

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ АККУМУЛЯЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА НА ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТАХ ЮГА ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 09-05-01077-а и №08-05-92500-НЦНИЛ\_а.*

Проведена оценка средней скорости аккумуляции минерального вещества торфа в олиготрофных болотах юга лесной зоны Западной Сибири за последний 40–45-летний период по данным детальных исследований и датирования по  $^{137}\text{Cs}$  и экстремумам зольности 37 монолитов торфа. Выявлено значительное ее варьирование (30–166 мг/дм<sup>2</sup> в год) в зависимости от источников поступления и активности выноса минерального вещества, вида биогеоценоза и механизмов отклика на внутривековые изменения климата.

**Ключевые слова:** минеральное вещество; аккумуляция; болото; Западная Сибирь; климат.

Торфяные отложения являются одним из основных базовых объектов при геохимических, гидрохимических, палеоэкологических и экологических исследованиях. Для выбора оптимального объекта этих исследований, прежде всего, необходимы знания об источниках, закономерностях накопления минерального вещества (МВ) и его пространственной вариабельности.

Водно-минеральный режим определяет видовой состав болотных биоценозов и, соответственно, их первичную продуктивность и степень трансформации органического вещества торфа. Накопление МВ на каждом олиготрофном участке болота зависит от его баланса – соотношения привноса и выноса. Привнос определяется соотношением источников минерального питания: атмосферных осадков и болотных вод, поступающих с фильтрационным стоком с более высоких элементов мезо- и микрорельефа поверхности болота, из нижезалегающих слоев торфяной залежи при повышении уровня болотных вод во влажные периоды климата или при подтягивании почвенного раствора в сухие теплые периоды [1]. При эндогенном развитии болот по мере торфонакопления и отрыва корневых систем от минерального грунта происходит обеднение торфяного субстрата и скорость накопления МВ уменьшается. Однако при воздействии внешних факторов на функциональное состояние болота может наблюдаться обратная картина. Установлено, что накопление МВ в торфе зависит и от продуктивности биоценоза [2], а продуктивность – от характера и силы отклика биогеоценоза на климатические изменения [3]. Вынос зависит от степени проточности болотного участка, которая определяется не только наличием уклона поверхности и фильтрационными свойствами торфа, но и климатическими условиями. Поэтому исследование закономерностей накопления или потерь минерального вещества различными болотными биогеоценозами актуально и для прогнозирования изменения их состояния в условиях современного потепления климата.

В XX в. в связи с интенсивным развитием промышленности, топливно-энергетического комплекса и проведением испытаний ядерного оружия резко возросла загрязненность атмосферы и, соответственно, потоки аэрозолей на земную поверхность. Торфяные болота интенсивно накапливают поступающую в виде аэрозолей пыль и токсичные элементы, выступая в роли природных фильтров. Поэтому верхний слой торфяных болот всего северного полушария в настоящее время характеризуется значительным антропогенным загряз-

нением. На болотах Западной Сибири, несмотря на значительно меньшие, по сравнению с европейскими странами, промышленные нагрузки, верхний 50-сантиметровый слой торфа также имеет повышенную зольность. Однако данные по современной скорости накопления МВ в торфяных отложениях юго-востока лесной зоны Западной Сибири имеются только по двум торфяным разрезам [4, 5].

В связи с разнообразием растительного покрова, гео- и гидрохимических условий торфообразования, а также преобладанием комплексных микроландшафтов, накопление МВ на болотах Западной Сибири должно отличаться пространственной вариабельностью. Однако этот вопрос как для голоцена, так и современного периода не изучен.

Основной проблемой при оценке современной скорости накопления МВ остается датирование верхних слоев торфа, особенно в регионах с континентальным климатом. Частые смены влажных и засушливых лет и периодов малых климатических циклов вызывают значительные колебания уровня болотных вод, что существенно ограничивает возможности применения методов датирования по  $^{210}\text{Pb}$  [6] и корневой шейке сосны [7]. Во всем мире используется метод датирования современных слоев торфа по  $^{137}\text{Cs}$ , который выпал с пылью в период наземных ядерных испытаний. Возраст слоя торфа с максимальным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  принят как 1964-й год [8]. Поступление  $^{137}\text{Cs}$  на территорию Западной Сибири происходило в основном в 1957–1963 гг., и он «закрепился» в горизонтах с повышенной зольностью, которая обусловлена привносом минерального вещества из Казахстанских степей. Интенсивная ветровая эрозия распаханых «целинных» земель была спровоцирована ядерными испытаниями на Семипалатинском полигоне. Поэтому в верхних слоях торфяных залежей Западной Сибири этот слой хорошо выражен и может быть принят в качестве репера 1963 г.

Цель исследований – выявить особенности современного накопления минерального вещества в типичных олиготрофных биогеоценозах болот юга лесной зоны Западной Сибири на фациальном и внутрифациальном уровнях.

