

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 631.62:504.75

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАЦИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД УСТЬ-СЕЛЕНГИНСКОЙ ВПАДИНЫ

© 2013 г. А. М. Плюснин, Д. И. Жамбалова

Геологический институт СО РАН, ул. Сахьяновой, 6А, Улан-Удэ, 670047 Россия.

E-mail: plyusnin@gin.bscnet.ru;

dachima@mail.ru

Поступила в редакцию 30.11.2011 г.

После исправления 14.03.2012 г.

Приведен анализ воздействия мелиоративных работ на поверхностный и подземный сток в пределах Усть-Селенгинской впадины. За время работы осушительно-оросительной системы интенсифицировалось окислительное разрушение торфов, в результате чего в грунтовые и поверхностные воды интенсивнее стали поступать продукты их разложения – аммоний, нитрит и нитрат-ионы, растворимые органические вещества. Стекающие с болотного массива поверхностные и подземные воды благоприятны для интенсивной миграции в растворенном состоянии ионов железа и марганца. Эти элементы обнаруживаются в концентрациях, превышающих ПДК, установленных для рыбохозяйственных водоемов.

Ключевые слова: озеро Байкал, Усть-Селенгинская впадина, болотный массив, осушительно-оросительная система, подземные и поверхностные воды, химический состав, микроэлементы.

ВВЕДЕНИЕ

Усть-Селенгинская впадина входит в систему депрессий кайнозойского возраста Байкальского рифта. Северо-западная часть впадины открывается в оз. Байкал, поэтому поверхностный и подземный сток с ее территории оказывает прямое воздействие на этот объект Всемирного природного наследия. При осушении болот их естественные биосферные функции – аккумулятивная, биологическая, ландшафтная, газорегуляторная, геохимическая, гидрологическая и климатическая коренным образом меняются либо прекращают выполняться полностью [5]. Изменяется характер протекающих в них процессов, прежде всего микробиологических. Вместо анаэробных в верхних горизонтах возникают аэробные условия, способствующие интенсификации биохимических процессов и минерализации органической массы. Накопление торфяной массы прекращается, происходит образование перегноя, торф минерализуется, увеличивается его зольность. С осушенных болот в окружающую среду поступает большое количество продуктов разложения торфа в виде нитратов, аммония, соединений кальция, магния,

железа и других элементов, подземные воды загрязняются водорастворимыми органическими веществами.

ИСТОРИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ПРЕДЕЛАХ УСТЬ-СЕЛЕНГИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Программа мелиорации Сибири предусматривала создание обширных зон поливного земледелия, освоение заболоченных и переувлажненных земель. Освоение новых земель в Забайкалье началось с Кабанского заболоченного массива. Осушительные работы были начаты по инициативе населения в 1910 г. и продолжались до 1929 г. В 1933 г. насчитывалось три осушительных канала. Вода, поступающая из р. Тимлюй на юго-восточную периферию болота, распределялась между двумя осушительными каналами: одним, идущим в оз. Долгое, другим – в направлении колесовской части болота. Главная тимлюйская канава пересекала земельные наделы Тимлюйского, Закалтусовского и Колесовского земельных обществ

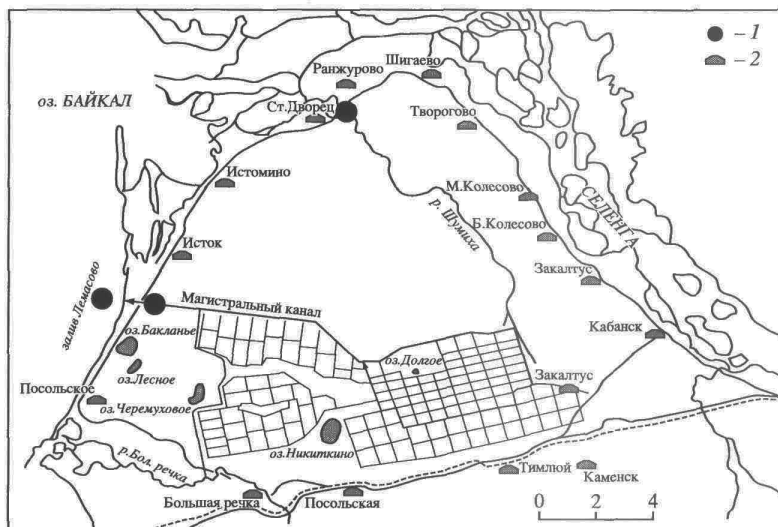


Схема расположения магистрального канала (МК) Кабанской осушительно-оросительной системы: 1 – точки отбора проб, 2 – населенные пункты.

