DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-306-350

Е.А. ШишконоковаПочвенный институт имени В.В. Докучаева,
119017, г. Москва, Российская Федерация

Динамика изменения растительности нефте- и солезагрязненных олиготрофных грядово-мочажинных комплексных болот после рекультивации (Среднее Приобье, ХМАО – Югра)

Олиготрофные грядово-мочажинные и грядово-мочажинно-озерковые комплексные болота широко распространены в центральной части Западной Сибири, в том числе на территориях многих нефтяных месторождений Среднего Приобья. В статье рассматривается динамика зарастания нефте- и солезагрязненных участков этих типов болот, подвергнутых рекультивации. Материалы обследований за 2–3-летний и 15-летний период после рекультивации позволяют выявить основные тренды восстановления растительности в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Происходящая реверсивная олиготрофизация гряд грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых комплексных болот проявляется в относительном уменьшении участия мезоэвтрофных видов на нефтезагрязненных и солезагрязненных болотах, при этом для мочажин аналогичная по направленности динамика прослеживается только в отношении нефтезагрязненных участков, в то время как в солезагрязненных мочажинах сохраняются резко эвтрофные условия. В среднесрочной перспективе большинство типичных олиготрофных мочажинных видов, за исключением *Eriophorum russeolum* и *Oxycoccus palustris*, оказались неспособными к восстановлению. В ходе динамических изменений растительности олиготрофных грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых комплексных болот ведущая роль в восстановительных сукцессиях постепенно переходит к мезотрофным и эвтрофным видам с мощными корневыми системами и аэренхимой – *Eriophorum angustifolium*, *Phragmites australis*, *Carex rostrata* и др. Восстановление мохового яруса отстает на несколько лет от травяного,

© Шишконокова Е.А., 2020

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

при этом из-за отсутствия конкуренции большое значение приобретает участие в нем печеночников, особенно на солевых разливах. Вместе с тем, как и в случае с сосудистыми видами, спустя 15 лет среди мохообразных основными доминантами выступают мезотрофные компоненты.

Ключевые слова: рекультивация нефтезагрязненных болот, рекультивация солезагрязненных болот, динамика растительности, восстановительные сукцессии, трофность болот, успешность зарастания болот

Благодарность. Автор выражает искреннюю благодарность старшему научному сотруднику Гербария МГУ им. М.В. Ломоносова Е.А. Игнатовой, ведущему научному сотруднику кафедры микологии и альгологии МГУ им. М.В. Ломоносова Т.Ю. Толпышевой, научному сотруднику Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина А.К. Мамонтову за помощь в определении мхов, лишайников и печеночников.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Шишконокова Е.А. Динамика изменения растительности нефте- и солезагрязненных олиготрофных грядово-мочажинных комплексных болот после рекультивации (Среднее Приобье, ХМАО – Югра) // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 3. С. 306–350. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-306-350

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-306-350

E.A. Shishkonakova

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
119017, Moscow, Russian Federation

Dynamics of vegetation changes in oil and salt-contaminated oligotrophic ridge-hollow mire complexes after reclamation (Middle Pre-Ob region, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra)

Oligotrophic ridge-hollow and ridge-hollow-pool complex mires are widely distributed in the central part of West Siberia, including many oil fields of the Middle Pre-Ob region. The article considers the dynamics of re-vegetation of oil and salt-contaminated areas of these mire types subjected to reclamation. Survey materials for 2–3 years and 15 years after reclamation allow to identify the main

trends in vegetation restoration in the short and medium term. The reversible oligotrophication of ridges manifests in a relative decrease in the participation of the meso-eutrophic species on contaminated mire sites. In the hollows, however, the similar trend can be traced only in relation to oil-contaminated sites, whereas in the salt-contaminated hollows, the strong eutrophic conditions last. In the medium-term perspective, most typical oligotrophic hollow species, with the exception of *Eriophorum russeolum* and *Oxycoccus palustris*, were unable to recover. In the course of dynamic changes in the vegetation, the leading role in recovery successions gradually passes to mesotrophic and eutrophic species possessing massive root systems and aerenchyma – *Eriophorum angustifolium*, *Phragmites australis*, *Carex rostrata*, etc. Restoration of the moss layer is several years behind that of the grass layer, and due to the lack of competition, the participation of liverworts in it is of great importance, especially in salt spills. At the same time, among mosses as in the case of vascular species mesotrophic components are the main dominant ones 15 years after reclamation.

Key words: reclamation of oil- and salt-contaminated mires, vegetation dynamics, recovery successions, trophic status of mires, success of re-vegetation

Acknowledgments. The author expresses sincere gratitude to E.A. Ignatova, senior researcher at the Herbarium of Lomonosov Moscow State University, T.Yu. Tolpysheva, leading researcher at the Department of Mycology and Algology of Lomonosov Moscow State University, and A.K. Mamontov, researcher at the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, for their help in identifying mosses, lichens, and liverworts.

CITATION: Shishkonakova E.A. Dynamics of vegetation changes in oil and salt-contaminated oligotrophic ridge-hollow mire complexes after reclamation (Middle Pre-Ob region, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2020. Vol. 10. No. 3. Pp. 306–350. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-306-350

Введение

Олиготрофные грядово-мочажинные (ГМК) и грядово-мочажинно-озерковые комплексные (ГМОК) болота широко распространены в центральной части Западной Сибири, причем на территориях многих нефтяных месторождений Среднего Приобья эти типы болот являются доминирующими. За последние 40–50 лет накопился весьма значительный по площади фонд заболоченных земель, в той или иной степени модифицированных воздействием техногенных поллютантов, поступающих в результате как аварийных разливов из поврежденных трубопроводов, так и вторичного их рассеивания из мест скопления техногенных

жидкостей и эмульсий, таких как нерекультивированные разливы нефти и шламовые амбары. На некоторых месторождениях региона, по данным дистанционного зондирования, свыше 10% площади болот загрязнены нефтепродуктами [Hese, Schmullius, 2009].

Но если характер зарастания нефтезагрязненных верховых болот за последние 25 лет в общих чертах был изучен [Васильев, 1998; Чижев, 1998; Лапшина, Блойтен, 1999; Аветов, Шишконокова, 2010; Кукурич-кин, Тюрин, 2011; Vodyanitsky et al., 2018], то восстановительные сукцессии после проведенной рекультивации в среднесрочном временном промежутке (более 10 лет) остаются малоисследованными.

Между тем, именно способность вторичных пострекультивационных сообществ обеспечить долговременное проективное покрытие при удовлетворительном флористическом разнообразии в конечном итоге определяет успешность предпринятых мер по реабилитации нарушенных болот, тем более, что на их проведение затрачиваются значительные финансовые, материальные и трудовые ресурсы общества. Важно подчеркнуть, что государственные природоохранные структуры ХМАО – Югры в современных условиях не регламентируют характер восстанавливающейся растительности, уделяя внимание только созданию проективного покрытия и понижению концентрации углеводородов в поверхностном горизонте почвы. Очевидно, что достижение цели полного восстановления экосистем верховых болот можно рассматривать лишь в очень удаленной перспективе. По прогнозу известного сибирского эколога В.Н. Седых, на участках с сильным нефтяным загрязнением оно возможно лишь через 100–150 лет [Седых, 2005, с. 104].

В целом, ликвидация загрязнений и восстановление экосистем ГМК и ГМОК болот весьма затруднены по причине их сильной обводненности, высокой сорбционной способности сфагнового торфа, низкой проходимости для людей и техники, а также выраженной мозаичности биоценотического покрова, оказывающей большое влияние на распределение загрязнения. Разумеется, немаловажную роль играет и общая интенсивность нефте- и/или солевого аварийного разлива. Так, при умеренных разливах в почвенном покрове рассматриваемых болот образующиеся торфяные хемоземы занимают только пониженные формы рельефа (мочажины) и таким образом их ареалы приобретают полосчатые, подковообразные формы. В то же время при интенсивных разливах нефть загрязняет всю поверхность болота, а полосчатые формы ареалов сохраняются только по их периферии [Аветов, Шишконокова, 2011]. Все эти факторы предопределяют полную или частичную гибель растительности, а также возможность самовосстановления биоценоза (рис. 1). При масштабных нарушениях обычно требуется проведение ремедиации.

