

## Ферментативная активность почв островов правобережья дельты Селенги (Байкальский регион)

Э. О. МАКУШКИН<sup>1</sup>, Н. Д. СОРОКИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6*

<sup>2</sup> *Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок  
E-mail: makushkin@bk.ru*

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена исследованию ферментативной активности современных (дневных) и нижележащих гумусированных горизонтов почв островов и притеррасной поймы протоки Лобановская правобережья дельты р. Селенги. Рассматриваются экологические условия, определяющие различия ее на исследуемых участках. Дается оценка активности ферментов в почвах правобережной части дельты сравнительно с участками левобережной части, различающихся ландшафтно-экологическими параметрами.

**Ключевые слова:** дельта, Селенга, Байкал, почвы, температура, влажность, pH водной вытяжки, гумус, макроэлементы, ферментативная активность, эмиссия CO<sub>2</sub>, водорастворимые NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Дельта р. Селенги представляет собой уникальное природное образование, не имеющее аналогов в своем морфологическом ряду. Это единственная в мире пресноводная дельтовая экосистема площадью более 1 тыс. км<sup>2</sup>, включенная в список особо охраняемых природных объектов Рамсарской конвенции [1]. Имеет место преимущественно аллювиальный характер происхождения дельты на фоне тектонических явлений Байкальской рифтовой зоны [2–4]. В современный период большая часть стока (50–55 % летом и 90 % зимой) продолжает осуществляться через левый край дельты. В правой части дельты наиболее многоводной остается пр. Лобановская – около 30 % стока реки в летний период и порядка 10 % зимой. Менее всего обводнен средний сектор дельты (протоки Колпинная и Средняя), где проходит примерно 3 % общего стока реки [5, 6].

Относительно степени изученности ферментативной активности почв дельты следует отметить, что она исследована фрагментарно для аллювиальной луговой и лугово-болотной почв краевой притеррасной юго-восточной придельтовой части [7–11]. Авторы считают, что выявленные показатели микробиологической и ферментативной активностей данных почв соответствуют нижнему уровню значений средней обогащенности по шкале Д. Г. Звягинцева [12] вследствие изменения гидрологического режима почв в сторону аридизации.

Нами в сравнительном аспекте изучена ферментативная активность почв притеррасной и прирусловой пойм ряда крупных островов левобережья дельты (южная группа проток Селенги) [13]. Показано, что довольно низкая ферментативная активность почв островных пойм при достаточно высоком

содержании ОВ свидетельствует о напряженности трансформации последнего, наличии факторов, ингибирующих активность ферментов.

Следует отметить, что существует разница между левобережной и правобережной частями по гидротермическим режимам. Сумма годовых осадков в устьевой правобережной части меньше, чем в устьевой левобережной части. Соответственно сумма положительных температур выше в правобережной части, чем в левобережной [14]. Имея в виду мезоклиматические особенности указанных частей дельты с учетом значимости пр. Лобановская в функционировании экосистем правобережья и целиком дельты, в настоящей работе поставлена следующая цель: исследовать в сравнительном аспекте ферментативную активность почв островов средней части и устьев рукавов пр. Лобановская правобережья дельты Селенги.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал для исследований в виде почвенных образцов брали со средних и мелких (молодых) островов на рукавах средней и устьевой частей пр. Лобановская р. Селенги и для сравнения – с участка притеррасной поймы недалеко от с. Дубинино Кабанского района Республики Бурятия. Ранее нами была проведена типовая идентификация данных почв [15–17] по субстантивно-генетической классификации [18]. В указанных работах установлено, что для почвенного покрова низких пойм дельты характерно бимодальное строение профилей почвенных разрезов. Выявленная послонная разница по гранулометрическому составу горизонтов профилей обусловлена, на наш взгляд [16], отличиями в гидрологических условиях, имевших место в истории дельты в голоцене, в связи со сменой климата на фоне влияния рифтогенеза согласно [2–4].

Почва *отдела слаборазвитых почв ствола первичного почвообразования* были представлена в одном разрезе (р. 2-04, 06.07.2004), заложенном на относительно мелком острове второй речки пр. Лобановская, в девяти метрах от берега. До залива Провал – 3 км, от верховьев дельты примерно 20 км. Здесь

идентифицирована современная почва слоисто-аллювиального типа, сформированная на аллювиальной гумусовой (глеевой) почве, примерно в 1,5 км от с. Дубинино на северо-запад (52°19'20" с. ш. и 106°44'40" в. д.), под хвощово-осоковым растительным сообществом. Высота травостоя 70–80 см. Трава слегка сбита крупнорогатым скотом (КРС). Проективное покрытие – 90 %, имеет пастбищно-сенокосное значение.

Формула морфологического строения профиля: О (0–3 см) – АУg, @ (3–10 см) – С<sup>~</sup>g, @ (10–66 см). В период закладки разреза (в июле) мерзлота залегала ниже 70 см.

Остальные типы современных и погребенных почв островов правобережья дельты отнесены к *отделу аллювиальных почв ствола синлитогенного почвообразования*.

**Тип аллювиальные перегнойно-глеевые почвы (подтип иловато-перегнойные).** Данный подтип почв исследован на примере трех разрезов.

Р. 3-04 (06.07.2004) заложен на острове третьей речки пр. Лобановская в 1 км на северо-запад от с. Дубинино (52°19'30" с. ш. и 106°44'30" в. д.). Растительность представлена вейниково-осоковым сообществом. Высота травостоя колеблется от 60 до 90 см. Проективное покрытие – 100 %. Формула морфологического строения профиля: О (0–1,5 см) – Нmr,@ || (1,5–12 см) – Нg,@ | (12–50 см) – С/Т@ (50–55 см) – G,@ | (55–70 см). На глубине 70 см – мерзлота. С глубины 41 см начинает просачиваться вода.

Р. 4-04 (06.07.2004) заложен на острове основной пр. Лобановской примерно в 5 км на запад от с. Дубинино (52°18'30" с. ш. и 106°43' в. д.). Фитоценоз: кочкарник с лугово-осоково-хвощовым растительным сообществом. Высота травостоя 80 см. Проективное покрытие – 100 %. Имеет сенокосное значение. Формула морфологического строения профиля: О (0–1 см) – Нmr,@ || (1–15 см) – Нmr,@ | (15–70 см). С 69 см считается вода.

