УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ КАЗАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Том 152, кн. 4 Естественные науки *2010*

УДК 502.654:553.97

ФОРМИРОВАНИЕ АКВАЛЬНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Л.В. Муравьева, О.А. Тихомиров, М.В. Марков

Аннотация

В работе рассматривается формирование аквально-территориальных комплексов выработанных торфяных болот. Основными процессами являются трансформация литогенной основы, перераспределение водной массы и образование карьеров с разной степенью обводнения, формирование химического состава карьерных вод, зарастание акваторий карьеров и перемычек между ними. Классификация аквально-территориальных комплексов основана на основных признаках: происхождение, тип залежи, степень обводнения и зарастания.

Ключевые слова: выработанный торфяник, аквально-территориальный комплекс, обводнение, сплавина, классификация.

Введение

Добыча торфа в России, широко развернувшаяся в XX в., привела к появлению своеобразных посттехногенных объектов – выработанных торфяников. Их площадь по данным земельного кадастра составляет 242.3 тыс. га [1], из них более 170 тыс. га – в европейской части России. Наибольшая часть выработанных торфяников сосредоточена вокруг крупных городов в лесной зоне. Часть площади нарушенных болот занимают торфяные карьеры – участки, выработанные машинно-формовочным, гидравлическим или экскаваторным способами. Добыча торфа этими способами производилась в первой половине XX в. (до 60-х годов). В настоящее время эти территории, занимающие тысячи гектар (так, в Тверской области – более 12 тыс. га) целенаправленно почти не используются и не контролируются человеком. Изучению отдельных природных компонентов выработанных торфяников, их динамики и классификации посвящен ряд работ [2–10]. Тем не менее протекающие здесь природные процессы остаются еще недостаточно изученными. Особую актуальность изучению этих объектов придают торфяные пожары, создающие сложную экологическую ситуацию на значительных территориях. Задачами исследования было выявление основных процессов формирования аквально-территориальных карьерных комплексов и факторов, определяющих эти процессы, выделение типов комплексов.

1. Объекты и методы исследования

Исследования проводились на территории Верхневолжья на нарушенных торфодобычей болотах. Изучались участки болот верхового и низинного типа, разрабатывавшиеся карьерным способом в первой половине XX в.

Болота расположены в пределах озерно-ледниковых (Оршинский Мох, Васильевский Мох), водно-ледниковых (Кулицкий Мох) равнин, в пределах III (Озерецко-Неплюевское) и II (Галицкий Мох, Савватьевское) надпойменных террас Волги. До освоения болота Оршинский Мох, Васильевский Мох, Галицкий Мох, Кулицкий Мох имели залежь преимущественно (или в центральной части) верхового типа мощностью в среднем от 1.7 до 3.7 м, максимальной – до 9.8 м; болота Озерецко-Неплюевское – низинного типа средней мощностью 2.9 м.

Разработка торфяных карьеров началась с конца XIX в. (Галицкий Мох – с 1890 г.) Применялся простейший ручной способ добычи резного торфа. Эти торфяные выемки почти не сохранились, так как в дальнейшем участки кустарной добычи разрабатывались повторно другими способами. В начале XX в. добыча велась частично механизированным машинно-формовочным способом (Кулицкий Мох – с 1910 г., Савватьевское болото – с 1918 г., Васильевский Мох – с 1927 г.). С конца 20-х до конца 40-х годов на этих же болотах применяется гидроэлеваторный способ. В 40–50-е годы на ряде болот (Васильевский Мох, Оршинский Мох, Галицкий Мох, Озерецко-Неплюевское болото) использовался более производительный гидравлический способ («гидроторф»). На болоте Галицкий Мох, служившим полигоном Инсторфа (ТОС), а впоследствии Калининского филиала ВНИИТП, использовался также экскаваторный способ добычи (до 1972 г.).

Методика исследования включала несколько видов работ.

1. Определялись морфометрические характеристики карьеров каждого типа: форма, размеры и площади карьеров и межкарьерных перемычек.

2. В ходе полевых исследований описывалось современное состояние аквальных и территориальных комплексов. Определялась глубина карьеров, остаточная мощность торфа, описывался растительный покров карьеров и перемычек.

3. Измерялись гидрохимические показатели (активная кислотность, общая минерализация, цветность и окисляемость) поверхностных карьерных вод на глубине 0–5 см.

4. Для выявления динамики зарастания и изменения морфометрических характеристик карьеров проводился анализ топографических карт разных лет, аэрофотоснимков 1970–2002 гг. и космоснимков 2005 г. С помощью компьютерного картографирования определялись площади, занятые аквально-территориальными комплексами разных видов.

5. Изучались материалы обследования и учета торфяных месторождений.