Рис. 1. Грядово-мочажинный комплекс:

a – нефтезагрязненный участок; *b* –участок в год проведения рекультивации

Fig. 1. Ridge-hollow complex:

a – oil-contaminated ridge-hollow complex; *b* –complex in the year of reclamation

Рекультивационные мероприятия (включающие сбор нефти, фрезирование поверхностного торфяного горизонта, внесение минеральных удобрений, извести, биопрепаратов, посев мезофитных трав, в отдельных случаях – посев или трансплантацию видов местной флоры), приводят к нивелировке рельефа, дальнейшему изменению геохимических характеристик почв, часто к полному уничтожению остатков естественной растительности на фоне поступления семян и зачатков инвазивных видов. Обычно процесс рекультивации занимает 1–2 года, затем происходит сдача участка государственным органам. К этому моменту при содержании нефтепродуктов в торфяной почве 10% проективное покрытие растительностью должно составлять 30% и выше, при более низких показателях содержания нефтепродуктов проективное покрытие растительностью практически не учитывается.

Формирование особых по своим свойствам антропогенно преобразованных биоценозов, значительно отличающихся от природных вариантов, обуславливает усложнение ландшафтной структуры региона. Загрязнение и последующая рекультивация, таким образом, служат мощными факторами, изменяющими строение почвенно-растительного покрова болот, а длительный процесс восстановления усиливает эту неоднородность из-за роста площади, охваченной разновременными стадиями восстановительных сукцессий.

Цель проведенных исследований – определение степени и направленности среднесрочного (свыше одного десятилетия) восстановления растительности рекультивированных участков нефте- и лесозагрязненных олиготрофных комплексных болот центральной части Среднего Приобья.

Объекты и методы

С целью изучения закономерностей восстановления почвенно-растительного покрова в 2006 г. нами было обследовано 124 рекультивированных в 2003–2005 гг. участка общей площадью около 730 га олиготрофных или вторичных болот, возникших на их месте, на одном из крупных месторождений в восточной части Среднего Приобья. Выбранный ряд отражает все разнообразие верховых болот района исследований – среди них ГМК (от мелко- до крупномочажинных), ГМОК, сосново-кустарничково-сфагновые болота (рямы) в сочетании с небольшими по площади вкраплениями пушицево-сфагновых болот.

В процессе обследования было установлено, что значительная часть поверхности рекультивированных участков оказалась лишена растительного покрова или имела очень низкое проективное покрытие.

Из отсмотренного массива была выделена группа из 21 репрезентативного участка верховых болот, представляющая собой примеры удачного и неудачного проведения рекультивации. На них, в свою очередь, были заложены 84 площадки (54 – ГМК и ГМОК, 30 – олиготрофных сосново-кустарничково-сфагновых болот и олиготрофных осоково-пушицево-сфагновых ложбин стока). При этом необходимо отметить, что хотя основной акцент в настоящей статье сделан на рассмотрении господствующих ГМК и ГМОК, тем не менее, нельзя полностью исключить присутствие на обследованных участках некоторой доли прилегающих верховых болот других типов, которые невозможно было обособить из-за тотального преобразования физиономического облика болотных ландшафтов при нарушении и последующей рекультивации.

Из площадок, обследованных в пределах ГМК и ГМОК в 2006 г., в 2019 г. нами было повторно обследовано 12 участков. На них, в свою очередь, отдельно описаны мочажины и гряды (14 ключевых площадок, заложенных на нефтезагрязненных болотах, 6 – на солезагрязненных болотах, 2 – на торфяниках со смешанным характером загрязнения) (табл. 1, 2).

Все площадки пронумерованы по участкам. Площадки, заложенные на грядах, маркировались буквой «а», в мочажинах – соответственно буквой «б», в случае описания двух гряд на одном участке первая маркировалась только номером участка, вторая номером и буквенным обозначением, если на участке описывалась только одна площадка – гряда или мочажина – то она маркировалась только номером участка.

Кроме того, в районе месторождения нами были выполнены описания на 8 фоновых участках ГМК и ГМОК болот (6 гряд и 8 мочажин) (рис. 2, 3). По типам болотных комплексов и характеру загрязнения, в свою очередь, участки распределялись следующим образом:

1) фоновые: 1 – мелкомочажинный ГМК; 2 – среднемочажинный ГМК; 3 – ГМОК, переходящий в средне- и мелкомочажинный ГМК; 4 – среднемочажинный ГМК; 5 – крупномочажинный ГМК; 6 – крупномочажинный ГМК; 7 – среднемочажинный ГМК; 8 – ГМОК;

2) нефтезагрязненные: 9 – мелко- и среднемочажинный ГМК; 10 – ГМК с элементами ГМОК; 11 – ГМОК; 12 – ГМОК; 13 – ГМОК; 14 – среднемочажинный ГМК; 15 – вторичное болото на границе ряма и ГМК; 16 – мелко- и среднемочажинный ГМК; 17 – средне- и крупномочажинный ГМК;

3) солезагрязненные: 18, 18а, 18б – мелко- и среднемочажинный ГМК; 19, 19а, 19б – мелко- и среднемочажинный ГМК;

4) со смешанным нефтесолевым загрязнением: 20 – среднемочажинный ГМК.

Таблица 1

Растительность гряд олиготрофных грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых комплексных болот в естественных условиях и на различных этапах техногенного воздействия
[Vegetation of ridges of oligotrophic ridge-hollow and ridge-hollow-lake complex bogs in natural conditions and at various stages of anthropogenic impact]

	Фоновые участки [Background plots]							Нефтезагрязненные участки: 2–3 года после рекультивации [Oil-contaminated sites: 2–3 years after reclamation]							
Номера участков [Site numbers]	1a	2a	3a	4a	5a	6a	9a	10a	11a	12a	13a	14	15	16a	9a
Общее проектное покрытие травяно-кустарникового яруса, % [Total design coverage of the herb-shrub layer, %]	25	50	40	60	65	50	0,5	1	10	20	0	1–2	7	0	15
Общее проектное покрытие мохово-лишайникового яруса, % [Total design cover of the moss-lichen layer, %]	99	97	97	95	95	99	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.				+	+								+		В
<i>Populus tremula</i> L.										В			+		
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Д	Д	Д	Д	Д	Д									В
<i>P. sibirica</i> Du Tour	+	+	+	+	+									В	

Продолжение табл. 1

[illegible]

<i>Drosera rotundifolia</i> L.	+	+	1		+										
<i>Epilobium palustre</i> L.															
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.							+		+			+	+		1
<i>E. russeolum</i> Fr.							+		+			+	+		+
<i>E. vaginatum</i> L.	+	+	1	1	1	1–2	r		r				r		+
<i>Juncus bufonius</i> L.												r	+		
<i>J. alpino-articulatus</i> Chaix													+		
<i>Ledum palustre</i> L.	1–2	2	3	2–3	3	2–3									
<i>Lemna minor</i> L.															
<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr.	1	1	1–2	++		1									
<i>O. palustris</i> Pers.	+	1		+	1–2										2
<i>Phleum pratense</i> L.									1	2		+	+		
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.															
<i>Puccinellia hauptiana</i> V.I. Krecz.															
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	+	1	1	2	1	1–2									
<i>Rumex acetosella</i> L.									1	r					
<i>R. aquaticus</i> L.													+		

Продолжение табл. 1

[illegible]