Р. 8-04 (06.07.2004) заложен на острове пр. Прямой Промой (52°20'30" с. ш. и 106°42'40" в. д.). Достаточно возвышенное место, в 6 м от берега протоки с юга, но с севера переходит в низину, где начинается собственно залив Провал. Хвощово-тростниково-осоковое растительное сообщество. Вы-

сота травостоя 60 см. Проектное покрытие – 100 %. Формула морфологического строения профиля:  $Hmr,g,@||$  (0–23 см) –  $Hmr,@|$  (23–70 см).

**Тип почв: аллювиальные перегнойно-глеевые/торфяно-глеевые  $T@-G-CG\sim$ .** Почвы этого типа исследованы на примере трех разрезов.

Р. 5-04 (08.07.2004) заложен в прирусловой пойме молодого острова устья пр. Новый Перемой (52°20' с. ш. и 106°43' в. д.). Растительность представлена преимущественно тростником южным (*Phragmites australis* Gav.) Высота травостоя достигает 250 см. Проектное покрытие – 100 %. Формула морфологического строения профиля:  $O$  (0–1,5 см) –  $T@$  (1,5–20 см) –  $CG$  (20 см и ниже). С 30 см просачивается вода.

Р. 6-04 (08.07.2004) заложен в центральной пойме молодого острова около устья пр. Новый Перемой, в 8 м от берега, т. е. на одном острове с р. 5-04 (52°20' с. ш. и 106°44' в. д.). Растительность представлена злаково-разнотравным сообществом. Высота травостоя 60 см. Проектное покрытие – 100 %.

**Тип аллювиальной торфяно-глеевой почвы на аллювиальной гумусовой (глеевой).** Формула морфологического строения профиля:  $T@$  (0–19 см) –  $AUg$  (19–33 см) –  $Cg$  (33–47 см).

Р. 7-04 (08.07.2004) заложен на острове пр. Прямой Промой, в 15 м от берега реки и в 4 м на север от залива Провал (52°20'30" с. ш. и 106°42'30" в. д.). Растительность представлена мятликово-осоково-тростниковым сообществом. Доминирует тростник южный. Тип почвы: аллювиальная торфяно-глеевая. Формула морфологического строения профиля:  $O$  (0–3 см) –  $T$  (3–15 см) –  $CG$  (15–50 см).

Высоты гипсометрических отметок островных участков колебались в пределах 455,5–456 м над ур. м.

Для сравнения были взяты пробы аллювиальной темнугумусовой квазиглеевой почвы, в притеррасной пойме первой речки около с. Дубинино (52°18'40" с. ш. и 106°44'20" в. д.). Здесь был заложен р. 1-04 (06.07.2004) под злаково-хвощово-осоковым растительным сообществом. Высота травостоя в среднем 40 см, у злаковых – до 50–60 см. Проектное покрытие – 70 %. Имеет пастбищное значение.

Высота гипсометрической отметки примерно 456,5 м. Формула морфологического строения профиля:  $AUsa,q,ad,@||$  (0–12/15 см) –  $AUsa,q,ad,@|$  (12/15–70 см). Ниже 70 см просачивается вода.

При изучении почв использовались морфологические, физико-химические методы [19–23]. Температуру почвы на глубине до 40 см определяли коленчатым термометром Саввинова. Ниже – глубинным ртутным почвенным термометром.

Образцы почв отбирали стерильно по генетическим горизонтам. Ферментативную активность почв в свежееотобранных образцах исследовали по методикам, описанным в работе [24]. Оценку степени обогащенности почв ферментами проводили по шкале Д. Г. Звягинцева [12], а биологической активности – по шкале Э. И. Гапонюк и С. В. Малахова [25]. Наряду с ферментативной активностью почв предметом исследований явились показатели минерализации органического углерода (эмиссия  $CO_2$ ) и азота (содержание водорастворимых  $NH_3$  и  $NO_3$ ). Эмиссию углекислоты определяли в лабораторных условиях газовой хроматографическим методом на хроматографе “CHROM-4” (ЧССР) с катарометром в качестве детектора. Водорастворимые фракции нитратов и аммиака определяли по В. Б. Замятину [20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальное прогревание почв по профилям исследуемых разрезов было выявлено в августе 2004 г. по сравнению с температурными показателями в июле и сентябре (табл. 1). Этот период, наиболее благоприятный для трансформации органического вещества (ОВ) и проявления ферментативной активности почв, взят за основу сравнительной оценки этих взаимосвязанных процессов в почвах правобережной и левобережной части дельты Селенги.

Ферментативная активность и показатели биотрансформации органического углерода и азота почв правобережья дельты Селенги представлены в табл. 2. Первые позиции практически по всем показателям занимает современная аллювиальная торфяно-глеевая почва, представленная горизонтом  $T@$  (0–19 см) в

Температурные условия почвенного покрова летом 2004 г. в правобережной части дельты Селенги

Разрез	Месяцы 2004 г.	T воздуха, °C	T на глуби- не 5 см, °C	T на глуби-не 10 см, °C	T на глуби- не 15 см, °C	T на глуби- не 20 см, °C	T на глубине 65 см, °C
P. 6-04	Июль	21,5	14	10,5	9,5	8,5	4,5 (47 см)
	Август	17	19	17	16,5	16	–
	Сентябрь	10	(вода)	–	–	–	–
P. 8-04	Июль	17	14	13	12,5	12	8,5
	Август	17	17,5	17	16,5	15,5	–
	Сентябрь	10	10,5	10	(вода)	–	–
P. 4-04	Июль	15,5	15	13	12	11,5	5
	Август	20	16,5	16	15,5	15	–
	Сентябрь	12,5	9,5	9,5	9,5	9	–
P. 5-04	Июль	23,5	17	17	16,5	16	–
	Август	22	19,5	18,5	18	17,5	–
	Сентябрь	10	(вода)	–	–	–	–
P. 7-04	Июль	17	15	12,5	12	11,5	10 (50 см)
	Август	17	17	16,5	16	15,5	–
	Сентябрь	10	(вода)	–	–	–	–
P. 3-04	Июль	16	15	14	13	11	0,5
	Август	21	17,5	17,5	17,5	17,5	–
	Сентябрь	12	(вода)	–	–	–	–
P. 2-04	Июль	16	15,5	15	13	12	4,5
	Август	18	16,5	16	16	15,5	–
	Сентябрь	12	12	12	(вода)	–	–
P. 1-04	Июль	21	18,5	17	15	12	7
	Август	18,5	16	15,5	15	15	–
	Сентябрь	9,5	8,5	9	9	9	–

П р и м е ч а н и е. Прочерк – измерения не проводились.