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились на девяти олиготрофных и мезоолиготрофных болотах южной тайги и подтайги Западной Сибири, в пределах Томской области. Болота Иксинское и Бакчарское, северо-восточные от-

роги Большого Васюганского болота занимают водоразделы рр. Шегарка, Икса и Бакчар, подстилаются лессовидными карбонатными суглинками. Болота частично осушены в 1973–1979-х гг. На болоте (б.) Иксинское обследованные участки (56°54'–56°59' с.ш., 82°21'–83°22' в.д.) представлены разнообразными некомплексными и комплексными фациями с низкими, средними и высокими рядами (олиготрофными сосново-кустарничково-сфагновыми сообществами), олиготрофными и мезоолиготрофными шейхцериево-осоково-сфагновыми топями и мочажинами. Обследованные участки б. Бакчарское (56°58' с.ш., 83°36' в.д.) представлены периферийным выпуклым верховиком, облесенным низким рямом и мезоолиготрофной топью. Западн-Моисеевское б. (58°11'17" с.ш., 75°41'02" в.д.) расположено на водоразделе рр. Егольях и Ягыльях, левобережных притоков р. Васюган, подстилается карбонатными суглинками. Оно является выпуклым верховиком с радиальной системой ложбин стока, занятых грядово-мочажинными комплексами. Обследована гряда с низким рямом. На болоте отсыпана песчаная площадка и ведется нефтедобыча. Болота Кирсановское (56°21'20" с.ш., 84°31'04" в.д.), Киргизное (56°21'28" с.ш., 84°34'16" в.д.), Еловочное (56°23'07" с.ш., 84°32'19" в.д.) и Цыганово (56°22'25" с.ш., 84°27'21" в.д.) расположены на Обь-Томском междуречье, в пределах древней ложбины стока и подстилаются песками. Киргизное б. частично осушено в 60-х гг. XX в. Кроме того, все болота находятся в зоне влияния Томского водозабора. Обследованные участки представлены на б. Киргизное – средним рямом, б. Кирсановское – бугорково-топяным комплексом с бугорками, облесенными средним рямом, б. Цыганово – приозерной олиготрофной шейхцериево-сфагновой сплавиной, б. Еловочное – мезоолиготрофным рослым сосново-березовым рямом. Болото Темное (56°56' с.ш., 84°39' в.д.) расположено на Обь-Чулымском междуречье, на

II надпойменной песчаной террасе р. Томи. Оно частично осушено в конце 1980-х гг. и разрабатывалось. Обследованный олиготрофный участок, находящийся в нативном состоянии, представлен средним рямом и приозерной шейхцериево-очеретниково-осоково-сфагновой сплавиной со сфагновыми бугорками, облесенными низкими сосенками. Болото Аргатьюл (57°52'01" с.ш., 86°08'15" в.д.) расположено на правобережье Оби, II надпойменной террасе р. Чулым, в притеррасной части долины р. Аргатьюл, подстилается песками. На нем обследован олиготрофный рослый рям.

С 2003 по 2009 г. на этих болотах были заложены 32 пробные площади с описанием растительного покрова, микрорельефа и отбором проб из 37 торфяных разрезов (т.р.)<sup>1</sup>. До глубины 24–76 см пробы отбирали из шурфа площадью 100–400 см<sup>2</sup> по интервалам 1–3 см. Глубже их отбирали с помощью торфяного бура Гиллера с диаметром челнока 4 см с шагом 5 см. Пробы взвешивали, затем делили на 2 части, одну из которых в сыром виде использовали для определения ботанического состава микроскопическим методом и степени разложения (**R**) методом центрифугирования [9]. Вторую часть взвешивали, высушивали, снова взвешивали, определяли в них аналитическую влажность и зольность (**A**) по методикам Инсторфа [10], рассчитывали плотность (**P**) абсолютно сухого торфа (аст) и его органического вещества (**ОВ**).

Девять торфяных разрезов (в том числе по мезотрофному б. Альмяково – Ал) датировано по <sup>137</sup>Cs и <sup>210</sup>Pb. Замеры выполнены на особо чистом германиевом колодезном детекторе (EGPC 192-P-21) с одновременной регистрацией изотопов <sup>137</sup>Cs и <sup>210</sup>Pb и «естественных радионуклидов» для подсчета атмосферной компоненты <sup>210</sup>Pb. При этом выявлены четкие, близкие по глубине залегания максимумы содержания <sup>137</sup>Cs и зольности (рис. 1).

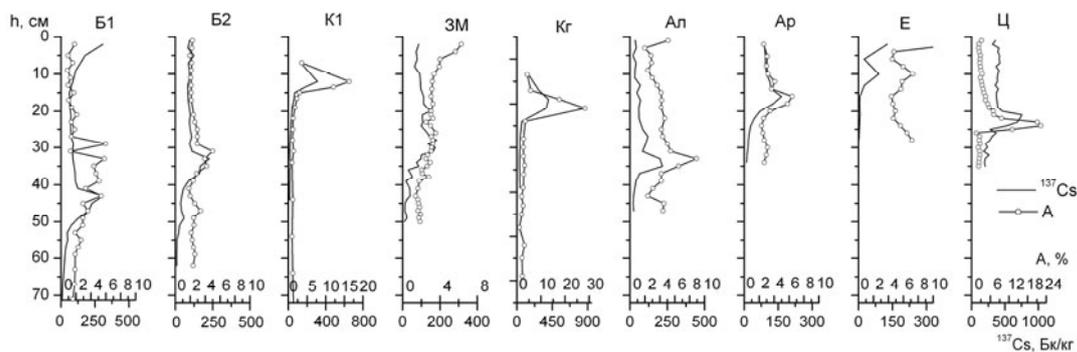


Рис. 1. Распределение <sup>137</sup>Cs и зольности торфа в разрезах торфяной залежи болот юга лесной зоны Западной Сибири