<i>S. fuscum</i> (Schimp.) H. Klinggr.	55	50	75	70	40	65									
<i>S. riparium</i> Ångstr.															3
<i>S. squarrosus</i> Crome															
<i>Warnstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske															
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.			0,2	0,8											
<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.			0,3			2									
<i>C. cenotea</i> (Ach.) Schaer.	0,1														
<i>C. deformis</i> (L.) Hoffm.	0,8		0,2	1		0,5									
<i>C. rangiferina</i> (L.) F.H. Wigg.		10	7	8	3	8									
<i>C. squamosa</i> Hoffm.		1,5	0,1	0,2											
<i>C. stellaris</i> (Opiz) Pouzar et Vězda			4	5	7	3									
Количество видов сосуди- стых растений [Number of vascular plant species]	10	11	9	10	10	7	3	0	9	5	0	5	14	1	6
Количество видов мхов [Number of moss species]	7	8	10	10	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Олиготрофные виды, % [Oligotrophic species,%]	100	100	100	100	100	100	67	0	33	0	0	17	14	0	63
Мезо-эвтрофные виды, % [Meso-eutrophic species, %]	0	0	0	0	0	0	33	0	67	100	0	83	86	100	37

Продолжение табл. 1

	Нефтезагрязненные участки: 15 лет после рекультивации [Oil-contaminated sites: 15 years after reclamation]							Солезагрязненные участки [Salt-contaminated sites]							
								2–3 года после рекультивации [2–3 years after reclamation]				15 лет после рекультивации [15 years after reclamation]			
Номера участков [Site numbers]	10а	11а	12а	13а	14	15	16а	18	18а	19	19а	18	18а	19	19а
Общее проектное покрытие травяно-кустарникового яруса, % [Total design coverage of the herb-shrub layer, %]	30	35	50	35	35	60	25	15	25	87	75	40	12	30	15
Общее проектное покрытие мохово-лишайникового яруса, % [Total design cover of the moss-lichen layer, %]	1	25	70	15	12	3	25	0	0	0,1	0	80	3	25	90
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	+			+	+	+	+					+		+	+
<i>Populus tremula</i> L.		+										+			+
<i>Pinus sylvestris</i> L.					+							+		+	+
<i>P. sibirica</i> Du Tour				+											
<i>Salix cinerea</i> L.	+	+		+	+	+	+					+		+	+

<i>S. pentandra</i> L.		+			+	+						+		+	
<i>Agrostis gigantea</i> Roth															
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	+			r											
<i>Andromeda polifolia</i> L.							+								+
<i>Aster tripolium</i> L.								r	1–2				1		
<i>Betula nana</i> L.															r
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth							+	2			+	1	1–2	2	1–2
<i>C. langsдорffii</i> (Link) Trin.	1	2		1	+	1–2	+							+	
<i>C. canescens</i> L.	1		2	1–2	+	+	1								r
<i>C. paupercula</i> Michx.	r			+											r
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench															
<i>Chenopodium rubrum</i> L.									1	+	3		+		
<i>Drosera rotundifolia</i> L.															
<i>Epilobium palustre</i> L.	r	+			+	+								1	
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	1–2	1	2–3	1–2	2	2–3	1					2	+		1
<i>E. russeolum</i> Fr.	2–3	1–2	1–2	2–3	+	+	2							1	+

Продолжение табл. 1

	Нефтезагрязненные участки: 15 лет после рекультивации [Oil-contaminated sites: 15 years after reclamation]							Солезагрязненные участки [Salt-contaminated sites]							
								2–3 года после рекультивации [2–3 years after reclamation]				15 лет после рекультивации [15 years after reclamation]			
Номера участков [Site numbers]	10a	11a	12a	13a	14	15	16a	18	18a	19	19a	18	18a	19	19a
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	2			+											+
<i>Juncus bufonius</i> L.														+	
<i>J. alpino-articulatus</i> Chaix													+	+	1
<i>Ledum palustre</i> L.							+					r		r	+
<i>Lemna minor</i> L.	+					+									
<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr.															
<i>O. palustris</i> Pers.		+		+	r		+					+		+	+
<i>Phleum pratense</i> L.															
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.												1–2		+	
<i>Puccinellia hauptiana</i> V.I. Krecz.									2–3	3–4	+		+		
<i>Rubus chamaemorus</i> L.							+								+

<i>Rumex acetosella</i> L.																
<i>R. aquaticus</i> L.					+	+									r	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott						r									+	
<i>Calliergon cordifolium</i> (Hedw.) Kindb.					3	2,5										
<i>Heterogemma laxa</i> (Lindb.) Konstant. & Vilnet			0,2									0,4				0,2
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson						0,5									0,5	
<i>Mylia anomala</i> (Hook.) Gray																
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.			1				0,1			0,1		70		15		70
<i>Polytrichum jensenii</i> I. Hagen												0,5				7
<i>P. strictum</i> Brid.			0,1				1								0,1	
<i>Sphagnum angustifolium</i> (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen																
<i>S. annulatum</i> H. Lindb. ex Warnst.																
<i>S. balticum</i> (Russow) C.E.O. Jensen																
<i>S. fuscum</i> (Schimp.) H. Klinggr.																
<i>S. riparium</i> Ångstr.		4	60				15					7		2		2–3

Окончание табл. 1

	Нефтезагрязненные участки: 15 лет после рекультивации [Oil-contaminated sites: 15 years after reclamation]							Солезагрязненные участки [Salt-contaminated sites]							
								2–3 года после рекультивации [2–3 years after reclamation]				15 лет после рекультивации [15 years after reclamation]			
Номера участков [Site numbers]	10a	11a	12a	13a	14	15	16a	18	18a	19	19a	18	18a	19	19a
<i>Sphagnum squarrosum</i> Crome		15			0,1		5					2		4	
<i>Warnstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske	1	5	8	3	8		1							1	10
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.															
<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.															
<i>C. cenotea</i> (Ach.) Schaer.														пр.	
<i>C. deformis</i> (L.) Hoffm.															
<i>C. rangiferina</i> (L.) F.H. Wigg.															
<i>C. squamosa</i> Hoffm.															
<i>C. stellaris</i> (Opiz) Pouzar et Vězda															
Количество видов сосуди- стых растений [Number of vascular plant species]	12	8	4	11	11	13	11	2	3	2	3	11	9	18	16

Количество видов мхов [Number of moss species]	1	4	8	2	3	2	6	0	0	1	0	6	1	14	6
Олиготрофные виды, % [Oligotrophic species,%]	23	25	58	54	29	7	41	0	0	33	0	35	0	28	50
Мезо-эвтрофные виды, % [Meso-eutrophic species, %]	77	75	42	46	71	93	59	100	100	67	100	65	100	72	50

Для деревьев и кустарников указано присутствие преимущественно: Д – в состоянии взрослых особей, + – в состоянии подростка, в – в виде всходов; для сосудистых растений травяно-кустарничкового яруса приводится обилие-покрытие по Браун-Бланке, для отдельных видов мхов и лишайников проективное покрытие указывается в процентах, при крайне незначительном участии присутствие вида указывается как пр. – примесь. [For trees and shrubs, the presence is indicated predominantly: “Д” – in the state of grown-ups, + – in a state of undergrowth, “в” – in the form of seedlings; for vascular plants of the herb-dwarf shrub layer, the abundance-cover according to Brown-Blanc is given, for certain species of mosses and lichens, the projective cover is indicated as a percentage, with an extremely insignificant participation, the presence of the species is indicated as “пр.” – an admixture]

Виды, отмеченные на одной площадке (рядом с видом приводится обилие/покрытие, в скобках номер участка) [Species marked on one site (abundance/coverage is given next to the species, the site number in brackets)]:

- фоновые участки [background plots]: *Hipatiacae sp.* 10% (5a); *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. 1% (2a); *Cladonia cornuta* (L.) Hoffm. 0,8% (5a); *C. gonecha* (Ach.) Asahina 0,2% (5a);
- нефтезагрязненные участки, 2–3 года после рекультивации [oil-contaminated sites, 2–3 years after reclamation]: *Agrostis tenuis* Sibth. + (11a), *Bidens radiata* Thuill. + (15), *Festuca pratensis* Huds. + (12a), *Tephrosieris palustris* (L.) Rchb. + (15);
- нефтезагрязненные участки, 15 лет после рекультивации [oil-contaminated sites, 15 years after reclamation]: *Agrostis stolonifera* L. 1–2 (10a), *Carex aquatilis* Wahlenb. + (12a), *C. rostrata* Stokes 1 (15), *Typha latifolia* L. + (14), *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst. 1% (11a), *Polytrichum commune* Hedw. 0,3% (12a), *Riccardia latifrons* (Lindb.) Lindb. np. (12a), *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. 0,3% (12a), *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. 2–3 (16a), *S. flexuosum* Dozy & Molk. 12% (13a);
- солезагрязненные участки, 15 лет после рекультивации [salt-contaminated sites, 15 years after reclamation]: *Salix bebbiana* Sarg. + (19), *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. + (19), *Orchis sp.* + (19), *Sonchus arvensis* L. 1 (18a), *Trientalis europaea* L. + (18), *Triglochin maritimum* L. 1–2 (18a), *Tussilago farfara* L. + (18a), *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr. np. (19), *Bryum amblyodon* Müll. Hal. 3% (18a), *Calypogeia muelleriana* (Schiffn.) Müll. Frib. np. (19a), *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort. 0,1% (18), *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. 2% (19), *Dicranum polysetum* Sw. np. (19), *Fuscocephalozia lunulifolia* (Dumort.) Váňa & L. Söderstr. np. (19), *F. pleniceps* (Austin) Váňa & L. Söderstr. np. (19), *Sphagnum fimbriatum* Wilson 0,2% (19), *Cladonia digitata* (L.) Hoffm. np. (19).

Таблица 2

Растительность мочажин олиготрофных грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых комплексных болот в естественных условиях и на различных этапах техногенного воздействия
[Vegetation of hollow-oligotrophic ridge-hollow and ridge-hollow-lake complex bogs in natural conditions and at various stages of technogenic impact]

Номера участков [Site numbers]	Фоновые участки [Background plots]								Нефтезагрязненные участки: 2–3 года после рекультивации [Oil-contaminated sites: 2–3 years after reclamation]					
	16	26	36	46	56	66	7	8	96	106	116	126	136	17
Общее проектное покрытие травяно-кустарничкового яруса, % [Total design coverage of the herb-shrub layer, %]	15	15	12	20	17	12	20–25	20	20	1	3–4	10–15	40	0
Общее проектное покрытие мохово-лишайникового яруса, % [Total design cover of the moss-lichen layer, %]	100	100	97	100	97	98	100	97	0,8	0	0	0	0	0
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.														
<i>Andromeda polifolia</i> L.	1	2	+	+	1–2	+	1–2	+						
<i>Bidens radiata</i> Thuill.										+	+	1		

<i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin.														
<i>Carex canescens</i> L.												r		
<i>C. limosa</i> L.		1–2	2	1–2	2	2	1–2							
<i>C. paupercula</i> Michx.					+									
<i>C. rostrata</i> Stokes					1					+		2–3		
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	1	+												
<i>Drosera anglica</i> Huds.		+		+		+	+	+						
<i>D. × obovata</i> Mert. & W.D.J. Koch					r	+								
<i>D. rotundifolia</i> L.		r			r	+		+						
<i>Epilobium palustre</i> L.										r				
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.									+		+	1	+	
<i>E. russeolum</i> Fr.	1	+	1	1	1	1	1	1	1–2		1	1	r	
<i>E. vaginatum</i> L.	+	1			1	+	+	+	+	r				
<i>Juncus bufonius</i> L.														
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.			1		1–2	1–2	1	1						

Продолжение табл. 2

[illegible]

<i>S. balticum</i> (Russow) C.E.O. Jensen	100	10	25		6	70	16	15						
<i>S. fuscum</i> (Schimp.) H. Klinggr.			2				4							
<i>S. jensenii</i> H. Lindb.														
<i>S. lindbergii</i> Schimp.			60				80							
<i>S. majus</i> (Russow) C.E.O. Jensen		90		75	90			80						
<i>S. papillosum</i> Lindb.				25		18								
<i>S. riparium</i> Ångstr.														
<i>Warnstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske			5					2						
Количество видов сосу- дистых растений [Number of vascular plant species]	4	8	7	6	10	8	9	8	3	3	6	3	5	0
Количество видов мхов [Number of moss species]	1	2	5	2	4	2	3	3	1	0	0	0	0	0
Олиготрофные виды, % [Oligotrophic species, %]	100	100	100	93	100	100	100	100	50	33	17	33	20	0
Мезо-эвтрофные виды, % [Meso-eutrophic species, %]	0	0	0	7	0	0	0	0	50	67	83	67	80	0

Продолжение табл. 2

[illegible]

<i>C. paupercula</i> Michx.		r										
<i>C. rostrata</i> Stokes	+		+	2–3	1–2	1						1
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench												
<i>Drosera anglica</i> Huds.												
<i>D. × obovata</i> Mert. & W.D.J. Koch												
<i>D. rotundifolia</i> L.												
<i>Epilobium palustre</i> L.		r		+								1
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	+	1–2	+	+	2–3	1					1	2–3
<i>E. russeolum</i> Fr.	1	2–3	1–2	+	+	2			+			
<i>E. vaginatum</i> L.		2										
<i>Juncus bufonius</i> L.									+		+	
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	+			+		+						
<i>Phleum pratense</i> L.												
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.										1		+
<i>Rubus chamaemorus</i> L.												
<i>Scheuchzeria palustris</i> L.												

Окончание табл. 2

[illegible]

<i>S. riparium</i> Ångstr.	80	20	80			45						
<i>Warnstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske		3				18					5	
Количество видов сосудистых растений [Number of vascular plant species]	5	9	3	6	5	6	0	0	5	2	3	10
Количество видов мхов [Number of moss species]	3	3	2	1	0	5	0	0	0	0	2	0
Олиготрофные виды, % [Oligotrophic species, %]	50	25	40	29	20	55	0	0	20	0	40	0
Мезо-эвтрофные виды, % [Meso-eutrophic species, %]	50	75	60	71	80	45	0	0	80	100	60	100

Для деревьев и кустарников: + – присутствие в состоянии подроста; для сосудистых растений травяно-кустарничкового яруса приводится обилие-покрытие по Браун-Бланке, для отдельных видов мхов и лишайников проективное покрытие указывается в процентах, при крайне незначительном участии присутствие вида указывается как пр. – примесь. [For trees and shrubs: + – presence in a state of undergrowth; for vascular plants of the herb-dwarf shrub layer, the abundance-cover according to Brown-Blanc is given, for certain species of mosses and lichens, the projective cover is indicated as a percentage, with an extremely insignificant participation, the presence of the species is indicated as “пр.” – an admixture.]

Виды, отмеченные на одной площадке (рядом с видом приводится обилие/покрытие, в скобках номер участка) [Species marked on one site (abundance / coverage is given next to the species, the site number in brackets)]:

- фоновые участки: *Carex pauciflora* Lightf. 1 (4), *Menyanthes trifoliata* L. + (3), *Rhynchospora alba* (L.) Vahl 1–2 (7), *Cladopodiella fluitans* (Nees) H. Buch пр. (3), *Hygroamblystegium humile* (P. Beauv.) Vanderp., Goffinet & Hedenäs 0,9% (5), *Pohlia sphagnicola* (Bruch et al.) Broth. 0,1% (5);
- нефтезагрязненные участки, 2–3 года после рекультивации [Oil-contaminated sites, 2–3 years after reclamation]: *Bryum sp.* 0,8% (9);
- нефтезагрязненные участки, 15 лет после рекультивации [Oil-contaminated sites, 15 years after reclamation]: *Salix cinerea* L. + (10), *Sphagnum squarrosum* Crome 7% (10),
- солезагрязненные участки, 2–3 года после рекультивации [Salt-contaminated sites, 2–3 years after reclamation]: *Populus tremula* L. в (20), *Tephrosia palustris* (L.) Rchb. 1 (20);
- солезагрязненные участки, 15 лет после рекультивации [Salt-contaminated sites, 15 years after reclamation]: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth 1 (19), *Rumex aquaticus* L. + (20), *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla 1 (20).