р. 6-04. Сравнительно высоки рассматриваемые показатели в нижележащих горизонтах профиля р. 6-04, представляющих собой аллювиальную гумусовую (глееватую) почву – гор. АУ@ (19–33 см), и рыхло песчаный аллювий – гор. С<sup>г</sup> (33–47 см). В данном случае сказывается обогащенность ОВ современной почвы под злаково-разнотравным растительным сообществом при значительном содержании Са<sup>2+</sup>. При этом слабокислая рН водной вытяжки по шкале Д. С. Орлова и соавт. [21] в гумусированных горизонтах, особенно выраженная в дневном горизонте (табл. 3). С другой стороны, здесь одни из лучших температурных условий в августе 2004 г. (см. табл. 1). Хотя в июле биологически активная температура (БАТ) (> 10 °C) распространялась здесь на минимальную глубину по сравнению с другими

участками правобережья дельты – до 10 см. Последнее обстоятельство связано, очевидно, с наибольшим влиянием здесь медленно оттаивающей сезонной мерзлоты. Полевая влажность современной аллювиальной торфяно-глеевой почвы р. 6-04 составила 56,0 %, в нижележащих горизонтах – 45,8 %. Очевидно, что условия влажности почвенного профиля благоприятны для развития микробного сообщества – основных агентов ферментативного пула в почвах.

По шкале Звягинцева степень обогащенности современной и нижележащих почв в р. 6-04 катализом богатая (пределы 10–30 О<sub>2</sub> см<sup>3</sup>/г за мин), а в песчаном аллювии – средняя (3–10 О<sub>2</sub> см<sup>3</sup>/г за мин). Обогащенность уреазой – соответственно в дневном и нижележащем горизонтах – бедная (3–10 мг NH<sub>3</sub> на 10 г за 24 ч), а в песчаном аллювии –

**Ферментативная активность и показатели трансформации органического углерода и азота почв  
правобережья дельты Селенги в августе 2004 г.**

Горизонт, см	Выделение CO <sub>2</sub> , мг/10 г почвы в сутки	Ферментативная активность			NH <sub>3</sub> , мг/100 г	NO <sub>3</sub> , мг/100 г
		каталаза, O <sub>2</sub> см <sup>3</sup> /г за 1 мин	протеаза, мг аминного азо- та/г за 24 ч	уреаза, мг NH <sub>3</sub> на 10 г за 24 ч		
Р. 6-04. Аллювиальная торфяно-глеевая почва						
T 0-19	8,7 ± 0,27	26,2 ± 0,7	0,97	9,7 ± 0,1	3,71 ± 0,08	0,47
AУ@ 19-33	5,7 ± 0,19	22,5 ± 0,7	0,31	4,6 ± 0,1	2,11 ± 0,07	0,26
C <sup>-</sup> g 33-47	3,7 ± 0,11	9,9 ± 0,46	0,27	2,6 ± 0,1	1,34 ± 0,05	0,17
Р. 8-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая (илогато-перегнойная) почва						
Hmr,@   0-23	6,2 ± 0,32	19,8 ± 0,86	0,87	8,5 ± 0,2	2,96 ± 0,07	0,39
Hmr,@  23-70	3,4 ± 0,12	10,4 ± 0,56	0,24	3,1 ± 0,1	1,44 ± 0,04	0,18
Р. 4-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая (илогато-перегнойная) почва						
Hmr,@   1-15	2,2 ± 0,04	16,7 ± 0,6	0,76	7,7 ± 0,2	2,82 ± 0,04	0,36
Hmr,@  15-70	1,2 ± 0,04	9,4 ± 0,36	0,17	3,0 ± 0,1	1,44 ± 0,04	0,15
Р. 5-04. Аллювиальная торфяно-глеевая почва						
T 1,5-20	6,2 ± 0,13	16,5 ± 0,56	0,63	7,0 ± 0,2	2,71 ± 0,04	0,22
CG 20 и ниже	2,9 ± 0,12	8,5 ± 0,43	0,19	2,1 ± 0,1	1,46 ± 0,06	0,13
Р. 7-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая почва						
T 3-15	2,9 ± 0,14	12,4 ± 0,5	0,39	3,7 ± 0,1	1,16 ± 0,08	0,22
CG 15-50	1,0 ± 0,09	8,9 ± 0,36	0,27	2,0 ± 0,1	1,07 ± 0,05	0,19
Р. 3-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая (илогато-перегнойная) почва						
Hmr,@   1,5-12	2,9 ± 0,14	10,1 ± 0,8	0,34	4,5 ± 0,2	1,41 ± 0,05	0,11
Hg,@  12-50	2,0 ± 0,19	9,6 ± 0,6	0,21	2,7 ± 0,1	1,04 ± 0,07	0,09
[C/T@] 50-55	2,8 ± 0,11	9,7 ± 0,37	0,37	3,0 ± 0,1	1,47 ± 0,05	0,11
Р. 2-04. Аллювиальная гумусовая (глееватая) почва						
AУg,@ 3-10	2,5 ± 0,08	10,2 ± 0,37	0,24	3,5 ± 0,1	1,33 ± 0,04	0,10
C <sup>-</sup> g,@ 10-66	1,4 ± 0,06	6,7 ± 0,3	0,19	2,0 ± 0,1	1,21 ± 0,05	0,07
Р. 1-04. Аллювиальная темногумусовая квазиглееватая почва						
AУca,q,ad,@   0-12/15	2,5 ± 0,07	8,8 ± 0,47	0,28	4,0 ± 0,1	1,11 ± 0,05	0,09
AУq,ad,@  12/15-70	1,1 ± 0,05	5,9 ± 0,23	0,18	1,9 ± 0,08	0,96 ± 0,05	0,07