2. Анализ результатов исследования

Участки торфяных болот, выработанные карьерными способами, представляют собой сочетание сопряженных природно-антропогенных комплексов – заполненных водой карьеров (аквальных комплексов – АК) и осушенных, возвышающихся над ними перемычек (территориальных комплексов – ТК). Такие

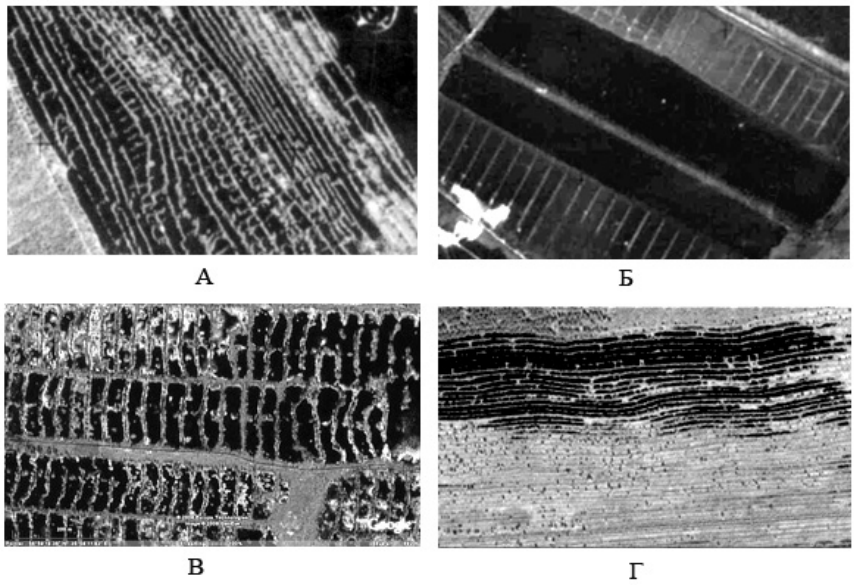

Рис. 1. Типы АТК торфяных карьеров: А – гидроэлеваторные, Б – экскаваторные, В – карьеры гидроторфа, Г – машинно-формовочные

участки можно рассматривать как особые аквально-территориальные комплексы (АТК). На исследованных болотах АТК занимают от 30% (Озерецко-Неплюевское болото) до 60% (Васильевский Мох) выработанной площади.

Их отличает прямолинейный характер и четкость границ, преимущественно прямоугольные очертания отдельных морфологических структур. В зависимости от способа добычи они имеют разные размеры и форму (рис. 1).

В ходе исследования были определены морфометрические характеристики карьеров на ключевых участках выработанных болот. Машинно-формовочные карьеры представляют собой узкие (шириной 4–8 м) длинные (несколько сотен метров) торфяные выемки (табл. 1). Такие карьеры расположены компактными участками, идут параллельными рядами и разделены между собой продольными и поперечными перемычками шириной 0.5–2.5 м из невыработанной залежи. Площадь аквальных комплексов (карьеров) составляет в среднем 71% от общей площади участка, площадь территориальных (перемычек) – 29%.

Гидроэлеваторные карьеры, несмотря на отличие в технологии добычи, похожи по форме на машинно-формовочные, но имеют несколько большую ширину (8–12 м). Ширина карьеров на каждом участке определялась во время добычи исходя из мощности залежи и ширины имеющихся полей разлива гидромассы. Доля площади аквальных комплексов составляет в среднем 83%, территориальных – 17%.

Карьеры гидроторфа согласно технологии добычи должны иметь прямоугольную форму и стандартные размеры 125×30 м, однако в реальности карьеры имеют неправильную слегка изогнутую форму, их размеры колеблются: длина – от 80–90 до 140–160 м, ширина – от 18 до 40 м (средние значения приведены в табл. 2). Здесь участки 1–5 представлены карьерами гидроторфа с разной глубиной минерального ложа и степенью обводнения. Участки 1–2 расположены

Табл. 1

Морфометрические показатели машинно-формовочных (МФ) и гидроэлеваторных (ГТ) карьеров

Показатели	Выработанные болота, участки							
	Васильевский Мох		Кулицкий Мох		Галицкий Мох		Савватьевское	
	ГЭ	ГЭ	МФ	ГЭ	МФ	ГЭ	МФ	ГЭ
Общая площадь, га	164.5	49.4	88.8	142.9	31.9	145.1	5.7	42.4
Площадь АК карьеров, га / доля от общей площади, %	134.1/ 81.5	40.2/ 81.3	62.0/ 69.8	120.8/ 84.5	21.0/6 5.8	125.8/ 86.7	4.4/77. 5	34.0/ 80.1
Площадь ТК перемычек, га / доля от общей площади, %	30.4/ 18.5	9.2/ 18.7	26.8/ 30.2	22.1/ 15.5	10.9/ 34.2	19.3/ 13.3	1.3/ 22.5	8.4/ 19.9
Средняя ширина карьера, м	9.0	10.5	5.2	12.3	4.5	13.1	5.7	13.2
Средняя ширина перемычки, м	2.0	2.1	2.3	2.3	2.5	2.0	1.5	2.5

Табл. 2

Морфометрические показатели карьеров гидроторфа (Васильевский Мох)

Показатели	Участки				
	1	2	3	4	5
Общая площадь, га	70.3	61.8	79.8	95.1	108.9
Площадь АК карьеров, га / доля от общей площади, %	56.0/79.7	47.7/77.2	53.9/67.5	66.0/69.4	85.4/78.4
Площадь ТК перемычек, га / доля от общей площади, %	14.3/20.3	14.1/22.8	25.9/32.5	29.1/30.6	23.5/21.6
Средняя длина карьера, м	107.5	127.5	113.0	118.4	108.2
Средняя ширина карьера, м	27.0	28.2	26.6	27.7	30.0
Средняя площадь карьера, га	0.3	0.36	0.3	0.3	0.3