Рис. 2. Территория месторождения. Грядово-мочажинный комплекс в ненарушенном состоянии

Fig. 2. Oilfield area. Pristine bogs, ridge-hollow complex

Промежуточные наблюдения на отдельных участках проводились нами в 2008 и 2009 гг.

На заложенных площадках производились детальные геоботанические описания по стандартным методикам (видовой состав, общее проективное покрытие, проективное покрытие по ярусам, обилие/покрытие отдельных видов, фенофаза, жизненность), визуально определялась степень нарушенности болота.

Результаты и обсуждение

Проведенная рекультивация способствовала росту флористического разнообразия в первую очередь за счет увеличения доли сосудистых видов растений на фоне практически полного уничтожения мохово-лишайникового яруса. Так, в 2006 г. на 124 рекультивированных участках, относящихся ко всем типам олиготрофных болот, в ходе рекогносцировочных работ нами было отмечено 122 вида сосудистых растений. На площадках, заложенных на ранее загрязненных и рекультивированных участках ГМК и ГМОК болот, обнаружено 59 видов сосудистых

растений, притом, что на фоновых площадках флористическое разнообразие ограничивалось 23 видами сосудистых растений. Из 59 видов 13 видов относятся к олиготрофам аборигенной флоры, 14 – мезотрофам и эвтрофам болот Среднего Приобья, 10 – мезофитным травам, посеянными в процессе рекультивации или случайно привнесенным с семенным материалом, остальные виды – к рудеральным и инвазивным элементам.

Рис. 3. Территория месторождения. Грядово-мочажинно-озерковый комплекс в ненарушенном состоянии.

Fig. 3. Oilfield area. Pristine bogs, ridge-hollow-pool complex

Олиготрофные болотные сосудистые растения, включающие кустарнички, росянки, морошку, осоки, сохранялись преимущественно по малонарушенным сегментам с низкими степенями загрязнения, главным образом по неподверженным фрезерованию периферическим частям нефтяных разливов. По нашим наблюдениям, такие местообитания успешно восстанавливались и без проведения рекультивационных мероприятий. Однако на наиболее загрязненных, отфрезерованных сегментах рекультивированных участков вышеприведенные олиготрофные виды практически отсутствовали. В то же время на этом фоне выделялись олиготрофные пушицы (*Eriophorum vaginatum* и *E. russeolum*),

обладающие, в отличие от остальных абorigенов верховых болот, высоким потенциалом сохранения и восстановления. К тому же успешному восстановлению популяций *Eriophorum vaginatum* в немалой степени способствовала искусственная подсадка кочек этой пушицы на заключительном этапе рекультивации, практикуемая рядом организаций в качестве альтернативы посеву мезофитных трав. При этом *E. russeolum* предпочитает более влажные участки (например, бывшие мочажины), одновременно отличаясь способностью вегетировать на более замазученных торфяных поверхностях.

На ряде рекультивированных участков с высоким постоянством отмечались мезо-эвтрофные болотные элементы (*Carex canescens*, *C. rostrata*, *Epilobium palustre*, *Eriophorum angustifolium*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Rumex aquaticus* и др.), часто появляющиеся еще до рекультивации в условиях резкого повышения трофности торфяных почв при нефтезагрязнении. Нередко также наблюдались всходы древесных пород – ив, берез, осины. В свою очередь, при умеренно-слабом солевом загрязнении, по мере его возрастания, усиливалась роль галотолерантных рудеральных компонентов, в том числе *Bidens radiata*, *Calamagrostis epigeios*, *Juncus alpinoarticulatus*, *J. bufonius*, *Sonchus arvensis*. Наконец, на отфрезерованных поверхностях сильнозасоленных торфяников отмечалось господство галофитов – *Aster tripolium*, *Puccinellia hauptiana*, *Chenopodium rubrum*, *Tephrosia palustris*, в отдельных случаях формирующих значительное проективное покрытие.

Моховой покров был представлен единичными видами, спорадически образующими очень мелкие пятна. В основном он формировался за счет *Pohlia nutans*. На отдельных мало нарушенных сегментах сохранялись мелкие пятна сфагновых мхов естественных местообитаний. Восстанавливающиеся лишайники на нарушенных рекультивацией поверхностях встречены не были.

Рекультивационные мероприятия преобразовали исходный микрорельеф грядово-мочажинных комплексных болот, сохранив, однако, хотя и в нивелированном виде, гряды, часто выявляемые по всходам и подросту ив и мелколиственных древесных пород, а также вейников, политриховых и зеленых мхов. При этом наиболее высокие участки ранее рекультивированных гряд в течение всего периода наблюдений продолжали испытывать некоторый дефицит влаги, что обуславливало определенное замедление их зарастания.

Важно отметить, что на отдельных ключевых площадках растительность на момент обследования отсутствовала полностью. Этому

способствовали высокие концентрации поллютантов, неблагоприятные водно-физические условия (высокая обводненность или, наоборот, переосушенность фрезерованного торфа), неприспособленность высеваемых мезофитных трав к произрастанию в подобных условиях, а также сравнительно небольшой срок, прошедший после рекультивации.

К 2019 г. растительный покров участков существенно изменился. В сводных табл. 1 и 2 сопоставляется видовой состав сообществ по фоновым участкам, а также по ключевым площадкам, обследованным в 2006 г. (через 2–3 года после рекультивации) и в 2019 г. (спустя 15 лет).

Оценка нарушенных в результате нефте- и солевого загрязнения участков по доле эвтрофных элементов во флористическом составе позволяет судить об определенной динамике протекания восстановительных сукцессий к 2019 г.

По нашим данным, для рекультивированных участков в целом характерна определенная реверсивная олиготрофизация гряд ГМК и ГМОК, проявляющаяся в относительном уменьшении участия мезо-эвтрофных видов с 78 до 62% за 12–13 лет в нефтезагрязненных ценозах и с 100 до 72% на солезагрязненных болотах (см. табл. 1). Для мочажин аналогичная по направленности динамика прослеживается только в отношении нефтезагрязненных участков: доля эвтрофных видов уменьшается в среднем с 69 до 64% (см. табл. 2). Между тем, в солезагрязненных мочажинах на двух из трех участков в конечном временном пункте наблюдения сохраняется 100% участие эвтрофных элементов, а на одном оставшемся олиготрофизация выражается только лишь в появлении небольших пятен мхов *Pohlia nutans* и, в меньшей степени, *Warnstorfia fluitans*. Сфагновые мхи, служащие основным компонентом мохового яруса естественных олиготрофных болот (см. табл. 1 и 2 – фон), в солезагрязненных мочажинах не возобновляются (рис. 4).

Вместе с тем, олиготрофизация, имея ограниченный характер, не сопровождалась возобновлением многих олиготрофных видов. В частности, на рекультивированных участках любого типа загрязнения не было обнаружено таких типично мочажинных видов как *Carex limosa*, *C. pauciflora*, *Menyanthes trifoliata*, *Scheuchzeria palustris*, *Trichophorum cespitosum*, представителей рода *Drosera*. Кроме повышенной концентрации поллютантов в отрицательных элементах рельефа, причиной этому могут также служить узкие экологические оптимумы указанных видов и их пониженные конкурентные возможности.

Рис. 4. Рекультивированный участок (№ 18) техногенно засоленного олиготрофного грядово-мелкомочажинного комплексного болота:

a – 2006 г. (сообщество с участием *Puccinellia hauptiana* и *Aster tripolium*);
b – 2019 г. (сообщество с доминированием *Phragmites australis* при участии *Triglochin maritimum*).

Обращает на себя внимание отсутствие растительности на наиболее низких гипсометрических уровнях мочажин, все годы наблюдений характеризующихся сочетанием неблагоприятных физико-химических свойств торфяных почв

Fig. 4. Reclaimed area (No. 18) of technogenically saline oligotrophic ridge-small hollow complex bog:

a – 2006 (community with *Puccinellia hauptiana* and *Aster tripolium*);
b – 2019 (a community dominated by *Phragmites australis* with the participation of *Triglochin maritimum*).