очень бедная (< 3 мг NH<sub>3</sub> на 10 г за 24 ч). Указанным степеням обогащенности ферментами соответствует биологическая активность почв: высокая, средняя, слабая и очень слабая по шкале Гапонюк и Малахова. Слабая биологическая активность современной и нижележащей почв отмечается также по вы-

делению CO<sub>2</sub> (5-10 мг CO<sub>2</sub> на 10 г почвы), согласно названной шкале. В песчаном аллювии биологическая активность очень слабая. Из анализа литературных данных следует, что выделение CO<sub>2</sub> микроорганизмами и корнями является интегральным показателем минерализации органического вещества и уско-

## Физико-химические свойства почв первичного и синлитогенного створов почвообразования правобережья дельты

Горизонт	Глубина, см	pH <sub>водн</sub>	Гумус %	N	C : N	C <sub>гк</sub> /C <sub>фк</sub>	Обменные катионы		Сумма частиц < 0,01 мг-экв/100 г почвы
							Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	
Р. 6-04. Аллювиальная торфяно-глеевая почва									
T@	0-19	6,0	21,01*	—	—	—	86,7	5,7	—
AУ@	19-33	6,7	1,75	0,099	11,3	1,42	17,86	1,78	12,68
C <sup>г</sup>	33-47	7,2	0,54	0,039	10,7	1,44	4,88	1,22	3,66
Р. 8-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая почва (подтип иловато-перегнойные)									
Hmr,@	0-23	6,4	0,18	22,732	9,7	1,30	22,73	4,54	29,02
Hmr,@	23-70	7,1	0,11	19,712	7,9	1,36	19,72	6,06	26,80
Р. 4-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая (иловато-перегнойная) почва									
Hmr,@	1-15	7,6	4,91	0,252	9,7	1,05	30,85	6,06	34,22
Hmr,@	15-70	6,7	3,19	0,163	9,3	1,08	16,13	6,45	25,34
Р. 5-04. Аллювиальная торфяно-глеевая почва									
T@	1,5-20	7,4	0,98	0,051	10,2	1,25	11,25	2,52	8,49
C	20 и ниже	7,3	1,55	0,083	7,6	1,02	13,64	3,03	12,24
Р. 7-04. Аллювиальная торфяно-глеевая почва									
T	3-15	7,5	2,69	0,132	11,7	1,18	25,76	13,64	6,98
CG	15-50	7,3	0,59	0,031	10,6	0,78	13,16	2,63	5,78
Р. 3-04. Аллювиальная перегнойно-глеевая (иловато-перегнойная) почва на аналогичной (глееватой) почве									
Hmr,@	1,5-12	7,2	1,14	0,072	11,8	1,23	15,54	5,21	29,88
Hg, @	12-50	7,1	0,82	0,041	10,5	1,12	9,32	4,65	10,83
[C/T@]	50-55	6,6	2,38	0,123	7,8	0,88	17,74	3,22	18,04
Р. 2-04. Аллювиальная гумусовая (глееватая) почва									
AУg,@	3-10	7,2	0,92	0,052	5,5	1,02	17,44	2,32	17,63
C <sup>г</sup> @	10-66	7,0	1,24	0,061	11,3	0,68	15,38	2,88	5,93
Р. 1-04. Аллювиальная темногумусовая квазиглееватая почва									
AУca,q,ad,@	0-12/15	7,5	5,93	0,352	8,4	1,97	34**		35,13
AУq,ad,@	12/15-70	7,2	9,61	0,523	6,6	1,19	42**		24,51

П р и м е ч а н и е. \* — углерод определен по Анстету в модификации Пономаревой — Николаевой [22]; \*\* — емкость катионного обмена (ЕКО); прочерк — показатели не определялись.

ренного поглощения минеральных элементов растениями [28]. Слабая биологическая активность отмечается по протеазе (0,5–1,0 мг на 10 г за 24 ч) в дневном горизонте и очень слабая в серогумусовом горизонте и в песчаном аллювии (0–0,5 мг на 10 г за 24 ч) по

этой же шкале. Количественные показатели водорастворимых продуктов аммонификации — NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и нитрификации — NO<sub>3</sub><sup>-</sup> максимальны в дневном и нижележащем горизонтах р. 6-04 (см. табл. 1). Они отражают в целом относительно благоприятные условия



протекания названных процессов в них по сравнению с почвами других изученных участков экосистем островов пр. Лобановская. Ранее нами было показано, что процесс оторфовывания дневного и нижележащего горизонтов почв правобережья дельты приводил к накоплению макроэлементов, что наиболее выражено в современной почве р. 6-04 [26].

Вторую позицию по всем исследуемым показателям занимает аллювиальная перегнойно-глеевая почва (подтип иловато-перегнойные) р. 8-04 (см. табл. 2). Участок располагается в устье пр. Прямой Перемой в непосредственной близости от залива Провал. Наряду с относительно невысокими температурными показателями здесь имеет место влияние волновых процессов и промывного режима вод залива Провал. Все это препятствует накоплению здесь гумуса, о чем свидетельствует малое содержание его по шкале Орлова как в нижележащей, так и в современной почве. При этом обогащенность гумуса азотом как в современной почве, так и в нижележащей выше на одну градацию по сравнению с современной и нижележащей почвами р. 6-04, в которых соответственно низкая и средняя обогащенность гумуса азотом (см. табл. 3). Температурные условия в современной и нижележащей почвах профиля р. 8-04 слабо отличались от горизонтов профиля р. 6-04, имея несколько более высокие температурные показатели в нижних слоях (см. табл. 1). Причиной тому является близость прогреваемого солнечными лучами относительно мелководного водоема залива Провал, служащего своеобразным буфером между холодным Байкалом и периферией дельты. Уровни полевой влажности современной и нижележащей почв были незначительно выше, чем в горизонтах профиля р. 6-04: 58,9 и 49,7 % соответственно.

Отмеченные результаты по ферментативной активности и показатели трансформации органического углерода и азота почв р. 6-04 и 8-04 сопоставимы с лучшими показателями почв притеррасной поймы в августе 2003 г. [13], полученными в период обильных дождей. Отсюда следует, что умеренная влагообеспеченность аллювиальных почв активизирует процесс трансформации ОВ. Однако относительно короткое лето Западно-

го Забайкалья в условиях оптимального увлажнения почвы не способствует полному разложению растительных остатков, как в случае р. 6-04, в котором обнаружено накопление в современной почве оторфяненного слоя.