В отличие от <sup>137</sup>Cs, для которого характерен некоторый эффект просачивания в нижезалегающие слои торфа [11], образующие золу литогенные элементы являются более инертными и малоподвижными. Поэтому мы посчитали, что допустимо и целесообразно в данной работе выявить слой 1963 г. в остальных торфяных разрезах на основании одного показателя зольности (его максимума). Как правило, этот слой хорошо выявляется и визуально по более темному цвету. Что-

бы исключить ошибку принятия за этот слой пирогенных горизонтов, проводился микроскопический анализ торфа на наличие угольков. Необходимо отметить, что толщина слоя с экстремумами золы варьирует от 1 до 5 см, поэтому в зависимости от шага опробования в расчет принимался или весь слой или лишь его часть. Это могло привести к некоторому завышению или занижению результатов расчета скорости аккумуляции абсолютно сухого торфа (аст) и его минерального ве-

щества (МВ). На некоторых топяных участках до недавнего времени существовали вторичные озера и на их дне длительное время могли накапливаться аэрозольные выпадения с формированием слоя торфа с экстремумом зольности. Поэтому имеется вероятность завышения результатов расчета при принятии этого слоя как временный репер 1963 г. Некоторые сложности возникали и при выделении этого слоя на участках, на которых в связи с активным выносом МВ экстремумы зольности слабо выражены.

Скорость аккумуляции минерального вещества рассчитана по кумулятивной массе зольности слоя торфа, отложившегося с 1963 г.  $A_{cp}$  этого слоя определена как процентное отношение суммы кумулятивной массы золы каждого стратифицированного горизонта к кумулятивной массе аст всего слоя. Необходимо отметить, традиционно используемый в геологии метод расчета  $A_{cp}$  как средневзвешенной по толщине слоев торфа может давать значительную ошибку, т.к. не учитывает различие плотности слоев торфа. Так ошибка при расчете  $A_{cp}$  для 2 монолитов составила бы 45–50%, 9 – 20–30%, 26 – менее 20%.

Для оценки влияния изменений климата на накопление торфа и его минерального вещества проведена реконструкция сообществ по ботаническому составу торфов и водных режимов – методом расчета индекса влажности по ботаническому составу торфов (IW) [12].

### Результаты и их обсуждение

Получены данные современной средней скорости прироста ( $V_{пр}$ ) торфа, аккумуляции ( $V_{ак}$ ) аст и его МВ за последний 40–45-тилетний период (с 1963 г.) и установлено значительное их варьирование даже для сходных по растительному покрову биогеоценозов, свидетельствующее о различии как источников минерального питания, так и их современного функционального состояния. Значимые различия  $V_{ак}$  МВ (30–166 мг/дм<sup>2</sup> в год) выявлены не только для различных болотных фаций, но и в пределах конкретных фаций. Сравнение  $V_{ак}$  МВ и  $V_{ак}$  торфа показало отсутствие их согласованного изменения как в рямовых, так и в топяных биогеоценозах.

Поскольку аэрозольное поступление минерального вещества из атмосферы на все исследуемые болота было приблизительно одинаково, возникает вопрос о причинах различий его накопления.

Максимальные  $V_{ак}$  МВ (127–166 мг/дм<sup>2</sup> в год) характерны для средних зеленомошных рямов с лесной подстилкой из *Pleurozium schreberi* (К1, Кг) б. Кирсановское и Киргизное и сплавины озера (Ц) б. Цыганово. Эти болота приурочены к территории распространения песчаных грунтов. Торфа загрязнены частицами песка в результате эолового и делювиального привноса с окружающих суходолов. На б. Иксинское, залегающем на территории распространения тяжелых грунтов, в зеленомошных рямках (И7\_5, И9\_5) высоких гряд центрального вершинного заозеренного плато  $V_{ак}$  МВ несколько ниже (114–126 мг/дм<sup>2</sup> в год) в связи с отсутствием эоловых процессов. Еще более низкая  $V_{ак}$  МВ (83 мг/дм<sup>2</sup> в год) на склоне такой же гряды (И17\_4), вероятнее всего, обусловлена его потерями в результате выноса в озеро. Сравнение  $V_{ак}$  МВ в зеленомошных

рямах (без учета торфяного разреза И17\_4) показало, что загрязнение песком может достигать 40 мг/дм<sup>2</sup> в год, или 25%, а на сплаvine (Ц) и в топи (Б11) б. Бакчарское – 64 мг/дм<sup>2</sup> в год, или 50%. С эоловым привносом связана и высокая  $V_{ак}$  МВ (98 мг/дм<sup>2</sup> в год) в низком рямке (ЗМ) б. Западно-Моисеевское.