на северном приподнятом участке ложа (с относительной высотой 13.0–14.0 м), участки 3–4 – на опущенном участке ложа в центральной части болота (с отметками ложа 12.0–13.0 м), участок 5 – на южном склоне котловины (12.5–13.5 м). Перемычки между соседними карьерами в одном ряду (в пределах одного сезонного карьера) имеют ширину 1.5–10 м, между рядами (между сезонными карьерами) – 10–30 м. Высота перемычек над уровнем воды в карьерах в настоящее время – 0.3–1.5 м. Аквальные комплексы (карьеров) занимают около 68–80% площади, территориальные комплексы (перемычки) – 32–20%. Соотношение площадей АК карьеров и ТК перемычек определяется в основном шириной последних. Их исходная ширина, в свою очередь, зависит от обводненности участка на момент добычи торфа. При большой обводненности смежного (предыдущего) карьера край следующего может отодвигаться дальше.

Превышение перемычек над дном карьеров всех видов определяется глубиной залежи и составляет в среднем 1.5–2.0 м. При этом глубина воды – от 0.5 до 1.5–2.0 м. Высота перемычек над поверхностью воды – от 0.3 до 0.7 м. На участках повышенного обводнения перемычки затоплены и не выходят на поверхность.

Экскаваторные карьеры имеют прямоугольную форму, как и карьеры гидроторфа, но более крупные размеры, расположены на болоте попарно или одиночно. Их длина 990–1370 м, ширина 50–205 м, площадь акватории 7.0–21.3 га (Галицкий Мох).

Формирование АТК вызвано действием двух групп факторов. Антропогенные факторы – изъятие торфяной залежи, приведшее к созданию литогенной основы АТК, устройство сети осушительных каналов, регулирующих сток воды с болота, сооружение насыпей дорог. Кроме того, с посещением человеком этих участков связаны торфяные пожары, вытаптывание перемычек и т. д. Природные факторы – это геоморфологические особенности залегания болотного массива, рельеф минерального ложа, избыточное увлажнение, воздействие ветра, физико-химические и водно-физические свойства торфа и постилающих горных пород, наличие болотных растений, их спор и семян. АТК являются антропогенными по происхождению, но развиваются в основном под действием природных факторов.

В формировании АТК главную роль играют несколько процессов.

1. Трансформация литогенной основы. Ее главное свойство – неустойчивость к водной и ветровой эрозии, пожарам, минерализации и т. д. Вследствие разрушения перемычек изменяется морфометрия карьеров и морфологическая структура АТК. Большую роль в этом играет взаимодействие водной массы и торфяной залежи, слагающей межкарьерные перемычки. Высокий уровень карьерных вод способствует разрушению перемычек в основном за счет волновой эрозии. На участках повышенного обводнения перемычки представляют собой цепочки вытянутых узких островков. Их площадь составляет 1.5–5.0% затопленной площади. На участках с менее высоким уровнем воды в карьерах разрушение перемычек протекает медленнее, но и здесь образуются промоины, шириной 0.3–1.0 м. Увеличение их размеров, происходящее вследствие водной эрозии, замерзания и давления льда, приводит к образованию более значительных (шириной 1.5–3.0 м) проливов между карьерами. На разных участках болот около 50–70% перемычек расчленено промоинами. Разрушению перемычек способствуют также торфяные пожары. В результате происходит объединение карьеров в единую систему и выравнивание уровня карьерных вод. На мелководных и осушенных участках карьеров основной причиной разрушения перемычек являются пожары, а также ветровая эрозия, минерализация и уплотнение торфа. Эти процессы ведут к снижению высоты перемычек, образованию бугристого микрорельефа. На отдельных участках машинно-формовочных карьеров Савватьевского болота, Васильевского Мха превышение остаточных перемычек над дном карьера составляет не более 0.5 м, местами торфяные перемычки и остаточный слой торфа на дне карьера полностью отсутствуют, на поверхность выходят минеральные породы.

2. Важным процессом формирования АТК является перераспределение водной массы в пределах болота после торфодобычи, приводящее к неравномерному скоплению карьерных вод в разных частях болота. Это обусловлено, по нашим наблюдениям, рельефом минерального ложа болота. Характер ложа играет существенную роль в начале процесса болотообразования, но по мере развития болота и накопления толщи торфа, изолирующей минеральное дно от поверхностных процессов, его значение уменьшается. После изъятия торфяной

Табл. 3

Средние показатели кислотности и минерализации карьерных вод (в числителе pH, в знаменателе минерализация, мг/л)

Виды карьеров		Степень покрытия карьера сплавиной, %		
		0–30	30–70	70–100
Васильевский Мох				
Машинно-формовочные и гидроэлеваторные		–	–	4.1/14
Карьеры гидроторфа	Глубоко обводненные	5.6/8	–	–
	Умеренно обводненные	5.3/9	4.2/20	–
	Мелководные	–	4.3/20	4.0/23
Кулицкий Мох				
Машинно-формовочные и гидроэлеваторные		4.0/7	–	3.9/22
Галицкий Мох				
Машинно-формовочные и гидроэлеваторные		–	–	3.8/49
Карьеры гидроторфа	Глубоко обводненные	–	–	–
	Умеренно обводненные	–	4.6/22	4.0/18
	Мелководные	6.5/26	–	–
Экскаваторные		5.6/19	–	–
Савватьевское болото				
Машинно-формовочные и гидроэлеваторные		5.3/26	4.4/15	3.9/14