Третью позицию по большинству рассматриваемых параметров занимает аллювиальная перегнойно-глеевая почва (иловатоперегнойная) р. 4-04. По выделению  $\text{CO}_2$  горизонты почвы значительно уступают соответствующим горизонтам почв профилей двух предыдущих разрезов (см. табл. 2). Участок располагается на основной пр. Лобановской в 5 км на запад от с. Дубинино примерно в 7 км от залива Провал. Содержание гумуса в иловато-перегнойном горизонте  $\text{Hmr}, @|$  (15–70 см) по шкале Орлова низкое, а в современной иловато-перегнойной почве  $\text{Hmr}, @||$  (1–15 см) – ниже среднего. Очевидно, в последнем случае имел значение буйный рост растительности. Однако в первом случае оно выше, чем в соответствующих горизонтах р. 8-04 или в гор. АУ@ (19–33 см) р. 6-04 (см. табл. 3). Заметим, что температура почвенного покрова здесь несколько ниже, чем у первых двух разрезов в связи с отдаленностью от прогреваемого залива Провал (см. табл. 1). Полевая влажность здесь составила в современной почве гор.  $\text{Hmr}, @||$  (1–15 см) – 45,4 %, в нижележащем гор.  $\text{Hmr}, @|$  (15–70 см) – 41,6 %.

Четвертую позицию почти по всем показателям, кроме содержания водорастворимого нитрата (пятый показатель), занимает аллювиальная торфяно-глеевая почва р. 5-04. Участок этой почвы, располагаясь в устье протоки Новый Перемой, густо зарос тростником. Грунтовая вода на глубине 30 см. В августе содержание гумуса в верхнем гор. Т (1,5–20 см) очень малое и малое в гор. СГ (20 см и ниже) по шкале Орлова. По сравнению с перегнойно-глеевыми почвами остальных участков, здесь содержание основных макроэлементов намного меньше (см. табл. 3). Не исключается вымывание их в результате подъема уровня грунтовых вод (УГВ). Интересно, что полевая влажность в августе 2004 г. составила в гор. Т (1,5–20 см) – 34,5 %, в нижнем гор. СГ (20 см и ниже) – 46,7 %. Это свидетельствует о значительном испарительном

эффекте с поверхности почвы. Температурные параметры в почвенном профиле более высокие по сравнению с другими разрезами (см. табл. 1).

Пятое место по каталазной и протеазной активностям, а также содержанию водорастворимых нитратов занимает аллювиальная торфяно-глеевая почва р. 7-04 (см. табл. 2). Полевая влажность гор. Т (3–15 см) составляет 44,8 %, гор. СГ (15–50 см) – 46,9 %. Температурные условия почвы на глубину 20 см не отличаются от почв других участков (см. табл. 1). Реакция водной вытяжки в момент отбора проб была слабощелочной и составляла соответственно 7,5 и 7,3. Содержание гумуса по шкале Орлова в гор. Т (3–15 см) низкое, в гор. СГ (15–50 см) – очень низкое. Содержание азота и основных катионов в дневном горизонте выше, чем в нижележащем (см. табл. 3). Очевидно, что здесь заметно влияние близкого залегания УГВ. До водоема залива Провал отсюда всего 4 м. Относительно низкая ферментативная активность этой почвы связана с гидроморфным режимом почвы. Соответственно, здесь ослаблен и процесс гумусообразования. Довольно высокое содержание водорастворимых нитратов (см. табл. 2) свидетельствует о затруднении процесса денитрификации в этой почве.

Шестую позицию по четырем показателям из шести занимает аллювиальная перегнойно-глеевая почва р. 3-04. По каталазной активности и содержанию водорастворимого нитрата эта почва занимает шестое место (см. табл. 2). Несмотря на то что на глубине 70 см в июле нами выявлено залегание мерзлоты, в погребенном оторфяненном гор. [С/Т] (50–55 см) в августе наблюдалась достаточно высокая ферментативная активность, сопоставимая с показателями вышележащих горизонтов профиля. За один месяц (от июля к августу) почва здесь хорошо оттаяла (см. табл. 1). Полевая влажность в августе составила в дневном горизонте Н<sub>mr</sub>,@|| (1,5–12 см) 36,9 %, в нижележащем гор. Н<sub>g</sub>,@|| (12–50 см) – 36,7 % и в погребенном оторфяненном гор. [С/Т] (50–55 см) – 42 %. Соответственно, лучшая увлажненность последнего горизонта и наличие ОВ явились причиной сопоставимости со многими показателями биологи-

ческой активности верхнего горизонта профиля (см. табл. 2).

Седьмое место по всем показателям, при сравнении с современными почвами других разрезов, занимает аллювиальная гумусовая (глееватая) почва р. 2-04 под современной слоисто-аллювиальной почвой. К сожалению, ферментативную активность современной почвы не исследовали. Полевая влажность гор. АУ<sub>g</sub>,@ (3–10 см) составила 41,9 %, гор. С<sup>~</sup>g (10–66 см) – 46,7 %. Температурные параметры, начиная с 5 см вниз несколько ниже, чем в остальных почвенных разрезах, прилегающих к заливу Провал (см. табл. 1). Очевидно, не хватает отепляющего действия вод залива Провал. Содержание гумуса по шкале Орлова здесь очень малое, рН слабощелочной, содержание основных катионов сопоставимо с аналогичным содержанием в почвах вышеназванных участков (см. табл. 3). Малое содержание гумуса сдерживает здесь функциональную (ферментативную) активность почвенной микрофлоры.