Ранее было выявлено, что даже незначительные тренды изменения средней годовой температуры и годовой суммы осадков в XX в. вызвали существенные изменения водных режимов и функционального состояния биоценозов болот юга лесной зоны Западной Сибири [3]. При этом произошло изменение видового состава, структуры и продуктивности биоценозов, плотности, степени разложения и зольности торфа. Обсыхание поверхности усилило биофильный (за счет возрастания продуктивности фитоценозов) и пассивный (за счет испарения и транспирации) переносы минеральных элементов из болотных вод нижележающих слоев торфяной залежи с накоплением их преимущественно в корнях растений.

По особенностям отклика на климатические изменения, отраженным в растительном покрове, скорости торфонакопления и свойствам торфов низкие и средние рямки были разделены на 5 групп<sup>2</sup> (рис. 2, Б1 – И7\_5) [3]<sup>3</sup>. Кроме этого выделены следующие группы биогеоценозов: VI – рослых рямов (Ар – Е5), VII – кустарничково-пушицево-сфагновых на границе рямов и сплавин озер (Т4), VIII – топяных (Т7 – И5\_5) (рис. 2).

В I группу входят рямки эндогенного развития с минимальным откликом на изменения климата, имеющие дернину из *Sphagnum fuscum* с хорошо развитым очесом. Варьирование  $V_{ак}$  МВ внутри этой группы имеет несколько причин. На вершинах выпуклых верховиков б. Бакчарское и Иксинское в условиях отсутствия дополнительных источников минерального вещества его  $V_{ак}$  варьирует от 41 до 73 мг/дм<sup>2</sup> в год в зависимости от насыщенности торфа корнями кустарничков. Разница за счет накопления МВ корнями даже в пределах одной кустарничково-сфагновой кочки (Б1 и Б1а) достигает 30 мг/дм<sup>2</sup> в год при разнице  $V_{ак}$  аст 66 г/м<sup>2</sup> в год и  $A_{cp}$  1,8%. Более высокие значения  $V_{ак}$  МВ (94–104 мг/дм<sup>2</sup> в год) в других рямках этой группы, судя по более высокой  $A_{cp}$  (4,4–5,2%), обусловлены дополнительным привносом песка ветром (К2) с окружающих суходолов или фильтрационным стоком растворенного МВ с вышерасположенных участков болота (И20\_5).

Во II группе рямов с положительным откликом на климатические изменения  $V_{ак}$  МВ несколько выше. При отсутствии дополнительных источников поступления МВ его  $V_{ак}$  только за счет повышения первичной продукции и  $V_{ак}$  торфа возрастает до 77–97 мг/дм<sup>2</sup> в год. При этом по сравнению с аналогичными рямками I группы при значительной разнице  $V_{ак}$  аст (44 г/м<sup>2</sup> в год) на т.р. Б1 и Б2 различие  $V_{ак}$  МВ может быть минимальным (3,6 мг/дм<sup>2</sup> в год), а при меньшей (27 г/м<sup>2</sup> в год) на т.р. Б1 и И18а\_5 – достигать 24 мг/дм<sup>2</sup> в год в связи с высоким содержанием в торфе корней не только кустарничков, но и сосны. Высокая  $V_{ак}$  МВ (98 мг/дм<sup>2</sup> в год) на т.р. ЗМ обусловлена и эоловым загрязнением торфа песком. Максимальная  $V_{ак}$  МВ (111 мг/дм<sup>2</sup> в год) при невысокой  $V_{ак}$  аст выявлена в рямке (И9\_4) грядово-озерного комплекса крупной лож-

бины стока. Вероятно, это является результатом влияния более минерализованных вод окружающих озер в период существования низкой гряды. Слой 1963 г.

представлен комплексным верховым торфом и содержит более половины кумулятивной массы МВ, накопленной за 41 год.

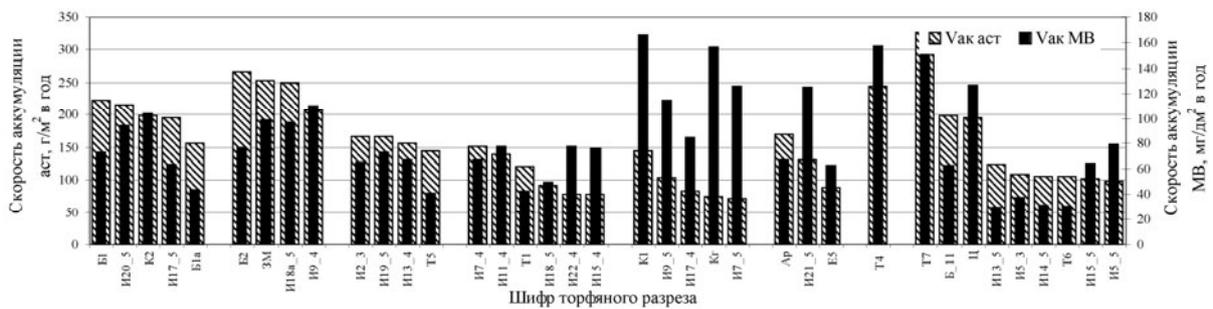


Рис. 2. Современные средние скорости аккумуляции торфа и минерального вещества в типичных олиготрофных биогееценозах болот юга лесной зоны Западной Сибири

