

АКВАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

П.Т. Орехов

Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия, orekhov.eci@gmail.com

В течение трех лет в Надымском районе Западной Сибири проводится изучение аквальных природных комплексов на разных геоморфологических уровнях и в различных геокриологических условиях. Исследованы морфология и глубины озер, стадии их зарастания, температурный режим, химический и изотопный состав озерных вод.

Аквальные природные комплексы, морфологические типы озер, температурный режим, геоморфологический уровень, химический состав вод

AQUATIC NATURAL COMPLEXES OF NORTHERN TAIGA, WEST SIBERIA

P.T. Orekhov

Earth Cryosphere Institute, SB RAS, 625000, Tyumen, P/O box 1230, Russia, orekhov.eci@gmail.com

During three years in Nadym region of West Siberia the aquatic natural complexes of different geomorphological levels and permafrost conditions have been examined. The fulfilled researches have allowed studying morphology and depths of lakes, their stages of overgrowing, temperature regime, chemical and isotopical structure of lake waters.

Aquatic natural complexes, morphological types of lakes, temperature regime, geomorphological level, chemical structure of waters

ВВЕДЕНИЕ

В 2006 г. на территории Надымского стационара ИКЗ СО РАН начато изучение аквальных комплексов с целью разработки их типологии и выявления характерных физиономических индикаторных признаков, которые указывали бы на характер взаимодействия с другими структурными компонентами ландшафтов. Эти признаки можно использовать для прогнозирования экологических и инженерно-геологических условий, оценки возможного влияния аквальных комплексов на устойчивость сооружений. Изучение аквальных комплексов в окрестностях Надымского стационара проводится впервые. Полученные данные дополняют исследования А.Л. Чеховского, И.И. Шамановой, Ю.Т. Уваркина в других районах севера Западной Сибири [Шаманова, Уваркин, 1974; Чеховский, Шаманова, 1976].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Надымский стационар расположен в подзоне северной тайги в зоне контакта трех геоморфологических уровней: III озерно-аллювиальной равнины, II надпойменной террасы р. Надым и современной поймы р. Хейгияха. Разные геоморфологические уровни и островное распространение высокотемпературных многолетнемерзлых пород обуславливают значительную разнородность ландшафтных условий. Изучение природных акваль-

ных комплексов проводилось на всех геоморфологических уровнях.

Третья озерно-аллювиальная равнина (абс. отметки 25–35 м) отличается плоским рельефом, большой заозеренностью и заболоченностью. Равнина сложена верхнеплейстоценовыми, преимущественно песчаными отложениями зырянской свиты, подстилаемыми супесчано-суглинистыми отложениями салехардской свиты. На III озерно-аллювиальной равнине выделено три типа местности: озерно-болотный (60 % общей площади), приречный (33 %) и хасырейный (7 %). Основные исследования проводились в пределах озерно-болотного типа местности, заозеренность которой составляет 11 % площади данного типа местности [Ландшафты..., 1983]. На ее поверхности широко распространены современные биогенные отложения, представленные торфом мощностью 0,5–5,0 м. Многолетнемерзлые породы имеют прерывистое распространение и высокую льдистость, они отсутствуют с поверхности под островами с лесными и болотными урочищами. Ведущие криогенные процессы здесь – новообразование многолетнемерзлых пород, многолетнее пучение и термокарст (локально).

Все изученные нами на III озерно-аллювиальной равнине озера имеют термокарстовое происхождение. В зависимости от размера озера разделены на мелко-, средне- и крупнокотловинные [Шаманова, Уваркин, 1974; Орехов, 2008].

Таблица 1. Химический и изотопный состав озерной воды (2008 г.)