Attention is drawn to the absence of vegetation at the lowest hypsometric levels of hollows, all years of observations are characterized by a combination of unfavorable physical and chemical properties of peat soils

Олиготрофизация достигается, в первую очередь, за счет зарастания рекультивированных участков олиготрофными пушицами. Так, небольшой прирост встречаемости продемонстрировала кочкарная *Eriophorum vaginatum* – вид, хорошо известный своей способностью колонизовать нарушенные верховые болота [Lavoie et al., 2005; Trinder et al., 2008; Pouline et al., 2011; Koyama, Tsuyuzaki, 2012]. Однако препятствием к более широкому его распространению, видимо, послужили вторичные битумные корки-киры, образовавшиеся из-за поднятия нефти из нижележащих слоев при турбации грунта. В отличие от *E. vaginatum*, корневищная *E. russeolum* обнаруживает гораздо более выраженный тренд к долговременному заселению остаточного загрязненного болот, несмотря на обычно ограниченное участие в составе фитоценозов ненарушенных ГМК (рис. 5). Если в 2006 г. она была встречена на 44,6% обследованных ключевых площадок рекультивированных олиготрофных болот различных типов, то к 2019 г. – на 80,0%. К тому же на ряде участков с небольшой степенью засоления у этого вида нередко наблюдается явление гигантизма, выраженное в увеличении вегетативных частей растения в 1,5–2 раза [Шишконокова и др., 2013].

О положительном влиянии повышения трофности на рост пушицы *E. russeolum* по мере восстановления рекультивированных болот свидетельствует следующий ряд наблюдений, выполненных в рамках данного исследования: в условиях ненарушенных олиготрофных мочажин высота генеративных побегов составляет 28–33 см, в первые годы после рекультивации – 20–26 см, а спустя 12–13 лет – 32–55 см.

Рис. 5. *Eriophorum russeolum* на нефтезагрязненном участке грядово-мочажинно-озеркового комплекса, оставленном на самозарастание: *a* – 2006 г.; *b* – тот же сегмент в 2019 г.

Среди других олиготрофных видов, успешно восстанавливающих на рекультивированных ГМК в условиях остаточного нефтесолевого загрязнения, следует указать *Oxycoccus palustris*. Если в первые годы после рекультивации она была встречена на 6,9% всех олиготрофных болотных площадок, то в 2019 г. уже на 48,0%. В то же время *O. palustris* на большинстве обследованных участков (кроме № 9) в 2019 г. не создала сколько-нибудь заметного покрытия. *O. microcarpus*, ранее весьма обильная на гривах ГМК, обнаружена не была, что указывает на ее низкую устойчивость к подобного рода воздействиям. Кроме того, на фрезерованных грядах засоленных участков в настоящее время наблюдается поселение отдельных экземпляров кустарничков – *Andromeda polifolia*, *Betula nana*, *Ledum palustre*.

Занимающие доминирующее положение на рекультивированных болотах мезотрофные и эвтрофные виды также подвержены динамическим изменениям на рассматриваемом в данном исследовании временном отрезке 12–13 лет.

Большинство мезофитных луговых трав быстро выпали из травостоя под влиянием повышенной обводненности и техногенного засоления болот. Исключение составила лишь тимopheевка (*Phleum pratense*), отмечавшаяся в 2006 г. по крайней мере в небольшом обилии на большинстве нефтезагрязненных относительно дренированных участков и единично или рассеяно на отдельных сегментах этих участков в 2008–2009 г. Однако в 2019 г. на обследованных площадках она не была обнаружена.

С течением времени ведущее положение на нефтезагрязненных участках заняли мезо-эвтрофные корневищные растения с мощной корневой системой и аэренхимой, в первую очередь, *Eriophorum angustifolium* (рис. 6, 7).

К 2006 г. на этапе активной колонизации пушица образовала довольно сомкнутый покров, затягивая мазутные корки-киры. На фото 2019 г. заметно изреживание растительного покрова из *Eriophorum russeolum*, на этом фоне происходит внедрение *E. angustifolium* (показано стрелкой)

Fig. 5. *Eriophorum russeolum* on an oil-contaminated site of the ridge-hollow-pool complex, left for natural re-vegetation:
a – 2006; b – the same segment in 2019.

By 2006, at the stage of active colonization, cotton grass formed a fairly closed cover, tightening the oil crusts. In the photo of 2019, the thinning of the vegetation cover from *Eriophorum russeolum* is noticeable, against this background, the introduction of *E. angustifolium* occurs (shown by the arrow)

Рис. 6. Рекультивированный участок (№ 20) со смешанным характером загрязнения (с техногенным нефтезагрязнением и засолением) олиготрофного грядково-среднемочажинного комплексного болота:

Если в первые годы после проведения рекультивационных мероприятий участие этой пушицы в сообществах всех обследованных площадок олиготрофных болот составляло 34,5%, то к 2019 г. уже 88,0% при абсолютном доминировании в большинстве случаев. К тому же отмечается увеличение жизненности этого вида. Так, если в 2006 г. в высоту его экземпляры достигали 23–48 см и чаще всего не входили в генеративные фазы развития, то в 2019 г. было выявлено массовое цветение и плодоношение, а высота стеблестоя достигала 79 см. Корни пушицы играют большую роль в поддержании микробных популяций торфяных почв, обеспечивая их лабильным (доступным) углеродом корневых выделений [Trinder et al., 2008], что, в конечном итоге, может способствовать ускорению деградации остаточных компонентов нефтяного загрязнения.

В этом же направлении усиления роли растений с мощной корневой системой следует рассматривать увеличение числа доминантов на некоторых засоленных участках (в первую очередь, отличающихся довольно высокой влажностью): к *Calamagrostis epigeios*, обнаруженному на 17,2% площадок в 2006 г. и 28,0% – в 2019 г., добавился *Phragmites australis*, отсутствующий в 2006 г.

На всех рассмотренных участках значительно (в несколько раз) повысили свою встречаемость такие мезотрофные и мезо-эвтрофные болотные травы, как *Carex rostrata*, *C. canescens*, *Calamagrostis langdorffii*, *Rumex aquaticus*, *Epilobium palustre*. К числу видов, заново освоивших рекультивированные поверхности, относится *Carex paupercula*, образующая примесь на ряде участков ГМК и ГМОК. Показатель встречаемости *Typha latifolia* за эти годы не вырос. Вид отмечается рассеяно и доминантом ни в одном из вторичных сообществ не стал. Возможной причиной его низкой конкуренции по сравнению с пушицами в данном случае служит значительная глубина торфяников (более 2 м) района исследований, в то время как *T. latifolia* предпочитает близко залегающие минеральные горизонты.

a – 2006 г. (пионерная стадия зарастания *Tephroseris palustris*);

b – 2019 г. (эвтрофное болото с доминированием *Eriophorum angustifolium*).

Fig. 6. Recultivated area (No. 20) with a mixed nature of pollution (with technogenic oil pollution and salinization) of an oligotrophic ridge-middle-hollow complex bog:

a – 2006 (initial stage of re-vegetation with *Tephroseris palustris*);

b – 2019 (eutrophic mire dominated by *Eriophorum angustifolium*).

Рис. 7. Рекультивированный участок (№ 13) грядово-мочажинно-озеркового комплекса с высокой степенью нефтяного загрязнения:

- a* – 2006 г. (отдельные пионерные группировки *Carex rostrata* с участием *Bidens radiata* на фоне выпавших всходов мезофитных злаков);
b – 2019 г. (на большей части мочажины сформировалось эвтрофное осоково-пушицевое сообщество с доминированием *Eriophorum angustifolium*).