залежи воздействие минерального ложа на развитие АТК становится значительным. Водопроницаемость минерального грунта (особенно песков и супесей) намного выше, чем торфяной залежи, поэтому фильтрация воды через эти породы (мощность остаточного слоя торфа на дне карьеров 0.1–0.5 м), приводит к перетоку вод. В результате небольшие поднятия в рельефе ложа вызывают осушение карьеров, а в наиболее низких участках ложа образуются обширные и глубокие водоемы. В условиях повышенного притока вод происходит подъем уровня выше перемычек и слияние карьеров. Объединенные карьеры гидроторфа имеют площадь 3–12 га (Васильевский Мох), машинно-формовочные – 0.5–7.0 га (Савватьевское болото). На осушенных участках могут сохраняться небольшие (2–10 $м^2$) мелкие (0.5 м) остаточные водоемы. Таким образом, различная степень обводнения карьеров отражается на их морфометрии: глубине, форме и размерах.

3. Формирование химического состава карьерных вод происходит в результате поступления атмосферных осадков, выхода к поверхности грунтовых вод, взаимодействия карьерных вод с торфяной залежью, жизнедеятельности растений. Воды исследованных карьеров отличаются повышенной кислотностью, низкой минерализацией, значительным содержанием органических соединений.

По водородному показателю они относятся к кислой и слабокислой группам. Наиболее низкие значения pH (3.8–4.6) отмечаются в пределах как верховой, так и низинной залежи на полностью покрытых сплавиной карьерах (табл. 3). Это связано с поступления в воду гуминовых и фульвокислот, образующихся

в больших количествах по всей акватории при разложении растительных остатков сплавины. Менее кислая среда (pH 5.3–6.5) присуща слабо заросшим карьерам (крупным слившимся карьерам гидроторфа и экскаваторным).

Общая минерализация карьерных вод колеблется от 7 до 55 мг/л. Величина минерализации определяется условиями водного питания карьеров, которые характеризуются поступлением обильных атмосферных осадков (в условиях избыточного увлажнения лесной зоны), а также выходом на поверхность грунтовых вод, изолированных прежде торфяной толщей. Роль поверхностно-сточных вод чаще всего незначительна из-за перехвата этих вод ограждающими осушительными каналами [9]. Большое значение имеет также взаимодействие карьерных вод с торфяной залежью. На верховых болотах эти воды контактируют не только с верховым торфом перемычек, но также и с обнажившейся нижней частью залежи, сложенной, как правило, низинными торфами. Значение каждого фактора определяется конкретными условиями, большую роль играют геоморфологические условия залегания торфяника, а также застойный водный режим большинства карьеров. Болота плакорного залегания питаются в основном атмосферными осадками, грунтовые воды, выходящие к поверхности, в условиях бедных промытых грунтов (песков и супесей) содержат мало минеральных соединений и не оказывают большого влияния на изменение трофности. Поэтому воды незаросших карьеров (Васильевский Мох, Кулицкий Мох) имеют низкие показатели (7–9 мг/л) – такие же, как и воды сохранившихся естественных озер. На карьерах, покрытых сплавиной, воды имеют чуть большую минерализацию – 14–23 мг/л. Болота, находящиеся на II надпойменной террасе Волги, после удаления залежи испытывают подпор выклинивающихся со стороны коренного берега грунтовых вод, поэтому, несмотря на бедность грунтов, показатели минерализации повышаются до 25–35 мг/л (Савватьевское болото). На низинных участках болот дополнительным фактором повышения минерализации является обогащенность низинного торфа минеральными веществами, которые, переходя в водную среду, увеличивают значение минерализации до 40–55 мг/л (Галицкий Мох).

Гумифицированный характер карьерных вод, как следствие выщелачивания гуминовых веществ из торфа, определяет их высокую цветность (60–120 град.) и окисляемость (20–40 мг О/л). Наиболее высокие значения характерны для полностью заросших карьеров верховых участков болот (более 100 град. и 35–40 мг О/л), наименьшие – для открытых карьеров низинных участков (60–80 град., 20–30 мг О/л).

4. Важнейшим процессом формирования АТК является развитие растительного покрова. После уничтожения естественной болотной растительности и извлечения части торфяной залежи формируются два типа растительных сообществ – на акватории карьеров и на межкарьерных перемычках.

Разнообразие процесса зарастания акватории карьеров выражается в формировании определенного типа зарастания (развитие прибрежно-водной растительности или сплавинообразование), различиях видового состава, скорости и степени зарастания. На процесс зарастания влияют несколько основных факторов.

1. Характер береговой зоны и глубина водоема. Наиболее распространенным типом береговой зоны является почти отвесно уходящий в воду берег карьера.