и впадала в маленькие озера, имевшие общее название Кабаны. В 1958 г. работы по осушению кабанских болот возобновились и завершились к 1963 г. [6]. Работы осуществлялись посредством упорядочения стока речек Тимлой, Еловки, Никиткиной, Мостовки и Глубокого ручья, доля участия которых в заболачивании довольно высока. Опыт по перехвату их нагорно-ловчими каналами показал, что на этих участках значительно сократились площади заболоченных земель. Но затем процессы заболачивания заметно усилились после сооружения Иркутской ГЭС и создания водохранилища. В связи с подъемом уровня оз. Байкал в среднем на 1,2 м, изменились гидрологический и гидрогеологический режимы. Снижение скорости течения рек Селенги, Истока и Большой Речки привело к затоплению обширных пространств равнины, способствуя заболачиванию земель, как непосредственным увлажнением торфяников, так и подъемом уровня грунтовых вод. Подъем уровня оз. Байкал оказал существенное влияние на режим подземных вод на участках с неглубоким залеганием и малым уклоном зеркала вод. Уменьшение уклона зеркала грунтовых вод в совокупности с низкими значениями коэффициента фильтрации пород верхних слоев затрудняет разгрузку подземного потока. Вызванное этим длительное высокое стояние уровня грунтовых вод способствует сильному переувлажнению грунтов и прогрессирующему процессам заболачивания [1].

Определение факторов, обуславливающих заболачивание обширных площадей Усть-Селенгинской впадины, предопределило принятие радикальных

мелиоративных мер. В последующие годы введена в действие мелиоративная Кабанская осушительно-оросительная система (КООС), охватывающая 2/3 массива в восточной и центральной ее частях. Первая очередь КООС (площадь – 2260 га) инженерного типа двойного регулирования сдана в эксплуатацию в 1977 г. Построен магистральный осушительный коллектор от с. Закалтус до оз. Байкал длиной 26 км. Объем водопотребления составляет – 6,5 млн. м³/год. Магистральный канал для питания первой очереди построен в 1977 г. с расчетным расходом 5,6 м³/с с водозабором на р. Кабанья. Водопотребление второй очереди (площадь – 3410 га) КООС составляет 21,1 млн. м³/год (рисунок).

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОСУШЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ И ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СТОКА

По природно-климатическим условиям Республика Бурятия относится к областям, где осушительная мелиорация должна производиться только с учетом двойного регулирования влажности почвогрунтов (осушение–орошение). Несоблюдение этого условия негативно сказывается на экологическом состоянии территории. Это ярко проявляется на примере первой очереди КООС, где в процессе осушения уровень грунтовых вод понизился на 2–3 м, и произошло переосушение верхней части торфяной залежи [2].

По данным исследований предыдущих лет [3, 7], минерализация грунтовых вод колеблется от 0,1 до 0,7 г/л. Вода имеет гидрокарбонатный

натриевый и реже магниевый-кальциевый состав. Наиболее минерализованные воды располагаются в заболоченной низине Калтусного прогиба. Грунтовые воды содержат большое количество органического вещества, поэтому во многих местах господствует восстановительная глеевая обстановка. Воды в целом характеризуются высоким содержанием аммония, по данным площадного опробования (165 проб) его среднее содержание составляет 1.38, максимальные значения достигают 16.46 мг/л [4]. Особенностью химического состава грунтовых вод является высокое содержание (до 15–20 мг/л) ионов железа [3, 7]. В местах высачивания этих вод в откосах каналов наблюдаются бурые налёты гидроокислов железа.

Нарушение экологической ситуации происходит и при орошении, и при осушении земель. Осушение приводит к понижению уровня грунтовых вод на близлежащих территориях, что способствует исчезновению малых ручьев и притоков и, в конечном счете, понижает водность рек. При глубине залегания уровня грунтовых вод 1.0–1.5 м влажность торфов в верхней части зоны аэрации составляет лишь 20–30%. В торфовую залежь поступает атмосферный кислород, начинается ее интенсивное окислительное разложение. В некоторых местах расположения переосушенных земель возникли очаги возгорания торфов. Избыточные поливы приводят к переувлажнению земель и подъему уровня грунтовых вод, который, в свою очередь, благоприятствует выносу подготовленного к миграции разложившегося материала и провоцирует засоление почвогрунтов. В таких местах на поверхности наблюдаются пятна выцветов солей.