В III и IV группы входят рямы преимущественно б. Иксинское, соответственно, с двойным противоположно направленным откликом на климатические изменения (сначала обсыхавшие, а затем подтапливаемые) и сильным отрицательным откликом (обсыхающие, с регрессивными явлениями или подвергавшиеся пожарам).  $V_{ак} МВ$  в рямых этих групп имеет, в основном, сходные значения (41–78 мг/дм<sup>2</sup> в год) с рямками первых двух групп (без дополнительных источников МВ), и на ее варьирование также оказывает влияние степень обогащенности торфа корнями сосны и кустарничков. Сходство по  $V_{ак} МВ$  с рямками эндогенного развития (характерное в основном для рямков III группы), вероятнее всего, обусловлено компенсацией более высокой активности пассивного переноса МВ пониженной активностью

биофильного переноса в связи с низкой продуктивностью фитоценозов. Обсыхание некоторых рямков IV группы (И22\_4, И15\_4), судя по очень низкой  $V_{ак} аст$  и сработке верхнего слоя торфа, было значительным. Однако  $V_{ак} МВ$  в них имеет существенно более низкие значения, чем в рямках V группы. Поэтому вполне вероятно частичная потеря МВ в результате его выноса в соседние топи, чему могло способствовать активное вторичное разложение торфа (рис. 3). На т.р. И18\_5 (регрессивное понижение с лишайниками) могла иметь место частичная потеря аэрозолей из-за неполного их захоронения практически не прирастающей сфагновой дерниной. Низкое значение  $V_{ак} МВ$  на т.р. Т1 (рямок, неоднократно подвергавшийся пожарам) обусловлено частичной потерей пирогенной золы.

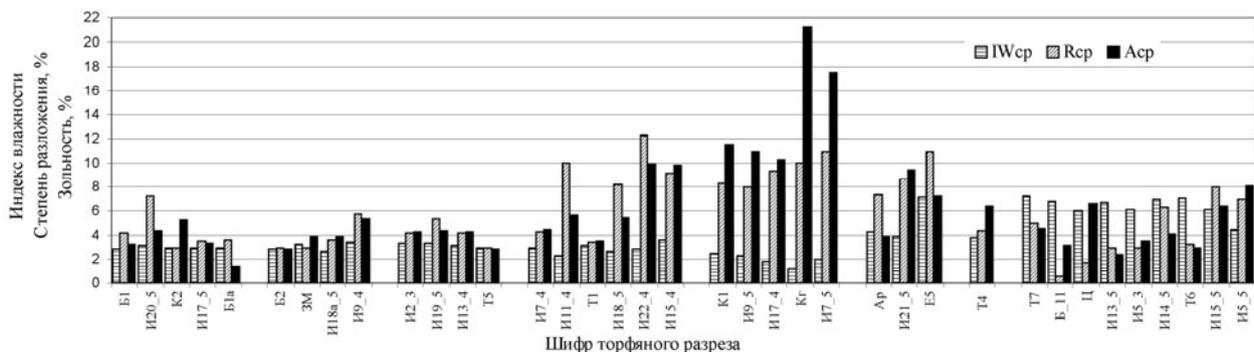


Рис. 3. Средние показатели индекса влажности, степени разложения и зольности верхнего слоя торфяных разрезов олиготрофных биогееценозов

В V группу входят зеленомошные средние рямки с максимальным отрицательным откликом на климатические изменения. Они занимают наиболее дренированные участки болот и высокие бугры топяных и крупнозерновых комплексов. Их обсыхание привело к формированию лесной подстилки с обильными корешками вересковых кустарничков и опадом сосны. Активное накопление МВ происходило не только за счет биофильного и пассивного переносов, но и минерализации обильного, в связи с улучшением бонитета, опада сосны. Поэтому для рямков этой группы характерны наиболее высокие (86–126 мг/дм<sup>2</sup> в год), а в условиях золотого привноса максимальные (156–166 мг/дм<sup>2</sup> в год)  $V_{ак} МВ$ .

В рослых рямках VI группы (рис. 4, 5) на кочке со *Sphagnum magellanicum* и *S. angustifolium* б. Аргатьюл и в понижении со *S. balticum* б. Еловочное  $V_{ак} МВ$  равна 63–67 мг/дм<sup>2</sup> в год и сходна с рямками эндогенного развития (I гр.), а на кочке со *S. magellanicum* б. Иксинское (И21\_5) она достигает 125 мг/дм<sup>2</sup> в год. Различия обусловлены, прежде всего, различной степенью обеднения торфяных залежей в процессе эндогенного развития, зависящей от их глубины. Глубина залежи на т.р. И21\_5 (1,3 м) на 3–5 м меньше, а  $A_{cp}$  выше, чем на т.р. Ар и Е. Кроме того, все эти рямки занимают хорошо дренированные периферийные участки болот, но являются разными звеньями геохимических катен. Рямки притеррасных болот Аргатьюл и Еловочное, имеющих

периферически олиготрофный ход развития, приурочены к наиболее высоким гипсометрическим уровням, начальным звеньям геохимической катены, а рям б. Иксинское – к наиболее низкому уровню, конечному звену катены, где происходит накопление МВ. Судя по низким значениям  $V_{ак}$  аст и  $V_{пр}$  торфа, изменения кли-

мата на б. Еловочное и лесомелиорация оказали отрицательное влияние на продуктивность травяно-кустарничково-сфагнового покрова. Однако основная масса корешков сосны и кустарничков находится ниже слоя 1963 г., поэтому понижение УБВ вызвало обогащение МВ в основном нижележающих слоев торфа.