Fig. 7. Recultivated section (No. 13) of ridge-hollow-pool complex with a high degree of oil pollution:

- a* – 2006 (separate initial groups of *Carex rostrata* with *Bidens radiata* on the background of fallen mesophytic grass seedlings);
b – 2019 (a eutrophic sedge-cotton grass community with the dominance of *Eriophorum angustifolium* was formed on most of a hollow).

Вместе с тем, на обследованных площадках однолетние и двулетние виды (*Bidens radiata*, *Tephrosia palustris*), широко распространившиеся на территории месторождения в период масштабного проведения рекультивационных работ, полностью выпали в процессе восстановительных сукцессий к 2019 г. Однолетние гемигалофиты (*Chenopodium rubrum*, *Juncus bufonius*), а также многолетник *Puccinellia hauptiana*, в свою очередь, резко сократили участие из-за расселения торфяных почв. Возможно, часть видов-гигрофитов, опирающаяся в своей стратегии на семенное размножение, оказалась неадаптированной к условиям нефте- и слегазагрязнения из-за их негативного влияния на прорастание семян [Crowe et al., 2002].

Унаследованность болотного рельефа особенно хорошо проявляется в восстановлении древесной и кустарниковой растительности (рис. 8, *a*). Так, на гривах за прошедший период произошли существенные изменения в состоянии древесного и кустарникового ярусов. Здесь поселился подрост мелколиственных пород высотой до 3–4 м (главным образом *Betula pubescens*, в меньшей степени *Populus tremula*) с отдельными экземплярами *Pinus sylvestris* высотой до 1–2 м, местами формирующий малосомкнутый ярус. Густота кустарникового яруса, состоящего преимущественно из *Salix cinerea* с примесью *S. pentandra*, на отдельных сегментах грев довольно значительна. В мочажинах подрост деревьев и кустарников единичен, чаще всего отмечаются лишь всходы, которые быстро выпадают.

Одним из главных аспектов пострекультивационной трансформации растительности ГМК следует признать восстановление мохового покрова. За период с 2006 г. на некоторых площадках покрытие мохового яруса приблизилось к 90–100%, причем наиболее динамично его восстановление происходило в постоянно увлажненных нефтезагрязненных мочажинах (рис. 8, *b*), а также на дренированных рассоляющихся участках торфяников.

Рис. 8. Нефтезагрязненный участок мелко- и среднемочажинного грядово-мочажинного комплекса (№ 9), фото 2019 г.:

a – общий вид участка; заметно более медленное зарастание гряд растительностью травяно-кустарничкового и мохового ярусов (одна из причин – недостаток влаги), в то же время здесь происходит активное поселение подроста мелколиственных пород;
b – мочажина (№ 9б); зарастание ее прошло динамично, к моменту обследования в 2019 г. здесь формируется кустарничково-пушицево-сфагновое сообщество (проективное покрытие восстановившегося мохового яруса составило 100%)

Fig. 8. Photo of 2019 oil-contaminated site of ridge-small-and medium-hollow complex (No. 9):

a – a general view of the site; a slower re-vegetation of ridges with plants of grass-shrub and moss layers (one of the reasons is the lack of moisture) is noticeable, at the same time, there is an active settlement of undergrowth of small-leaved species;
b – hollow (No. 9b); its re-vegetation was dynamic, by the time of the survey in 2019, a shrub-cotton-grass-sphagnum community was formed here (the projective coverage of the restored moss layer was 100%)

В первом случае поселяются олиготрофные и олиго-мезотрофные сфагновые мхи (*Sphagnum annulatum*, *S. jensenii*, *S. lindbergii*, *S. riparium*) и *Warnstorfia fluitans*, способные «наплывать» на битуминизированную поверхность с формированием сплавины. Последний вид, в естественных условиях отмечающийся в небольшом количестве в наиболее обводненных частях мочажин, в условиях эвтрофикации и гидроморфизации болота резко увеличивает свое присутствие.

Во втором случае – на дренированных участках расселяющихся торфяников – формирующий состав мхов чрезвычайно разнообразен и во многом обуславливается микрорельефом участка. Так, на микроповышениях поселяются политриховые мхи, *Aulacomnium palustre*, *Dicranum polysetum*, на выровненных поверхностях напочвенный покров формируют *Pohlia nutans*, *Leptobryum pyriforme*, *Ceratodon purpureus*, печеночники, в локальных понижениях – сфагновые мхи. *Pohlia nutans* – вид, обычный для гряд ненарушенных верховых болот (в виде небольшой примеси на верхушках кочек), оказался, как отмечалось выше, наиболее распространенным мхом в первые годы после рекультивации. При этом дальнейший динамичный рост его популяций выявлен в 2019 г. именно для дренированных сегментов ранее засоленных торфяников, на которых проективное покрытие этого вида местами достигает 70%. В то же время на нефтезагрязненных болотах *P. nutans* сохраняется лишь в небольшом количестве на отдельных микроповышениях, уступая роль доминанта другим мхам. Еще

одной важной особенностью дренированных рассоляющихся местообитаний является активное расселение печеночников – *Calypogeia muelleriana*, *Cephaloziabicus pidata*, *Fuscocephaloziopsis lunulifolia*, *F. pleniceps*, *Heterogemma laxa*, чье развитие может быть объяснено отсутствием значимой конкуренции со стороны мхов. Наконец, обращает на себя внимание появление с высокой долей встречаемости на участках с загрязнением всех типов (кроме засоленных мочажин) двух видов сфагновых мхов – олиго-мезотрофного *Sphagnum riparium* и эвтрофного *S. squarrosum*, а также таких мезо-эвтрофных компонентов мохового яруса, как *S. fimbriatum*, *Calliergon cordifolium* и *Drepanocladus aduncus*, указывающее на сохраняющуюся остаточную эвтрофикацию. При этом, как и в случае с сосудистыми растениями, наиболее олиготрофные виды мхов, ранее доминировавшие на грядах (*Sphagnum fuscum*) и в мочажинах (*S. balticum*, *S. majus*) не восстановились.

Лишайники отмечаются редко в виде отдельных талломов на наиболее высоких микроповышениях рассолившихся дренированных участков (№ 19).

В целом выполненные наблюдения показали, что по количеству видов сосудистых растений, зафиксированных на площадках различных типов на всех этапах наблюдений, больший прирост обнаруживается на участках гряд (табл. 3). Лучшей динамикой восстановления в этом отношении обладают солезагрязненные сегменты гряд, хотя и нефтезагрязненные через 15 лет после рекультивации также приближаются к фоновым показателям. В то же время видовое разнообразие мохообразных и лишайников на рекультивированных площадках в течение периода восстановления снижено, хотя и здесь солезагрязненные площадки на гривах показали лучшую динамику. Возрастание количества видов в мочажинах происходит медленнее. Как уже отмечалось выше, наиболее затруднено восстановление мхов в солезагрязненных мочажинах.

Таким образом, прослеженная динамика зарастания рекультивированных участков ГМК и ГМОК за 10–15 лет позволяет предполагать некоторое сокращение прогнозируемого векового срока [Седых, 2005] полного восстановления сообществ. На это указывают начинающаяся в некоторых случаях олиготрофизация и, в особенности, активное возобновление мохообразных, в т.ч. и сфагновых мхов, что, в свою очередь, свидетельствует о начале интенсивного торфонакопления. Возможно, что на определенной стадии восстановительной сукцессии сыграет роль способность верховых болот переходить к быстрому зарастанию не занятых сфагновым покровом поверхностей. Так, в естественных циклах их развития регрессивные стадии, связанные с полным прекращением торфонакопления в т.н. «черных мочажинах», могут смениться

Таблица 3

**Среднее количество видов на площадках,
заложенных на рекультивированных участках в 2006 и 2019 гг.
[Average number of species at sites established on reclaimed sites in 2006 and 2019]**

	Фоновые участки [Background plots]	Нефтезагрязненные [Oil-contaminated sites]		Солезагрязненные [Salt-contaminated sites]	
		2–3 года после рекультивации [2–3 years after reclamation]	15 лет после рекультивации [15 years after reclamation]	2–3 года после рекультивации [2–3 years after reclamation]	15 лет после рекультивации [15 years after reclamation]
На грядах [On the ridges]					
Сосудистые растения [Vascular plants]	9,5	4,6	9,5	2,5	10,75
Мохообразные, печеночники и лишайники [Bryophytes, liverworts and lichens]	9,7	0	3,5	0,25	6,75
В мочажинах [In hollows]					
Сосудистые растения [Vascular plants]	7,5	3,3	5,6	1,6	5,0
Мохообразные, печеночники и лишайники [Bryophytes, liverworts and lichens]	2,75	0,16	2,3	0	0,6

резким – в течение нескольких лет – их завершением и зарастанием сфагновым очесом [Karofeld et al., 2015]. Уместность аналогии в этом вопросе подкрепляется, в частности, развитием печеночников как общей черты для растительности «черных мочажин» [Лисс и др., 2001] и восстанавливающихся рекультивированных болот, рассмотренных в настоящей статье.