С осушенной территории сток поверхностных вод происходит в оз. Байкал, р. Селенгу, в озера Никиткино, Черемуховое, Бакланье и др. Наибольший естественный водосбор имеет р. Шумиха, которая берет начало в урочище Дровяная Грива, обгибает Кабанский болотный массив с северо-востока и впадает в р. Селенгу в ее устьевой части. Протяженность этой реки составляет около 30 км, расход воды в летнее время в среднем составляет 20 л/с. Но основной сток с осушенной территории происходит по магистральному каналу, который пересекает болотный массив в субширотном направлении и впадает в залив Лемасово оз. Байкал. Расход воды в канале в летнее время в среднем составляет 350 л/с.

Авторами проведен мониторинг выноса растворенных веществ с осушенных земель болотного массива в 2009–2010 гг. Полученные данные наблюдений сравнены с результатами исследова-

ния Дунаева С.И., Нохоева Ю.П. и др., которые проводились в 1980 г.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что сбросные с площадей КООС воды в 1980 г. содержали концентрации железа, которые превышали ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов в 1.5 раза. Сброс сточных вод с болотного массива оказывал влияние на качество воды в оз. Байкал. После смешения вод магистрального канала с байкальскими, концентрация железа в заливе Лемасово оставалась высокой. Более того, высокая концентрация железа фиксировалась в прибрежных водах Байкала в районе с. Посольск, где наблюдалось превышение ПДК, что, по мнению авторов, связано с выклиниванием грунтовых вод с болотного массива.

Проведенное авторами опробование вод магистрального канала (МК) в его устье и р. Шумиха в 2009, 2010 гг., подтвердило их загрязнение железом и рядом других ингредиентов (табл. 2). Химический состав воды МК за 30 лет значительно изменился. Произошло увеличение общей минерализации вод, содержания железа и нитрат-ионов, наблюдается рост сульфат и нитрит-ионов, превышена ПДК аммония и железа для вод рыбохозяйственного назначения. По сравнению с результатами 1980 г., в сточных водах осушительно-оросительной системы возросло содержание: нитрата, нитрита, железа, сульфата. В воде р. Шумиха отмечаются высокие содержания аммония, железа, органических веществ, которые превышают ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов в несколько раз.

Минерализация и химический состав стекающих с болотного массива вод подвержен сезонным колебаниям. Весной с массива стекают менее минерализованные воды, чем летом, что связано с уменьшением интенсивности разложения торфа зимой. В летнее время и в водах МК, и р. Шумиха возрастает количество растворенного органического вещества. Среди азотсодержащих загрязнителей вод доминирует аммоний. Вероятно, минерализация торфа в Кабанском болотном массиве приостанавливается на стадии образования этого токсичного соединения, причиной может быть низкая температура, при которой происходит разложение торфа. Район болотного массива характеризуется распространением островной многолетней мерзлоты мощностью до 30–50 м. Температура пород на глубине 3.5–4.5 м составляет (–0.2–0.5 °C). В последнее время, вероятно вследствие глобального изменения климата, отмечается ее деградация, но пока мерзлота еще сохраняется на значительной площади [4].

Таблица 1. Химический состав вод Кабанской осушительно-оросительной системы в сравнении с водой оз. Байкал и ПДК рыбохозяйственного назначения (Дунаев С.И., Нохоев Ю.П. и др., 1980)

Параметр, мг/л	МК-Кабанья, створ 1	МК-устье	Оз. Байкал после смешения в заливе Лемасово	Оз. Байкал, с. Посольск	ПДК водоемов рыбохоз. назначения
Na ⁺ + K ⁺	5.1	3.7	5.1	5.8	120
HCO ₃ ⁻	36.6	79.3	58.1	57.3	250
SO ₄ ²⁻	12.0	4.0	5.15	5.1	100
Cl ⁻	2.5	2.8	3.7	2.8	300
NO ₃ ⁻	0.21	0.11	0.06	0.06	40
NH ₄ ⁺	0.1	0.1	0.15	0.14	0.5
NO ₂ ⁻	0.005	0.004	0.004	0.004	0.08
Минерализация	68.8	113.3	82.4	80.5	100
Жесткость, (мг-экв/л)	0.71	1.31	0.94	0.93	12.2
Перм. окис., мг О/л	3.4	5.8	–	–	2.0
CO ₂	0.08	2.2	–	–	–
Fe _{общ}	0.1	0.5	0.46	0.46	0.3
pH	6.8	6.8	7.8	7.8	6.5

Примечание. “–” – нет данных.