У самого края карьера глубина достигает 1.0–1.3 м. В таких условиях зарастание идет путем развития сплавины. На начальных стадиях большую роль в образовании сплавины играют корневищные растения: белокрыльник (*Calla palustre*), сабельник болотный (*Comarum palustre*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), растущие у края перемычки и выпускающие в воду свои мощные длинные стебли. На образующемся плавучем субстрате поселяются гипновые и сфагновые мхи, осоки, пушицы. Наиболее распространенным вариантом является нарастание сплавины от берега к центру карьера. В ряде случаев образование сплавины начинается не у берега, а в центральной части карьера. Укоренение пионерных растений при этом происходит на торфяном плавающем или стационарном субстрате. В первом случае базой для прикрепления сплавины являются всплывшие массы торфа. Возможность всплывания слоев торфа обусловлена газообразованием и расслоением залежи [5]. Во втором случае участками зарождения сплавины являются затопленные, но выходящие близко к поверхности остаточные перемычки больших объединенных карьеров. При небольшом понижении уровня воды они могут выступать над поверхностью и заселяться растениями. Благодаря этому площади перемычек, фиксируемых на аэро- и космоснимках увеличилось с 1970 по 2005 гг. на машинно-формовочных карьерах на 12–27% (Савватьевское болото), на карьерах гидроторфа – на 37–43% (Васильевский Мох).

На некоторых участках крупных карьеров (гидроторфа, экскаваторных), где торфяной берег подвергается волновой абразии, наблюдается плавное опускание дна. На мелководных участках вдоль берега развивается прибрежно-водная растительность: осоки (*Carex rostrata*, *C. pseudocyperus*, *C. inflata*) пушицы (*Eriophorum polystachyon*, *Eriophorum vaginatum*), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus ranae*), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia*), наумбургия (*Naumburgia thyrsiflora*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), хвощ приречный (*Equisetum fluviatile*), тростник обыкновенный (*Phragmites communis*) и др., создающие полосу зарастания шириной 2–3 м. На слабообводненных карьерах, глубиной около 0.5 м зарастание идет путем развития осоковых (*Carex rostrata*) и пушицевых (*Eriophorum vaginatum*) кочек, к которым присоединяются сфагновые мхи.

2. Химические свойства карьерных вод и торфяной залежи определяют видовой состав растительности. Доминирующими сплавинными группировками на верховых болотах являются: осоково-сфагновые, тростниково-сфагновые, пушицево-сфагновые. Большое значение имеют болотный мирт (*Chamaedaphne calyculata*) и подбел (*Andromeda polifolia*), нередко поселяются клюква четырехлепестная (*Oxycoccus quadripetalus*), шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris*) и росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). Несмотря на низкий уровень минерализации карьерных вод в пределах верховой залежи, в составе растительных сообществ присутствует группа растений, более требовательных к питанию, чем типичные растения верховых болот: кубышка желтая (*Nuphar luteum*), вахта трехлистная, сабельник болотный, тростник обыкновенный, рогоз широколистный и другие, что придает карьерам мезотрофный или олигомезотрофный характер. Сплавина на низинных болотах формируется из мезотрофных и евтрофных видов сфагновых и гипновых мхов, осок, пушицы сабельника,

хвоща, щитовника (*Dryopteris filix-mas*), телиптериса (*Theypteris palustris*), местами встречаются заросли телореза алоэвидного (*Stratiotes aloides*).

Прибрежно-водная растительность карьеров верховых болот включает небольшое количество видов: тростник обыкновенный, пушица влагалищная, осока вздутая, рогоз широколистный. В пределах низинных болот она более разнообразна. Отмечалось присутствие ряски трехдольной (*Lemma trisulca*), пузырчатки обыкновенной (*Utricularia vulgaris*), цикуты (*Cicuta virosa*), зюзника европейского (Lycopus europaeus), вербейника монетного (*Lysimachia nummularia*), паслена сладко-горького (*Solanum dulcamara*) череды трехраздельной (*Bidens tripartita*), водокраса, частухи рогоза.

3. Морфометрические характеристики карьеров (размеры и форма) влияют на скорость и степень зарастания. Как зарастание прибрежно-водной растительностью, так и развитие сплавины наиболее успешно протекают в защищенных от воздействия ветрового волнения карьерах. Таковыми являются узкие машинно-формовочные и гидроэлеваторные карьеры. Наименее благоприятные условия создаются в крупных водоемах. Волнение не только препятствует развитию сплавины, но и ведет к абразии наветренного торфяного берега карьера. Для больших по площади карьеров имеет значение также их глубина. Мелководность водоемов не позволяет развиваться волнению и тем самым способствует зарастанию. На основе дешифрирования космических снимков 2005 г. и визуальной оценки доли покрытия растительностью каждого карьера была подсчитана площадь зарастания на ключевых участках. Она составила для машинно-формовочных карьеров 83%, карьеров гидроторфа – 53%, экскаваторных – 20%, что свидетельствует о важной роли морфометрических показателей в развитии процесса зарастания.

4. Наличие на дне карьеров пней и упавших деревьев (после пожаров на перемычках) имеет положительное влияние на укрепление сплавины, но не является определяющим.