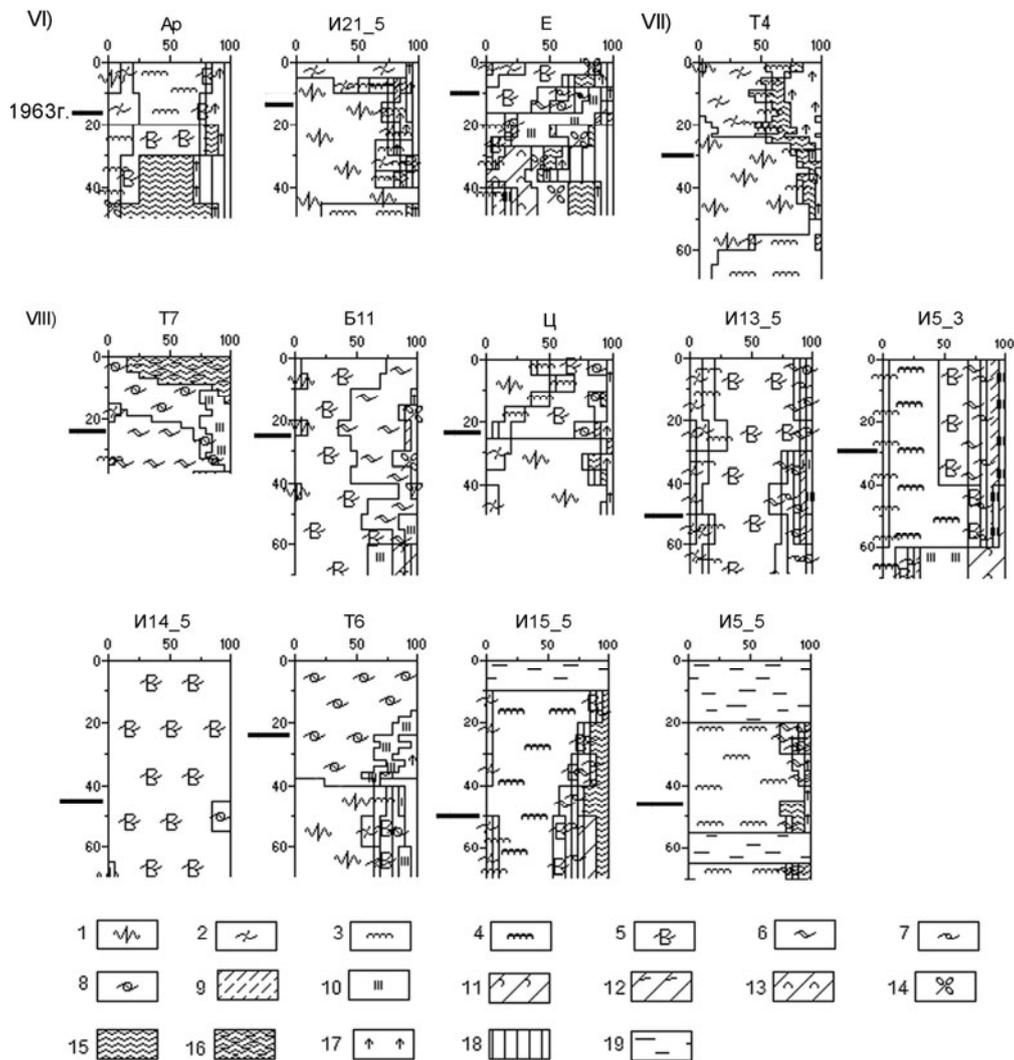


Рис. 4. Стратиграфия верхних слоев торфяных разрезов рослых рямов и топяных биогеоценозов. Растительные остатки в торфе: 1 – *Sphagnum fuscum*; 2 – *S. angustifolium*; 3 – *S. magellanicum*; 4 – *S. papillosum*; 5 – *S. balticum*; 6 – *S. majus*; 7 – *S. jensenii*; 8 – *S. fallax*; 9 – гипновые мхи; 10 – шейхцерия; 11 – *Carex limosa*; 12 – кочкарные осоки; 13 – *C. rostrata*; 14 – вахта; 15 – пушица; 16 – *Rhynchospora alba*; 17 – вересковые кустарнички; 18 – древесные остатки; 19 – вода. Обозначения: VI, VII, VIII – номер группы биогеоценозов, 1963 г. – временной репер

Максимальные  $V_{ак}$  МВ (151–157 мг/дм<sup>2</sup> в год) выявлены и на торфяных разрезах одного из участков сплавины оз. Мурашка б. Темное. Этот участок примыкает к рослому рямю, неоднократно подвергавшемуся пожару. Основной причиной дополнительного накопления МВ здесь является привнос пирогенной золы. Т.р. Т4 заложен в кустарничково-пушицево-сфагновом (*Sphagnum angustifolium* с примесью *S. magellanicum*) биогеоценозе на границе рослого ряма и сплавины (рис. 4, 5, VII), а т.р. Т7 – в очеретниково-сфагновом (*Rhynchospora alba*, *S. fallax*) на краю сплавины (рис. 4, VIII). Поэтому закономерно, что т.р. Т4, несмотря на более низкую  $V_{ак}$  аст, имеет более высо-