Авторами изучен микроэлементный состав стекающих с болотного массива вод с помощью современного метода анализа, позволяющего определить широкий круг химических элементов (ISP MS), результаты представлены в табл. 3. Для сравнения в таблице приведены результаты анализа глубинной воды оз. Байкал и ПДК, установленные для водоемов рыбохозяйственного назначения. В сточных водах обнаружены высокие содержания марганца, которые значительно превышают не только концентрацию этого элемента в воде оз. Байкал, но и в десятки раз ПДК. Высокие содержания этого элемента обнаруживаются и в принимающем водоеме – заливе Лемасово. В стекающих с болотного массива водах обнаружены высокие содержания таких токсичных элементов как литий, молибден, медь, концентрация которых превышает установленные для

рыбохозяйственных водоемов ПДК. Эти воды характеризуются и повышенными содержаниями цинка, редких щелочноземельных элементов – стронция и бария. Их концентрация близка ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Поступление этих элементов в сточные воды, вероятно, связано с интенсификацией разложения торфов на осушенной территории и взаимодействия в системе вода – горные породы, изменением геохимической обстановки на обширной территории.

Проведенные авторами исследования подтверждают ухудшение качества вод, сбрасываемых осушительной системой Кабанского болотного массива. За прошедшие 30 лет усилилось окислительное разрушение торфов, в результате чего в грунтовые и поверхностные воды интенсивнее стали поступать продукты их разложения – ammo-

Таблица 2. Химический состав вод магистрального канала КООС и р. Шумиха в 2009, 2010 гг.

Параметр, мг/л	МК, 16.05.09	МК, 07.07.09	МК, 22.05.10	МК, 21.07.10	Шумиха, 16.05.09	Шумиха, 07.07.09	Шумиха, 22.05.10	Залив Ле- масово, 07.07.09	ПДК водо- емов рыбохоз. назначения
Ca ²⁺	16.7	30.1	17.03	17.03	48.1	44.1	47.1	36.07	180
Mg ²⁺	4.26	4.86	3.65	3.65	9.85	12.15	11.54	12.76	40
Na ⁺ + K ⁺	11	60.9	5.75	5.43	15.6	99.3	15.18	28.52	120
HCO ₃ ⁻	82.3	140.3	70.15	82.37	236.4	274	224.5	230.6	250
SO ₄ ²⁻	12.5	12.75	9.87	0	1.67	1.61	2.0	7.0	100
Cl ⁻	2.13	2.13	1.77	2.13	1.42	2.84	2.13	3.55	300
NO ₃ ⁻	7.83	0.46	0.52	0.14	3.71	0.23	2.03	0.23	40
NH ₄ ⁺	0.13	0.29	0.35	0.64	0.26	0.22	0.57	1.12	0.5
NO ₂ ⁻	0.06	0	0.05	0	0.02	0	0.43	0	0.08
SiO ₂	4.88	12.3	21.0	17.87	19.6	18.4	13.8	34.8	10
Минерали- зация	144.3	264.3	122,5	122.75	338.9	435.1	323.4	347.9	—
Жесткость, (мг-экв/л)	1.19	1.9	1.15	1.15	3.21	3.2	3.3	2.85	12.2
Перм. окис., мг О/л	5.98	11.6	11.73	2.33	6.36	10,5	4.73	8.12	2
CO ₂	4.4	1.65	1.10	1.1	13.2	0	0	0	—
Fe _{общ}	2.41	5.12	—	—	2.26	4.05	—	—	0.3
pH	7.1	8.03	7.56	6.95	7.8	8.43	8.4	8.38	6.5

Примечание. “—” – нет данных.

Таблица 3. Микроэлементный состав вод магистрального канала КООС и р. Шумиха, мкг/л

Место отбора пробы	Cu	Zn	Pb	As	Ni	Cd	Mo	Li	B	Al	Ba	Sr	U	Mn
МК-устье, 16.05.09г.	0.46	5.8	0.081	1.58	0.38	0.011	2.04	1.91	6.3	4.26	25	81	0.13	86
МК-устье, 07.07.09г.	2.32	8.8	0.21	3.27	1.53	0.059	3.94	2.32	12.9	71	34	138	0.078	87
Р.Шумиха, 16.05.09г.	0.25	2.31	0.016	1.70	0.20	0.0008	0.65	2.27	9.0	1.13	89	262	0.06	276
Р.Шумиха, 07.07.09г.	4.22	4.17	0.26	1.09	0.75	0.022	2.10	3.57	12.2	5.3	98	309	0.061	74
Лемасово, 07.07.09г.	0.43	5.8	0.068	1.50	0.79	0.028	2.65	2.09	8.7	4.06	29	134	0.12	18
Поровая вода Лемасово, 07.07.09г.	1.91	12.5	0.14	3.13	1.49	0.032	2.52	2.95	16.0	6.7	42	145	0.36	158
Глубинная вода, о. Байкал	1.32	4.19	0.011	0.43	0.41	0.01	1.32	2.31	6.33	0.38	11	114	0.79	0.11
ПДК рыбохоз. назначения	1.0	10.0	10.0	50.0	10.0	0.5	1.2	0.7	500.0	40.0	100.0	400.0	—	10.0