Наиболее распространенным типом зарастания карьеров является сплавинообразование. Скорость развития сплавины определялась на основании сравнения площади покрытия их поверхности в 1970 и 2005 гг. (табл. 4). За 35 лет увеличение площади сплавины составило в среднем для машинно-формовочных и гидроэлеваторных карьеров 43.6%, для карьеров гидроторфа – 31.6%. При этом средняя скорость латерального прироста сплавины на карьерах гидроторфа на болоте Васильевский Мох составила 90.3 $м^2$/га·год [10], на машинно-формовочных и гидроэлеваторных карьерах (Кулицкий Мох и Савватьевское болото) 127.6 $м^2$/га·год.

Вертикальная скорость нарастания сплавины определялась, исходя из ее мощности и времени, прошедшего после окончания добычи. В наиболее благоприятных условиях толщина накопившегося слоя составляет 60–80 см (машинно-формовочные карьеры на Савватьевском болоте, болоте Галицкий Мох). При возрасте карьеров 60 лет (добыча закончилась в 1950 г.) скорость вертикального прироста составила около 1.0 см/год. Однако на исследованных болотах широко распространены участки, имеющие более молодую и менее мощную сплавину – от 15–20 до 30–40 см.

Табл. 4

Зарастание участков карьеров* в 1970 и 2005 гг.

Ключевые участки		Площадь участка / площадь АК, га	Доля площади карьеров, покрытая сплавиной в 1970 г., %	Доля площади карьеров, покрытая сплавиной в 2005 г., %	Прирост площади сплавины, %	Прирост площади сплавины на 1 га в год, $м^2$/га·год
Васильевский Мох ГТ	1	70.3	17.8	68.8	51.07	144,9
	2	61.8	34.4	63.9	29.5	86,3
	3	79.8	12.4	38.8	26.4	75,3
	4	95.1	19.1	35.6	16.5	47,2
	5	108.9	24.0	58.3	34.3	98,0
Савватьевское болото ГЭ, МФ		122.3	23.6	70.9	47.3	135.2
Кулицкий Мох ГЭ, МФ		237.6	68.4	95.1	39.9**	120.1
Галицкий Мох Э			5	20	–	–

* ГТ – карьеры гидроторфа; ГЭ – гидроэлеваторные карьеры; МФ – машинно-формовочные карьеры; Э – экскаваторные карьеры

** Сплавина покрыла не только поверхность карьеров, а также погребла под собой перемычки.

Развитие растительного покрова на межкарьерных перемычках протекает в целом быстрее, чем на водной поверхности карьеров, и определяется следующими факторами.

1. Торфяная залежь перемычек практически не нарушена, поэтому здесь происходит восстановление исходных элементов растительного покрова. На верховых болотах идет зарастание березой и сосной низкого – среднего бонитета высотой 5–10 (до 15) м, болотными олиготрофными кустарничками – подбелом, болотным миртом, багульником болотным (*Ledum palustre*), голубикой (*Vaccinium uliginosum*), а также вереском обыкновенным (*Calluna vulgaris*), брусникой, пушицей влагалищной. Моховый покров формируется из сфагновых мхов и политрихума. Перемычки, сложенные низинной залежью, зарастают березой, черной ольхой, ивами, единично встречается сосна, в подлеске – рябина, крушина, в напочвенном покрове щитовник, хвощ, таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), гравилат речной (*Geum rivale*) и другие.

2. Высота перемычек над уровнем карьерных вод изменяется от 0.3 м и менее до 0.7 м и более. На приподнятых (0.3–0.7 м) перемычках верховых болот распространены виды наиболее сухих экотопов: багульник, голубика, брусника, вереск. На перемычках низинных болот развивается древесно-кустарниковая растительность, в травяном покрове – мезофитные виды.

На низких перемычках (до 0.3 м) значительную долю составляют болотные корневищные растения и сфагновые мхи. На всех уровнях распространены растения экотопов с более широкой амплитудой влажности: мирт болотный, подбел, пушица, осоки.

С высотой перемычек связано также распространение торфяных пожаров. Наиболее подверженные пожарам приподнятые сухие перемычки в результате становятся ниже, образуются выгоревшие ямы, на месте которых впоследствии развиваются промоины.