кое значение  $V_{ак}$  МВ. На другом участке сплавины, примыкающему к рямю нагивного состояния, в шейхцериево-сфагновом (со *Sphagnum fallax*) биогеоценозе (Т4) и низком ряме сфагновой кочки (Т5)  $V_{ак}$  МВ значительно ниже (31–41 мг/дм<sup>2</sup> в год). Следовательно, на  $V_{ак}$  МВ может существенно влиять и состояние локального водосбора.

На олиготрофных топяных участках болот Иксинское и Бакчарское  $V_{ак}$  МВ варьирует от 30 до 80 мг/дм<sup>2</sup> в год. Наиболее высокое значение выявлено на озерной сплавине из *Sphagnum magellanicum* периферийного участка ложбины стока (И5\_5). Ближе к центру болот  $V_{ак}$  МВ на топяных участках, как правило, ниже и зави-

сит, прежде всего, от плотности моховой дернины. Участок сильнообводненной проточной топи с нормально развитой дерниной из *Sphagnum balticum*, *S. majus*, *S. jensenii* (Б11) по  $V_{ак}$  МВ подобен участкам низких ям с разреженным кустарничковым ярусом. Минимальные значения (30–38 мг/дм<sup>2</sup> в год) характерны для зарастающих вторичных озерков (И13\_5, И14\_5, И5\_3) с рыхлой сфагновой дерниной из *Sphagnum balticum* или

*S. papillosum* в связи с ее низкими сорбционными свойствами и активным выносом МВ, а также нахождением этих участков болот на наиболее поздних стадиях развития (слой верхового торфа равен 3,2–5,0 м). На таких же рыхлых сплавинах из *Sphagnum papillosum* (И15\_5) или *S. magellanicum* (И5\_5), но первичных внутриболотных озер  $V_{ак}$  МВ в 2–3 раза выше. Их торфа характеризуются более высокой зольностью (рис. 5).

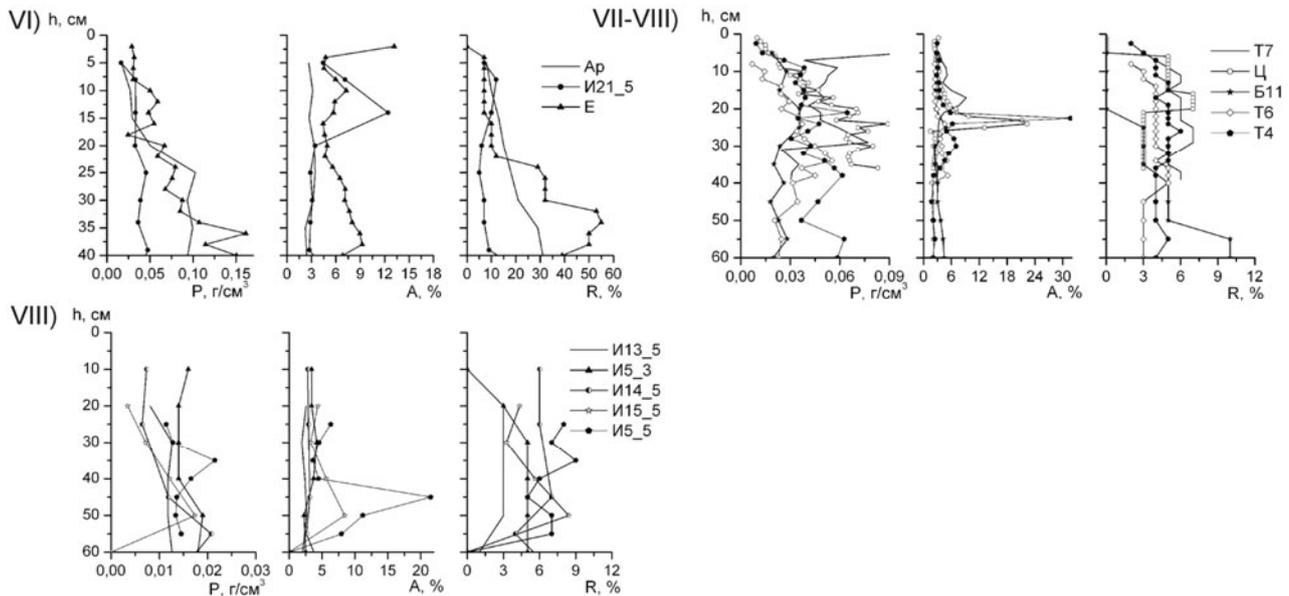


Рис. 5. Изменение свойств торфа по глубине торфяных разрезов рослых ям и топяных биогеоценозов. Обозначения: VI, VII, VIII – номер группы биогеоценозов. Свойства торфа:  $P$  – плотность,  $A$  – зольность,  $R$  – степень разложения