Восьмое место по четырем параметрам (выходу СО<sub>2</sub>, каталазной активности, содержанию водорастворимых аммиака и нитратов) и шестое – по протеазной и уреазной активности занимает аллювиальная темногумусовая квазиглееватая почва р. 1-04 (см. табл. 2). Здесь полевая влажность в момент отбора проб почвы в гор. АУ<sub>ca,q,ad</sub>,@|| (0–12/15 см) составила 74,0 %, в гор. АУ<sub>q,ad</sub>,@|| (12/15–70 см) – 71,2 %. Очевидно, высокая увлажненность как современной, так и погребенной почв явилась затормаживающим фактором биологической активности их. Условия влажности не способствуют развитию микробных сообществ как продуцентов ферментов. По температурным условиям данная почва мало отличается от почв других участков Правобережья дельты (см. табл. 1). Тем не менее эту почву отличает содержание гумуса ниже среднего в современной почве, представленной гор. АУ<sub>ca,q,ad</sub>,@|| (0–12/15 см) и высокое содержание в гор. АУ<sub>q,ad</sub>,@|| (12/15–70 см) по шкале Орлова. Имеет место процесс окарбонирования и повышения емкости катионного обмена (ЕКО) (см. табл. 3) за счет поднятия грунтовой воды и испарительного эффекта с поверхности почвы.



**Корреляция ( $r$ ) между рядами значений ферментов,  $\text{CO}_2$ , водорастворимых аммиака и нитратов и физико-химических показателей дневных горизонтов почв правобережья дельты Селенги**

Показатели	$\text{CO}_2$	Каталаза	Протеаза	Уреаза	$\text{NH}_4$	$\text{NO}_3$
Гумус	-0,05	-0,10	0,03	0,015	-0,07	0,14
Влажность	-0,36	-0,32	-0,24	-0,23	-0,33	-0,19
Температура	0,25	0,21	0,09	0,16	0,26	-0,10
Азот	-0,14	-0,20	-0,08	-0,07	-0,15	0,005
pH	-0,29	-0,54	-0,52	-0,49	-0,42	-0,45
Ca	0,14	0,21	0,30	0,13	0,07	0,62
Mg	-0,63	-0,43	-0,48	-0,68	-0,70	-0,12
$\text{P}_2\text{O}_5$	-0,30	-0,42	-0,30	-0,18	-0,26	-0,38
$\text{K}_2\text{O}$	-0,28	-0,21	-0,12	-0,14	-0,25	-0,01
Сумма частиц < 0,01 мм	-0,003	-0,13	0,06	0,16	0,05	0,02

П р и м е ч а н и е. Показатели подвижного  $\text{P}_2\text{O}_5$  и обменного  $\text{K}_2\text{O}$  были взяты для вычисления корреляции из нашей работы [27].

Очевидно, что относительно максимальные величины обогащенности ферментами, равно как эмиссия  $\text{CO}_2$ , содержание водорастворимых фракций аммиака и нитрат анионов присущи современным почвам (дневным горизонтам профилей) низких пойм правобережной части дельты Селенги. Соответственно и биологическая активность в них выше, чем в погребенных почвах. Учитывая данное обстоятельство, мы провели корреляционный анализ зависимости ряда значений биохимических параметров от физико-химических показателей этих почв.

Выявили слабую прямую корреляционную зависимость эмиссии  $\text{CO}_2$ , каталазной и уреазной активностей и содержания водорастворимого  $\text{NH}_4^+$  современных почв правобережья дельты Селенги от температуры почв. Протеазная активность и содержание водорастворимых  $\text{NO}_3^-$  почв не зависели корреляционно от температуры. Выявлена прямая слабая корреляционная зависимость данных параметров почв от содержания  $\text{Ca}^{2+}$ , кроме водорастворимых  $\text{NH}_4^+$  (корреляция отсутствует) и  $\text{NO}_3^-$  (корреляция средней степени) (табл. 4). Изученные функциональные параметры почв имели слабую обратную корреляционную зависимость от их полевой влажности, содержания подвижного  $\text{P}_2\text{O}_5$ , обменного  $\text{K}_2\text{O}$  и средней степени обратной зави-

симость от  $\text{pH}_{\text{водн}}$  и содержания  $\text{Mg}^{2+}$ . Зависимость слабой степени наблюдается с содержанием  $\text{NO}_3^-$ . Есть тенденция к слабой прямой корреляционной зависимости уреазной активности от содержания физической глины (см. табл. 4). Учитывая взаимозависимость содержания гумуса и содержания физической глины (частиц < 0,01 мм) [27], отметим, что активность гидролитических ферментов обеспечивается в хорошо гумусированных почвах [28], а изучаемые современные почвы не богаты гумусом (см. табл. 3). В почвах дельты не обнаружена корреляционная связь между содержанием гумуса и изученными параметрами биологической активности, что связано со слабым гумусообразованием. Аналогично обстоит дело с содержанием азота в почвах; исключением является наличие слабой обратной корреляции его с каталазой (см. табл. 4).

Можно говорить об ингибировании ферментативной активности реакцией почвенной среды, которая в большинстве случаев, кроме почв разрезов 6-04 и 8-04 на мелких (молодых) островах около залива Провал, имела слабощелочной характер. В современных почвах последних двух разрезов почвенный раствор имел слабокислые значения pH по шкале Орлова. Очевидно, что именно слабнокислый характер почв разрезов 6-04 и

8-04 определил их лидирующее положение среди всех изученных почв в низовьях дельты Селенги (см. табл. 2). Еще выдающимся датским биохимиком С. П. Серенсенем впервые было показано, что вторым после температуры важным фактором, оказывающим очень большое влияние на каталитическую активность ферментов, является активная кислотность (рН) среды [29].

Закономерны, на наш взгляд, выявленные обратные корреляционные зависимости ферментативной активности данных почв от влажности и содержания макроэлементов. Известно, что окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) минимален в суглинистой почве у самой воды, постепенно увеличиваясь вверх по склону [30]. Ранее в Средней Сибири было отмечено, что в условиях гидроморфных почв особенно резко падает активность каталазы [28]. И здесь в дельте ОВП снижается вниз по профилям почв, судя по снижению активности ферментов. В целом, он низок по всему профилю, обуславливая их подтиповые признаки глееватости (*g*), иловатости (*mr*) или типовой признак перегнойности и оторфованности (Н,Т) (см. табл. 2). Содержание обменного кальция в изучаемых почвах имело средней силы прямую корреляционную связь с содержанием водорастворимого нитрата. Отсюда следует, что процесс окисления почв дельты Селенги в результате ослабления гидроморфного режима и усиления выпотного может способствовать накоплению в них нитрат-иона. В то же время этот процесс положительно влияет на биологическую активность ферментов, судя по слабой корреляционной связи содержания  $\text{Ca}^{2+}$  с содержанием ферментов (см. табл. 4). Незначительна роль  $\text{Mg}^{+2}$  в активности ферментов исследованных почв, судя по обратной корреляционной связи количества обменного магния с эмиссией  $\text{CO}_2$ , каталазной, протеазной и уреазной ферментативной активностью и содержанием водорастворимого аммиака.