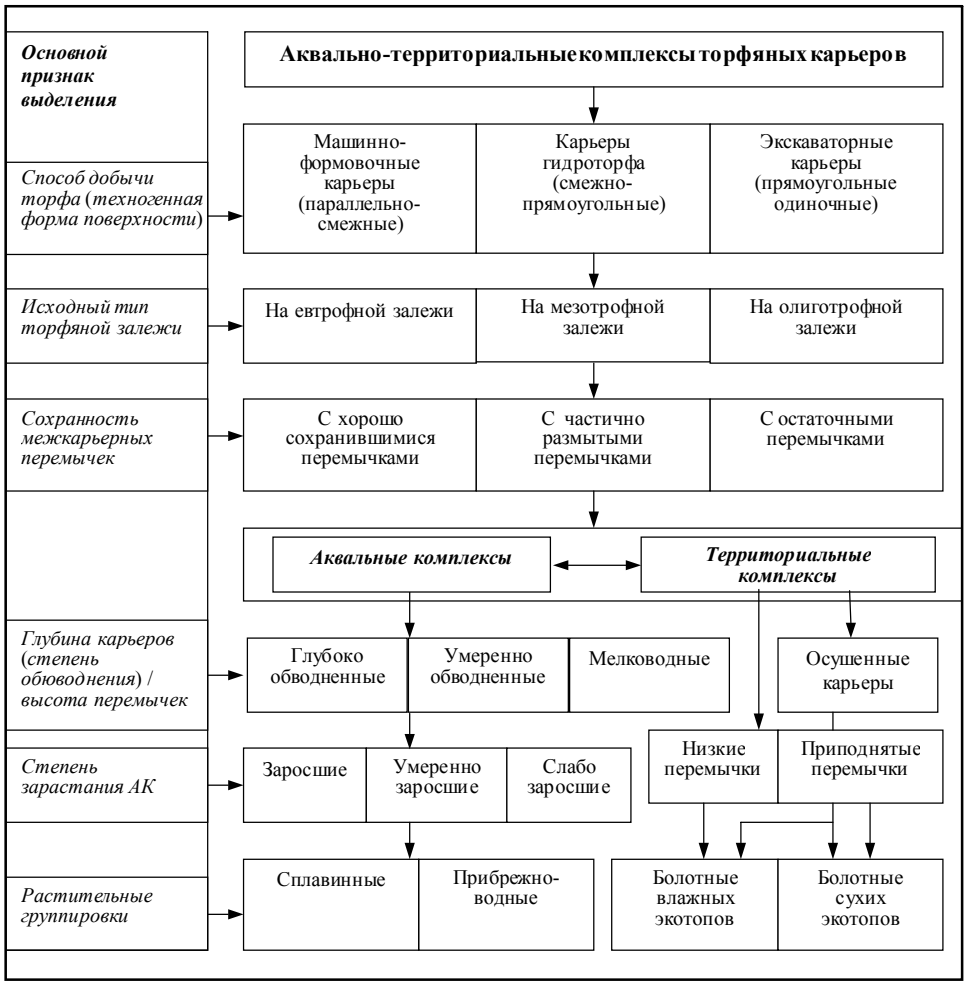

Рис. 2. Классификация аквально-территориальных комплексов торфяных карьеров

Разнообразие видов АТК вызывает необходимость классификации, учитывающей основные процессы формирования и дифференциации АТК. Основаниями деления являются свойства комплексов, как закономерные результаты этих процессов. В основу деления на первых ступенях положены исходные антропогенные и природные особенности литогенной основы: техногенный рельеф выработанного участка, обусловленный способом извлечения торфа, тип торфяной залежи. На последующих уровнях признаками классификации являются результаты основных процессов формирования и дифференциации АТК: сохранность межкарьерных перемычек, уровень обводнения карьеров и превышения над ними перемычек, характер зарастания (рис. 2).

По особенностям литогенной основы (по аналогии с природными системами, для которых важнейшим фактором является генезис территории) можно делить АТК по происхождению карьеров – способу добычи торфа, учитывая при этом техногенную форму поверхности. Тип торфяной залежи до освоения, частично сохранившийся на перемычках, оказывает большое влияние на свойства карьерных вод и почв перемычек, поэтому его обязательно нужно учитывать на

верхних ступенях классификации. Разрушение межкарьерных перемычек вследствие водной эрозии и пожаров обусловливает деление по степени их сохранности, определяющей морфологию АТК. Выделяются участки с хорошо сохранившимися, частично размытыми и остаточными перемычками. Дальнейшую классификацию целесообразно проводить отдельно для аквальных комплексов карьеров и территориальных комплексов перемычек. Несмотря на тесные взаимосвязи между ними, процессы развития идут по-разному. Свойства АК определяются во многом степенью обводнения карьеров. Выделяются глубоко обводненные карьеры (глубиной более 1.5 м), умеренно обводненные (1.5–0.9 м), мелководные (0.9–0.5 м) и осушенные (с отдельными окнами воды, глубиной менее 0.5 м). Перемычки делятся по их высотному положению над уровнем карьерных вод. Можно выделить низкие перемычки (возвышающиеся менее чем на 0.3 м) и приподнятые (0.3–0.7 м). По степени зарастания акватории карьеров (доле площади, покрытой растительностью) выделяются заросшие карьеры (площадь, покрытая сплавиной, более 70%), частично заросшие (30–70%), слабо заросшие (менее 30%). По типу растительных группировок можно дифференцировать аквальные и территориальные на низшей ступени.

3. Выводы

Формирование аквально-территориальных торфокарьерных комплексов связано с развитием процессов преобразования исходной техногенной формы поверхности, перераспределения водной массы в пределах выработанного болотного массива, формирования химического состава карьерных вод, зарастания. Трансформация литогенной основы связана с неустойчивостью торфяной залежи возвышающихся над уровнем карьерных вод перемычек к водной эрозии и пожарам. В результате снижения высоты перемычек и появления промоин воды отдельных карьеров объединяются в систему с единым пьезометрическим уровнем.

Перераспределение болотных вод после изъятия торфа связано с изменением условий стока при ведущей роли в этом процессе рельефа минерального ложа. Небольшие поднятия в рельефе ложа вызывают осушение карьеров, в наиболее низких участках происходит аккумуляция вод. В условиях повышенного притока вод происходит подъем уровня выше перемычек, слияние карьеров и образование обширных водоемов площадью до 12 га.