Оба обследованных озера имеют инверсионный генезис (сформировались над повышениями минерального дна), что позволяет высказать предположение о наличии дополнительного питания выклинивающейся на дне верховодкой. Различие в  $V_{ак}$  МВ (25 мг/дм<sup>2</sup> в год) на сплавинах этих озер обусловлено различиями площадей водосборов, с которых осуществляется привнос МВ. Одно озеро (И15\_5), крупное, сточное, расположенное на вершине локального выпуклого верховика в центре б. Иксинское, имеет ограниченный водосбор. Второе озеро (И5\_5) среднего размера, проточное, находится на периферийном участке крупной ложбины стока. Ложбина имеет значительный по площади водосбор и заканчивается ручьем. О мезоолиготрофности периферийного участка ложбины свидетельствует присутствие в травяном покрове *Carex rostrata*. Зависимость  $V_{ак}$  МВ каждого топяного участка от площади локального водосбора подтверждает и направленное ее возрастание от центра к периферии б. Иксинское. В це-

лом на топяных участках  $V_{ак}$  МВ ниже, чем на ямных в связи с меньшей плотностью их моховой дернины и активным выносом минеральных веществ.

Таким образом, современная  $V_{ак}$  МВ как на ямных, так и на топяных участках болот юга лесной зоны Западной Сибири значительно варьирует в зависимости от литологии окружающей территории, местоположений на болотном массиве, определенном элементе мезо- и микрорельефа, определяющих характер и соотношение источников минерального питания, а также от плотности моховой дернины, зависящей от водного режима, видового состава и структуры фитоценоза, что является закономерным для болот и других регионов. Региональной особенностью является значительное влияние на  $V_{ак}$  МВ климатических изменений внутривекового масштаба, что связано с чутким откликом болотных биогеоценозов, слабая устойчивость которых обусловлена значительной дифференциацией микрорельефа как минерального дна, так и поверхности болот.

#### ПРИМЕЧАНИЯ

<sup>1</sup> Каждому торфяному разрезу был присвоен шифр, состоящий из сокращенного названия болота (Ар – Аргатыль, Б – Бакчарское, Е – Еловочное, ЗМ – Западно-Моисеевское, И – Иксинское, К – Кирсановское, Кг – Киргизное, Т – Темное, Ц – Цыганово) и номера разреза, а для Иксинского болота – и года обследования (3 – 2003, 4 – 2004 и 5 – 2005).

<sup>2</sup> Данные по т.р. И7\_4, Т1 и И17\_5 изменены в связи с уточнением возраста торфа по глубине залегания корневой шейки сосны.

<sup>3</sup> Стратиграфические колонки верхнего слоя торфяных залежей и диаграммы свойств торфа ямных этих групп приведены в [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А.Д., Рассказов Н.М., Удодов П.А., Шварцев С.Л. Гидрогеологические условия формирования болот // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М.: Наука, 1977. С. 93–104.

2. Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К. Изменение состава химических элементов при торфообразовании в болотных экосистемах // Материалы российской конференции «Восьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу» / Под ред. М.В. Кабанова. Томск: Аграф-Пресс, 2009. С. 238–240.
3. Прейс Ю.И., Сороковенко О.Р., Бобров В.А. Современная аккумуляция торфа в рямах олиготрофных болот юга лесной зоны Западной Сибири как отклик на изменения климата // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 311. С. 187–194.
4. Гавшин В.М., Сухоруков Ф.В., Будашкина В.В. и др. Свидетельства фракционирования химических элементов в атмосфере Западной Сибири по данным исследования верхового торфяника // Геохимия. 2003. № 12. С. 1337–1344.
5. Будашкина В.В., Гавшин В.М., Бобров В.А. и др. Ретроспективный геохимический мониторинг торфяных залежей, особенности фракционирования элементов при атмосферном переносе, поведение микроэлементов и радионуклидов в торфяных отложениях // Материалы Международной конференции «Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий». СПб.: Гидрометеоздат, 2005. С. 29.
6. Appleby P.G. The calculation of lead – 210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported <sup>210</sup>Pb to the sediment // Catena. 1978. Vol. 5. P. 1–8.
7. Сукачев В.Н. Экскурсия на торфяное болото // Избранные труды. Т. 2. Проблемы болотоведения, палеоботаники и палеогеографии. Л.: Наука, 1973. С. 77–96.
8. Clymo R.S. The limits to peat bog growth // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1984. Series B. Vol. 303. P. 605–654.
9. Торемнов С.Н., Ларгин И.Ф., Ефимова С.Ф., Скобеева Е.И. Торфяные месторождения и их разведка. М.: Недра, 1977. 264 с.
10. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Мн.: Наука и техника, 1975. 320 с.
11. Ефремова Т.Т., Сухоруков Ф.В., Ефремов С.П., Будашкина В.В. Аккумуляция <sup>137</sup>Cs в болотах междуречья Оби и Томи // Почвоведение. 2002. № 1. С. 100–107.
12. Елина Г.А., Юрковская Т.К. Методы определения палеогидрологического режима как основа объективизации причин сукцессий растительности болот // Ботанический журнал. 1992. Т. 77, № 7. С. 120–124.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 13 апреля 2010 г.