Отметим, что в аллювиальных почвах Баргузинской котловины выявлено слабое накопление  $\text{Mg}^{2+}$  и интенсивное  $\text{Ca}^{2+}$  [31]. Последний, по мнению автора, может рассматриваться как типоморфный элемент. В этих почвах содержание первого элемента было

близко к среднему содержанию в почвах разных типов, а содержание второго превышало кларковое значение в земной коре. Общее содержание кальция было в 3–4 раза выше, чем в почвах автономных ландшафтов. По мнению автора, это показатель миграции огромных масс вещества из автономных ландшафтов и аккумуляции в подчиненных. Источником выноса кальция являются коренные породы, занимающие обширные массивы на Баргузинском хребте, а также окисленная песчано-супесчаная толща, слагающая высокие поверхности в котловине – куйтуны. В аллювиальных почвах дельты Селенги повышенное содержание кальция обусловлено, очевидно, аналогичной миграцией веществ из окружающих р. Селенгу горных массивов в Байкальскую котловину.

Слабая обратная корреляционная связь значений подвижного  $\text{P}_2\text{O}_5$  с изученными функциональными параметрами, особенно выраженная для каталазы и водорастворимых нитратов, свидетельствует о незначительной роли подвижного фосфора в процессах окисления перекиси водорода и накопления нитратов. Известно, что перекись водорода является продуктом окисления органических соединений посредством флавиновых соединений. Считается, что в гидроморфных условиях почвы при недостатке кислорода перекись водорода не образуется или образуется в очень небольших количествах, и роль каталазы снижается [32]. Однако в рассмотренных почвах правобережья дельты была значима роль каталазы в современных почвах (дневных горизонтах) многих ее участков.

Слабая обратная корреляционная связь содержания обменного  $\text{K}_2\text{O}$  с такими параметрами как выход  $\text{CO}_2$ , содержание каталазы и водорастворимого аммония, свидетельствует о некотором сдерживании окислительно-восстановительных процессов и процесса аммонификации. Известно, что горизонты почв, обогащенные илистой фракцией, содержат обычно и большее количество обменных форм калия [33]. Очевидно, что в результате регулярного затопления островов в почвы речной водой внесено довольно много илистого материала, о чем

свидетельствует их гранулометрический состав (см. табл. 3).

Наряду со специфическими и аллостерическими действиями химических веществ, в результате которых фермент может активироваться или ингибироваться, имеет место регулирование путем ограниченного протеолиза или ковалентной модификации, например, присоединением каких-либо групп – остатков фосфорной или адениловой кислот и т. д. [29]. Отсюда можно заключить, что путей влияния обменных катионов кальция и магния, подвижных форм  $P_2O_5$  и обменного  $K_2O$  на ферменты почв много.

Отметим, что биология почв характеризуется динамические свойства, являющиеся индикаторами современного режима жизни почвы, а интегральным показателем биологических процессов в почве можно считать ее гумусное состояние [24]. Отсюда ясно, что ферментативная активность почв, связанная в большей части с жизнедеятельностью микроорганизмов, позволяет дополнительно диагностировать современное состояние плодородия почв и изменение этого состояния в результате антропогенного влияния [24]. Пример этому – наибольшее содержание гумуса в профиле р. 1-04 сравнительно с другими разрезами и при этом наименьшая ферментативная активность. Притеррасная пойма, в современный период (десятки лет) используется в качестве пастбища.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены высокая активность по каталазе у дневных и нижележащих горизонтов почв островов дельты и средняя биологическая активность по каталазе у хорошо прогреваемых и оптимально увлажненных участков дельты. На этих участках данный показатель выше, чем в почвах придельтовой части. Как было отмечено выше, биологическая активность в почвах придельтовой части характеризуется нижним пределом средней степени обогащенности ферментами. Очевидно, что обильный рост растительности в дельте и последующее ее отмирание стимулируют высокую биологическую активность современных почв по каталазе.

В большинстве случаев нижние гумусированные горизонты почв дельты Селенги имеют очень низкую степень обогащенности уреазой, и ей соответствует слабая биологическая активность по данному критерию. При этом биологическая активность дневных горизонтов почв, оцениваемая по протеазе и по выделению  $CO_2$ , также слабая, а в нижележащих горизонтах почв – очень слабая.

Содержание водорастворимых форм аммиака и нитратов отражает уровень и флуктуацию биологической активности изученных почв.

Данные по величинам ферментативной активности почв правобережья дельты сходны с данными по левобережной части. Однако если в левобережной части нами ранее была выявлена тенденция к ослаблению биологической активности почв по направлению от притеррасной поймы к островам, прилегающим к Байкалу [13], то в правобережной части наблюдается обратная картина. Она объясняется отепляющим эффектом водной массы залива Провал, являющимся теплым своеобразным буфером между Байкалом и рекой Селенгой. Участки островов правобережья дельты, равно как и притеррасной поймы, удаленные от залива Провал, в большей степени испытывают влияние медленно оттаивающей сезонной мерзлоты. Непосредственно на различных участках устьевых частей протоки правобережья наблюдалась определенная мозаичность по ферментативной активности (например, в почвах р. 5-04 и 6-04 или 7-04 и 8-04, заложенных, соответственно на разных участках одних и тех же островов). Одним из важных факторов в этих случаях является различная степень увлажненности участков. Свидетельство этому – рост различных фитоценозов. Например, на участке р. 5-04 наблюдается доминирование тростника южного, а на участке р. 6-04 – наличие злаково-разнотравного сообщества; на участке р. 7-04 присутствует мятликово-осоковое тростниковое сообщество, а на участке р. 8-04 – хвощово-тростниково-осоковое сообщество.