Выводы

1. Для рекультивированных участков в целом характерна определенная реверсивная олиготрофизация гряд ГМК и ГМОК, проявляющаяся в относительном уменьшении участия мезо-эвтрофных видов на нефтезагрязненных и солезагрязненных болотах. Для мочажин аналогичная по направленности динамика прослеживается только в отношении нефтезагрязненных участков. Сфагновые мхи, как и другие олиготрофные растения, в солезагрязненных мочажинах не возобновляются.

2. Типичные олиготрофные мочажинные виды наиболее неустойчивы, большинство из них в среднесрочной перспективе не восстанавливаются, за исключением *Eriophorum russeolum* и *Oxycoccus palustris*.

3. Ведущая роль среди мезо-эвтрофных трав в восстановительных сукцессиях постепенно переходит к видам с мощными корневыми системами и аэренхимой – *Eriophorum angustifolium*, *Phragmites australis*, *Carex rostrata* и др.

4. Восстановление мохового яруса отстает на несколько лет от травяного, при этом из-за отсутствия конкуренции большое значение приобретает участие в нем печеночников, особенно на солевых разливах. Вместе с тем, как и в случае с сосудистыми видами, спустя 15 лет среди мохообразных основными доминантами выступают мезотрофные представители, на ряде участков существенна примесь эвтрофных видов.

Библиографический список / References

Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. Нефтяное загрязнение болот Западной Сибири // Природа. 2010. № 11. С. 14–24. [Avetov N.A., Shishkonakova E.A. Oil pollution of mires in West Siberia. *Priroda*. 2010. No. 11. Pp. 14–24. (In Rus.)]

Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. Загрязнение нефтью почв таежной зоны Западной Сибири // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. № 68. С. 45–55. [Avetov N.A., Shishkonakova E.A. Oil pollution of soils in the taiga zone of West Siberia. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2011. No. 68. Pp. 45–55. (In Rus.)]

Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск, 1998. [Vasilev S.V. *Vozdeistvie neftegazodobyvayushchei promyshlennosti na lesnye i bolotnye ekosistemy* [Oil-gas production impact on forest and mire ecosystems]. Novosibirsk, 1998.]

Кукуричкин Г.М., Тюрин В.Н. Некоторые особенности зарастания участков солевых загрязнений на болотах Сургутской низины // Западносибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат-лы Третьего Междунар. полевого симпозиума. Новосибирск, 2011. С. 204–205. [Kukurichkin G.M., Tyurin V.N. Some features of re-vegetation of areas of salt contamination in the mires of Surgut lowland. *Zapadnosibirskie torfyaniki i tsikl ugleroda: proshloe i nastoyashchee*. 3rd International Field Symposium. Novosibirsk, 2011. Pp. 204–205. (In Rus.)]

Лапшина Е.Д., Блойтин В. Типы нарушений и естественное восстановление растительности олиготрофных болот на нефтяных месторождениях Томской области // *Krylovia. Sibirskii botanicheskii zhurnal*. 1999. Т. 1. № 1. С. 129–140. [Types of disturbances and natural vegetation restoration of oligotrophic bogs in the oil fields of the Tomsk region. *Krylovia. Sibirskii botanicheskii zhurnal*. 1999. Vol. 1. No. 1. Pp. 129–140. (In Rus.)]

Болотные системы западной Сибири и их природоохранное значение / Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Тула, 2001. [Liss O.L., Abramova L.I., Avetov N.A. et al. *Bolotnye sistemy zapadnoi Sibiri i ikh prirodookhrannoe znachenie* [Mire systems of Western Siberia and their environmental significance]. Tula, 2001.]

Седых В.Н. Парадоксы в решении экологических проблем Западной Сибири. Новосибирск, 2005. [Sedykh V.N. *Paradokсы v reshenii ekologicheskikh problem Zapadnoi Sibiri* [Paradoxes in solving environmental problems in Western Siberia]. Novosibirsk, 2005.]

Экология представителей семейства Осоковые (Cyperaceae) в нарушенных местообитаниях нефтяных месторождений Среднего Приобья / Шишконокова Е.А., Аветов Н.А., Алексеев Ю.Е., Шведчикова Н.К. // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2014. Т. 119. № 4. С. 70–80. [Shishkonakova E.A., Avetov N.A., Alexseev Yu.E., Shvedchikova N.K. Ecology of Cyperaceae-species in disturbed habitats of oil fields in the Middle Pre-Ob region. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. Vol. 119. No. 4. Pp. 70–80. (In Rus.)]

Чижов Б.Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа. Тюмень, 1988. [Chizhov B.E. *Les i neft Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga* [Forest and oil of Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. Tyumen, 1988.]

Crowe A.U., Plant A.L., Kermod A.R. Effects of an industrial effluent on plant colonization and on the germination and post-germinative growth of seeds of terrestrial and aquatic plant species. *Environmental Pollution*. 2002. Vol. 117. Pp. 179–189.

Hese S., Schmulilius C. High spatial resolution image object classification for terrestrial oil spills contamination mapping in West Siberia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2009. Vol. 11. No. 2. Pp. 130–141.

Karofeld E., Ravis R., Tönissón H., Vellak K. Rapid changes in plant assemblages on mud-bottom hollows in raised bog: A sixteen-year study. *Mires and Peat*. 2015. Vol. 16. No. 11. Pp. 1–13.

Koyama A., Tsuyuzaki S. Mechanism of facilitation by sedge and cotton-grass tussocks on seedling establishment in a post-mined peatland. *Plant Ecology*. 2012. Vol. 213. Pp. 1729–1737.

Lavoie C., Marcoux K., Saint-Louis A., Price J.S. The dynamics of a cotton-grass (*Eriophorum vaginatum* L.) cover expansion in a vacuum-mined peatland, Southern Quebec, Canada. *Wetlands*. 2005. Vol. 25. Pp. 64–75.

Pouline M., Fontaine N., Rochefort L. Restoration of pool margin communities in cutover peatlands. *Aquatic Botany*. 2011. Vol. 94. Pp. 107–111.

Trinder C.J., Artz R.R.E., Johnson D. Contribution of plant photosynthate to soil respiration and dissolved organic carbon in a naturally recolonising cutover peatland. *Soil Biology & Biochemistry*. 2008. Vol. 40. Pp. 1622–1628.

Vodyanitsly Yu.N., Avetov N.A., Savichev A.T. et al. Contamination of the peat soils and their impact on vegetation in the oil production area in the northern Siberia. *Wetland: Function, Services, Importance and Threats*. New York, 2018. Pp. 109–154.

Статья поступила в редакцию 22.07.2020, принята к публикации 26.08.2020

The article was received on 22.07.2020, accepted for publication 26.08.2020

Сведения об авторе / About the author

Шишконова Екатерина Анатольевна – кандидат географических наук; старший научный сотрудник отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, Почвенный институт имени В.В. Докучаева, г. Москва, Россия

Ekaterina A. Shishkonakova – PhD in geography, senior researcher of Department of soil genesis, geography and classification, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

E-mail: shishkonakova_ea@esoil.ru