Формирование химических свойств карьерных вод определяется обилием атмосферных осадков, поступлением грунтовых вод к поверхности после удаления торфяного слоя, взаимодействием карьерных вод с торфяной залежью, жизнедеятельностью растений. Воды исследованных карьеров отличаются повышенной кислотностью (pH 3.8–65), низкой минерализацией (7–49 мг/л), значительным содержанием органических соединений, отражающимся на повышенных показателях цветности (60–120 град.) и окисляемости (20–40 мг O/л).

Зарастание акватории карьеров происходит в основном путем сплавинообразования, что связано с преобладанием почти отвесных берегов карьеров. Латеральный прирост сплавины направлен преимущественно от берегов к центру карьеров, его скорость составляет на карьерах гидроторфа в среднем 90 $м^2$/га·год,

на машинно-формовочных и гидроэлеваторных – 128 м^2/га·год. Подверженные волновой абразии пологие берега зарастают прибрежно-водной растительностью. Степень зарастания карьеров наибольшая на машинно-формовочных карьерах и составляет 83%, на карьерах гидроторфа – 53%, экскаваторных – 20%. Различия обусловлены размерами карьеров разных типов и разной защищенностью от волнового воздействия. Химические свойства карьерных вод и торфяной залежи оказывают влияние на видовой состав растительности карьеров и перемычек.

Классификация аквально-территориальных комплексов основана на учете ведущих процессов их формирования и дифференциации. Признаками деления являются основные свойства АТК (по мере значимости компонентов) от свойств литогенной основы до особенностей растительного покрова.

Summary

L.V. Muravieva, O.A. Tikhomirov, M.V. Markov. The Formation of Aquatic-Terrestrial Complexes of Peat Pits and Their Classification.

The article deals with the formation of aquatic-terrestrial peat pits complexes. The following processes are considered: transformation of lithogenic basis, rearrangement of water mass and formation of quarries with different water content, change in the chemical content of quarry waters, and revegetation of quarries as well as bridges between them. The classification of aquatic-terrestrial complexes is based on the following characteristics: genesis, peat pit type, water content, and revegetation level.

Key words: peat pit, aquatic-terrestrial complex, water content, vegetation cover, classification.

Литература

1. Концепция рационального использования торфяных ресурсов России. – Томск: ЦНТИ, 2003. – 59 с.
2. *Абрамова Л.И.* Формирование растительности на выработанных торфяниках и основные пути их использования: Автореф. дис. … канд. биол. наук. – М., 1969. – 18 с.
3. *Косов В.И., Панов В.В.* Торфяно-болотные системы в экосфере. – Тверь: Твер. гос. техн. ун-т, 2001. – 186 с.
4. *Панов В.В.* Геоэкологические основы регенерации торфяных болот: Автореф. дис. … д-ра геогр. наук. – М., 2003. – 44 с.
5. *Панов В.В., Веселов Н.В.* Принципы классификации выработанных торфяников // Изв. АН. Сер. География. – 2002. – № 6. – С. 86–95.
6. *Резников А.И., Исаченко Г.А., Степочкина О.Е., Сколозубова М.В.* Динамика ландшафтов после добычи торфа карьерным способом // Изв. РГО. – 2004. – Т. 136, Вып. 3. – С. 49–62.
7. *Смагин В.А.* Динамика зарастания торфяных карьеров (на примере выработанных торфяников Ленинградской области) // Ботан. журн. – 1982. – Т. 67, № 8. – С. 112–117.
8. *Тюремнов С.Н., Абрамова Л.И., Лисс О.Л., Страшнова С.В.* Процесс зарастания выработанных торфяников // Природные условия и возможности хозяйственного использования торфокарьерных площадей. – М., 1968. – С. 7–25.
9. *Финашкина Э.И., Антонова Г.С.* Гидрохимический режим торфокарьерных водоемов // Природные условия и возможности хозяйственного использования торфокарьерных площадей. – М., 1968. – С. 113–123.

10. *Шмелева Ю.Д.* Физико-химический режим и гидробиологическое описание опытных торфяных карьеров Мытищенских торфоразработок // Тр. ВИТ. Сектор изучения торфяной залежи. – М.-Л., 1933. – Вып. 3. – С. 133–159.

11. *Муравьева Л.В., Тихомиров О.А.* Факторы и динамика зарастания аквально-территориальных торфокарьерных комплексов на территории Верхневолжья // Вестн. Тверск. гос. ун-та. Сер. «Биология и экология». – 2009. – Вып. 13. – С. 200–210.

Поступила в редакцию
15.09.10

Муравьева Любовь Валерьевна – старший преподаватель кафедры физической географии и региональной геоэкологии Тверского государственного университета.
E-mail: *lmuraviova@mail.ru*

Тихомиров Олег Алексеевич – кандидат географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и региональной геоэкологии Тверского государственного университета.
E-mail: *physgeo@mail.ru*

Марков Михаил Витальевич – доктор биологических наук, профессор кафедры физической географии и региональной геоэкологии Тверского государственного университета.