Выявлены слабые прямые корреляционные связи между численными показателями активности каталазы и уреазы, водораство-

римым  $\text{NH}_4^+$ , эмиссией  $\text{CO}_2$ , с одной стороны, и температурой почв островов правобережья дельты Селенги, с другой стороны. Это свидетельствует о близости к оптимальным температурным условиям функционирования дневных горизонтов почв дельты в летний период. В целом, можно сказать, что на ферментативную активность почв оказывали сдерживающий эффект нижеследующие факторы (в порядке возрастания): содержание обменного калия, подвижного фосфора, влажность, рН и содержание катионов магния (см. табл. 4). Об этом же свидетельствует отсутствие положительной корреляции названных параметров почв с содержанием гумуса и азота в них.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта 5.1.1 “Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами” специализированных отделений РАН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тулохонов А. К. О геоморфологической индикации режима новейших тектонических движений // Докл. АН. 2008. Т. 423, № 4. С. 511–515.
2. Иметхенов А. Б. Поздний кайнозой юго-восточного побережья оз. Байкал: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 1982. 18 с.
3. Иметхенов А. Б. Позднекайнозойские отложения побережья оз. Байкал. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. 148 с.
4. Тулохонов А. К., Плюсин А. М. Геологическое строение, рельеф и гидрогеология // Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 22–36.
5. Гармаев Е. Ж., Евстигнеев В. М., Христофоров А. В., Шайбонов Б. Б. Сток рек Бурятии. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2000. 189 с.
6. Тулохонов, А. К., Синокович В. Н. Гидрогеологическая характеристика // Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 36–46.
7. Балданов Н. Д., Тогмитова Ц. Д.-Ц. Ферментативная активность пойменных почв дельты р. Селенга // Биоразнообразие и функционирование микробных сообществ водных и наземных систем Центральной Азии: мат-лы Всерос. конф. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2003. С. 137–138.
8. Baldanov N. D., Korsunova Ts. D., Chimitdorzieva G. D., Milheev E. U. Destruction of organic substance and biological activity of alluvial plain soils in Selenga river delta // Science for watershed conservation: multidisciplinary resource management. Intern. conf. abstr. Vol. 2. Ulan-Ude (Russia)–Ulan Bator (Mongolia). Sept. 1–8. Ulan-Ude: A collec. of sci. works, 2004. P. 104–105.
9. Korsunova Ts. D., Baldanov N. D. About ureasa activity in valley soils of Selenga river delta // Science for watershed conservation: multidisciplinary resource management. Intern. conf. abstr. Vol. 2. Ulan-Ude (Russia) – Ulan Bator (Mongolia). Sept. 1–8. Ulan-Ude: A collec. of sci. works, 2004. P. 113–114.
10. Балданов Н. Д. Ферментативная активность и гумусное состояние почв в придельтовой части р. Селенги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2007. 21 с.
11. Чимитдоржиева Г. Д., Корсунова Ц. Д.-Ц., Балданов Н. Д., Мильхеев Е. Ю., Дашиева Д. С. Органическое вещество и биологическая активность почв // Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 137–145.
12. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
13. Макушкин Э. О., Сорокин Н. Д., Корсунов В. М., Афанасова Е. Н. Ферментативная активность почв низкой и высокой пойм дельты реки Селенга как диагностический показатель активности трансформации органического вещества // Основные факторы и закономерности формирования дельт и их роль в функционировании водно-болотных экосистем в различных ландшафтных зонах: мат-лы Междунар. конф., 25–30 сент. 2005 г. Улан-Удэ: Изд-во ГУЗ РЦМП МЗ РБ, 2005. С. 92–98.
14. Трофимова И. Е. Структура мезоклиматов Усть-Селенгинской котловины // География и природ. ресурсы. 2005. № 2. С. 46–52.
15. Макушкин Э. О. Диагностика аллювиальных темно-гумусовых почв дельты Селенги // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2010. Вып. 9. С. 22–29.
16. Макушкин Э. О. Диагностика почв мелких островов дельты Селенги // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2010. Вып. 11. С. 43–48.
17. Макушкин Э. О. Сравнительная диагностика почв островов периферической части дельты Селенги // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2011. Вып. 3. С. 39–43.
18. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
19. Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1960. 259 с.
20. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
21. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
22. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. 105 с.
23. Розанов Б. Г. Морфология почв: учебник для высшей школы. М.: Академический проект, 2004. 432 с.
24. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
25. Гапонок Э. И., Малахов С. В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязняющих веществ в почвах и спре-

- дельных средах. Тр. 4-го Всесоюз. совещ. Обнинск, июнь 1983. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 3–10.
26. Макушкин Э. О., Корсунов В. М. Плодородие почв островов правобережья дельты Селенги // Плодородие. 2008. № 5. С. 44–46.
27. Макушкин Э. О., Сорокин Н. Д., Корсунов В. М. Состояние микробных сообществ почв в различных условиях их поемности в дельте Селенги. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. 160 с. + 36 стр. вкл.
28. Сорокин Н. Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 222 с.
29. Кретович В. Л. Биохимия растений. М.: Высш. шк., 1980. 445 с.
30. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 247 с.
31. Кузьмин В. А. Геохимия почв Юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Соичавы СО РАН, 2005. 137 с.
32. Щербакова Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества: в естественных и искусственных фитоценозах. Минск: Наука и техника, 1983. 222 с.
33. Середина В. П. Калийное состояние почв и факторы его определяющие (на примере почв Западно-Сибирской равнины): автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. Томск, 2003. 42 с.

## Enzymatic Activity of Soil of the Islands near the Right Bank of the Selenga Delta (the Baikal Region)

E. O. MAKUSHKIN<sup>1</sup>, N. D. SOROKIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of the General and Experimental Biology, SB RAS  
670047, Ulan-Ude, Sakhyanova str., 6*

<sup>2</sup> *V. N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok  
E-mail: makushkin@bk.ru*

Investigation of the enzymatic activity of modern and lower horizons of soils of the islands and the near-bank floodplain of the Lobanovskaya branch at the right bank of the Selenga delta is described. Ecological conditions determining its differences at the regions under study are conditions. Evaluation of the activity of enzymes in the soils of the right bank part of the delta in comparison with the regions of the left-bank part differing in the landscape ecological parameters is presented.

**Key words:** delta, the Selenga, Baikal, soil, temperature, humidity, pH of water extract, humus, macroelements, enzymatic activity, CO<sub>2</sub> emission, water-soluble NH<sub>3</sub><sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.