ний, нитрит и нитрат-ионы, растворимые органические вещества. Стекающие с болотного массива поверхностные и подземные воды благоприятны для интенсивной миграции в растворенном состоянии железа, марганца, лития, молибдена, меди. Эти элементы обнаруживаются в концентрациях, превышающих ПДК, установленных для рыбохозяйственных водоемов и представляют опасность для биоты залива Лемасово озера Байкал и р. Селенга.

Каков объем выносимых токсичных веществ с осушаемых земель Кабанского болотного массива в настоящее время оценить сложно, так как нет достоверной информации по выносу загрязнений потоком грунтовых вод непосредственно в озеро в местах их выклинивания на побережье. Подсчитан ежегодный вынос загрязнений поверхностными водотоками за период с мая по октябрь. Магистральным каналом выносятся 48 т/г сульфатов, 12 т/год нитратного азота и 2 т/год аммонийного азота. Река Шумиха выносит в оз. Байкал более 800 кг/год сульфатов, 900 кг/г нитратного азота и 168 кг/год аммонийного азота. Нужно иметь в виду, что приведенные цифры отражают минимальный вынос веществ, так как не учитывают вынос загрязнений подрусловными водами. Для получения более достоверных данных необходимы детальные работы по определению стока подземных вод на этом участке побережья оз. Байкал.

ВЫВОДЫ

Кабанская осушительно-оросительная система представляет опасность для оз. Байкал. Факт негативного влияния осушения земель на формиро-

вание загрязненных поверхностных и подземных вод не вызывает сомнения. За прошедшие 30 лет произошли значительные изменения в химическом стоке с осушенных земель, отмечается рост содержания ряда токсичных ингредиентов, представляющих опасность для биоты оз. Байкал и р. Селенга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адушинов А.А. Гидрогеологические условия заболоченных земель Усть-Селенгинской впадины // Тр. Геол. ин-та БФ АН СССР. Улан-Удэ, 1976. Вып. 6 (14). С. 27–35.
2. Адушинов А.А. Гидрогеологические особенности осушения Кабанских болот // Гидрогеолого-мелиоративные условия Западного Забайкалья: Сб. ст. Улан-Удэ: БФ СО АН СССР, 1983. С. 67–76.
3. Адушинов А.А., Борисенко Л.В. О содержании железа в подземных водах дельты Селенги // Матер. по минералогии геохимии и петрографии Забайкалья. Тез. докл. Улан-Удэ: 1972. Вып. 4. С. 85–88.
4. Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал / Отв. ред. А.К. Тулохонов, А.М. Плюснин. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 314 с.
5. Зозуля В.Л. Поглотительная способность торфяников Верхневолжского района // Водные ресурсы. 2006. № 5. С. 357–362.
6. Петрович П.И. Торфяные почвы дельты р. Селенги и их сельскохозяйственное использование. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1965. 96 с.
7. Плюснин А.М., Кислицина Л.Б., Жамбалова Д.И. и др. Особенности формирования химического состава грунтовых вод в дельте реки Селенга // Геохимия. 2008. № 3. С. 243–252.

INFLUENCE OF LAND RECLAMATION ON THE ECOLOGICAL STATE OF SURFACE AND GROUND WATER IN UST-SELENGA DEPRESSION

A. M. Plyusnin, D. I. Zhambalova

*Geological Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
ul. Sakhyanovoi 6a, Ulan-Ude, 670047 Russia.
E-mail: plyusnin@gin.bsnet.ru; dachima@mail.ru*

The influence of land-reclamation measures on the surface and subsurface runoff is studied in Ust-Selenga depression. In the period of drainage and irrigation, peat oxidation had intensified, which induced the ingress of decomposition products (i.e., ammonium, nitrite and nitrate ions, as well as soluble organics) to surface and ground water. Surface and ground water draining the bog are favorable for the intense migration of dissolved iron and manganese ions. These elements are found in concentrations exceeding MPC adopted for fish-farming water reservoirs.

Kew words: Lake Baikal, Ust-Selenga depression, bog, drainage and irrigation system, surface and ground water, chemical composition, microelements.