский Автономный округ – Югра) // Бюл. МОИП. Отдел биол. 2013. Т. 118. Вып. 2. С. 48–56.
37. Шишконокова Е.А., Аветов Н.А., Толпышева Т.Ю. Торфяные почвы бореальных регрессивных болот Западной Сибири: проблемы биологической диагностики и систематики // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 84. С. 61–74.
38. Awetow N.A., Schischkonakowa E.A., Hartge K.H. Pflanzen als ökologische Frühanzeiger anthropogener Einflüsse auf die Böden in Erdölgewinnungsgebiet Westsibiriens // Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie. 2007. № 1. S. 36–41.
39. Bacon K.L., Baird A.J., Blundell H., Bourgault M.-A., Chapman P.J. et al. Questioning ten common assumptions about peatlands // Mires and Peat. 2017. V. 19. Art. 12. P. 1–23.
40. Bayley S.E., Mewhort R.L. Plant community structure and functional differences between marshes and fens in the southern boreal region of Alberta, Canada // Wetlands. 2004. V. 24. № 2. P. 277–294.
41. Blume H.-P., Stahr K. Bodenentwicklung, Bodensystematik und Bodenverbreitung // Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer/Schachtschabel. Heidelberg, 2002. S. 439–546.
42. Bridgham S.D., Apdegraff K., Paster J. A comparison of nutrient availability indices along an ombrotrophic-minerotrophic gradient in Minnesota wetlands // Soil Sci. Soc. Am. J. 2001. V. 65. P. 259–269.
43. Bodenkundliche Kartieranleitung (AG Boden). Hannover, 1994. 392 S.
44. The Canadian Wetland Classification System. Waterloo, 1997. 68 p.
45. Chee W.-L., Vitt D.H. The vegetation, surface water chemistry and peat chemistry of moderate-rich fens in central Alberta // Wetlands. 1989. V. 9. (№ 2). P. 227–261.

46. FAO-Unesco Soil Map of the World Revised Legend // World Soil Resources Report. 1988. № 60. FAO, Rome. 119 p.
47. Foster D.R., Fritz S.C. Mire development, pool formation and landscape process on patterned fens in Dalarna, central Sweden // J. Ecology. 1987. V. 75. P. 409–437.
48. Grüsewell S., Koerselman W. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2002. V. 5. P. 37–61.
49. van Kleef H.H., van Duinen G.-J.A., Verberk W.C.E.P., Leuven R.S.E.W., van der Velde G., Esselink H. Moorland pools as refugia for endangered species characteristic of raised bog gradients // J. Nature Conservation. 2012. V. 20. P. 255–263.
50. Hajek M., Horsak M., Hajkova P., Dite D. Habit diversity of central European fens in relation to environmental gradients and effort to standardize fen terminology in ecological studies // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2006. V. 8. P. 97–114.
51. Hajkova P., Hajek M. Bryophyte and vascular plant responses to base-richness and water level gradients in Western Carpathian Sphagnum-rich mires // Folia Geobotanica. 2004. V. 39. P. 335–351.
52. Karofeld E., Ravis R., Tonisson H., Vellak K. Rapid changes in plant assemblages on mud-bottom hollows: a sixteen-year study // Mires and Peat. 2015. V. 16. Art. 11. P. 1–13.
53. Kubiens W.L. Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart: Enke, 1953. 392 s.
54. Martini I.P., Glooschenko W.A. Cold climate peat formation in Canada and its relevance to Lower Permian coal measures of Australia // Earth-Science Reviews. 1985. V. 22. P. 107–140.
55. Mälson K., Rydin H. The regeneration capabilities of bryophytes for rich fen restoration // Biological Conservation. 2007. V. 135. P. 435–442.
56. Middleton M., Närhi P., Arkimaa H., Hyvönen, Kuosmanen V., Treitz P., Sutinen R. Ordination and hyperspectral remote sensing approach to classify peatland biotopes along soil moisture and fertility gradients // Remote Sensing of Environment. 2012. V. 124. P. 596–609.
57. Millet J., Leith I.D., Sheppard L.J., Newton J. Response of *Sphagnum papillosum* and *Drosera rotundifolia* to reduced and oxidized wet nitrogen deposition // Folia Geobotanica. 2012. V. 47. P. 179–191.
58. Mitchell E.A.D., Payne R.J., van der Knaap W.O., Lamentowicz L., Gabka M., Lamentowicz M. The performance of single and multi proxy transfer functions (testate amoebae, bryophytes, vascular plants) for reconstructing mire surface wetness and pH // Quaternary Res. 2013. V. 79. P. 6–13.
59. Moore P.D. The ecology of peat-forming processes: a review // Int. J. Coal. Geology. 1989. V. 12. P. 89–103.
60. Nordbakken J.F., Ohlson M., Höglberg P. Boreal bog plants: nitrogen sources and uptake of recently deposited nitrogen // Environ. Poll. 2003. V. 126. P. 191–200.
61. Sottocornola M., Boudreau S., Rochefort L. Peat bog restoration: Effect of phosphorous on plant re-establishment // Ecological Engineering. 2007. V. 31. P. 29–40.
62. Tahvanainen T. Water chemistry of mires in relation to the poor-rich vegetation gradient and constructing geochemical zones of the North-Eastern Fennoscandian shield // Folia Geobotanica. 2004. V. 39. P. 353–369.
63. Temmink R.J.M., Fritz C., van Dijk G., Hensgens G., Lamers L.P.M., Krebs M., Gaudig G., Joosten H. Sphagnum farming in a eutrophic world: the importance of optimal nutrient stoichiometry // Ecological Engineering. 2017. V. 98. P. 196–205.
64. Vinichuk M., Johanson K.J., Rhydin H., Rosen K. The distribution of ¹³⁷Cs, K, Rb and Cs in plants in a Sphagnum-dominated peatland in eastern central Sweden // J. Environ. Radioactivity. 2010. V. 101. P. 170–176.
65. Wheeler B.D., Proctor M.C.F. Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires // J. Ecology. 2000. V. 88. P. 187–203.
66. IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources, 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. 116 p.
67. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Some Aspects of the Systematics and Diagnostics of Peat Soils in Boreal Mires

N. A. Avetov^{a, *} and E. A. Shishkonakova^b

^aLomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, 119991 Russia

^bDokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevsky per. 7, Moscow, 119017 Russia

*e-mail: awetowna@mail.ru

On the basis of the review of available literature sources, the approaches to the systematics of peat soils in different soil classifications systems (Russian, German, FAO-UNESCO, WRB, and Soil Taxonomy) are discussed and compared with the landscape-based classifications of boreal mires. Among the diagnostic criteria, the most important in the systematics of peat soils and peatlands are the peat thickness, trophic status as the availability of nutrients and as a botanical concept, and acidity (pH) of peat and peat waters. The following suggestions are made: (a) to establish the peat thickness of 30 cm and more as a criterion for peat soils, (b) to exclude the contents of nutrients in the peat from the diagnostic scheme for peat soils, and (c) to develop this scheme on the basis of geobotanical indicators. The latter may include active peat-forming plants, as well as plant species settling on the regressive mires under conditions of a cessation or drastic slowdown of peat accumulation. It is also recommended to add to the Russian soil classification system the type of mesotrophic peat soils and to distinguish within the oligotrophic type soils the subtype of wet regressive soils along with the existing subtype of destructive soils.

Keywords: classification criteria, trophic status, pH, peat, soil classification, regressive mires, mesotrophic soil type