Глубина отбора проб, м	Сумма минеральных веществ, г/л	Формула вещественного состава	pH	Содержание, ‰ к SMOW	
				$\delta^{18}\text{O}$	δD
<i>Озеро Совхозное</i>					
0,0	0,004	$\frac{\text{HCO}_3 \ 89 \ \text{Cl} \ 11}{\text{K} \ 34 \ \text{Ca} \ 33 \ \text{NH}_4 \ 33}$	5,2	-10,1	-89
2,0	0,003	$\frac{\text{HCO}_3 \ 65 \ \text{Cl} \ 35}{\text{Ca} \ 39 \ \text{NH}_4 \ 36 \ \text{K} \ 25}$	5,0	-10,6	-97
4,0	0,004	$\frac{\text{HCO}_3 \ 81 \ \text{Cl} \ 19}{\text{Ca} \ 50 \ \text{K} \ 25 \ \text{NH}_4 \ 25}$	5,7	-10,4	-95
6,0	0,004	$\frac{\text{HCO}_3 \ 67 \ \text{Cl} \ 33}{\text{Ca} \ 50 \ \text{K} \ 25 \ \text{NH}_4 \ 25}$	5,6	-10,5	-95
<i>Озеро Глубокое</i>					
0,0	0,001	$\frac{\text{SO}_4 \ 63 \ \text{Cl} \ 37}{\text{Na} \ 57 \ \text{K} \ 43}$	5,2	-10,2	-90
2,0	0,003	$\frac{\text{SO}_4 \ 69 \ \text{Cl} \ 31}{\text{NH}_4 \ 85 \ \text{Na} \ 9 \ \text{K} \ 6}$	5,25	-10,0	-91
4,0	0,006	$\frac{\text{SO}_4 \ 77 \ \text{Cl} \ 23}{\text{K} \ 94 \ \text{Na} \ 6}$	4,6	-10,0	-90
6,0	0,002	$\frac{\text{SO}_4 \ 68 \ \text{Cl} \ 32}{\text{Na} \ 87 \ \text{K} \ 13}$	5,4	-10,3	-92
<i>Озеро Мелкое</i>					
Поверхность	0,02	$\frac{\text{HCO}_3 \ 40 \ \text{SO}_2 \ 32 \ \text{Cl} \ 16 \ \text{NO}_3 \ 12}{\text{NH}_4 \ 86 \ \text{Na} \ 9 \ \text{Mg} \ 5}$	4,45	-11,6	-97
<i>Озеро Подкова</i>					
Поверхность	0,02	$\frac{\text{HCO}_3 \ 67 \ \text{Cl} \ 33}{\text{Na} \ 74 \ \text{NH}_4 \ 18 \ \text{K} \ 4 \ \text{Mg} \ 4}$	6,4	-10,0	-92

Кроме озер термокарстового генезиса для III равнины характерно обилие мелких озер [Западная Сибирь..., 1963], которые представляют собой маленькие дистрофные озера, разбросанные среди верховых болот. Озера данного типа развивались в результате неравномерного нарастания торфяной залежи и процессов вторичного разрушения поверхности торфяников. Они мелководны, дно сложено торфяным детритом, вода содержит много растворенных и коллоидных органических веществ и имеет кислую реакцию (pH – 3,5). В силу малых размеров (первые метры в поперечнике) они нами не рассматривались.

В 2008 г. во всех типах термокарстовых озер III озерно-аллювиальной равнины отобраны пробы воды для определения катионного и анионного состава, общей жесткости и общей минерализации (химические анализы выполнены в лаборатории ВСЕГИНГЕО). Для установления генезиса вод отобраны также пробы на радиоизотопный анализ. Результаты лабораторных исследований приведены в табл. 1 (оз. Мелкое). Во время пробоотбора определяли pH, температуру и электропроводность воды, проводилась TDS-метрия (измерение общего содержания растворенных солей (total dissolved solids)).

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты, полученные при проведении замеров для всех типов термокарстовых озер, мало различаются. Поэтому в табл. 2 приводятся данные, характеризующие физико-химические свойства воды мелкокотловинных озер, которые можно экстраполировать на все типы термокарстовых озер в пределах III озерно-аллювиальной равнины.

Точные значения показателей электропроводности и TDS получить не удалось ввиду того, что значения этих параметров очень низкие и находятся за пределами измерения данной моделью прибора. Результаты лабораторного определения гидрохимических характеристик позволяют отнести воды мелкокотловинных озер к ультрапресному типу.

Температурные замеры, проведенные в период 20–30 августа 2007–2008 гг., показали, что температура воды в мелкокотловинных озерах мало отличается от температуры воздуха. При температуре воздуха 9 °С температура поверхностного слоя воды составила 8,1 °С. Значительного понижения температуры с глубиной также не наблюдалось. Температура придонного слоя воды на

Таблица 2. Физико-химические свойства вод термокарстовых озер

pH	Электропроводность, мСм	TDS
<i>III озерно-аллювиальная равнина*</i>		
3,7	0,0	$0,0 \cdot 10^{-6}$
<i>II надпойменная терраса</i>		
2,91–2,94	0,01	$0,01 \cdot 10^{-6}$

Примечание. Все показатели приведены с учетом термокомпенсации до 20 °С.

* Термокарстовые мелкокотловинные озера.

глубине 0,8 м составила 7,4 °С, что, по-видимому, объясняется динамической турбулентностью водных масс, обусловленной постоянными ветрами на фоне небольших глубин (рис. 1). Это согласуется с исследованиями для других районов Западной Сибири [Богословский, 1960; Чеховский, Шамова, 1976].

Температурные замеры, проведенные в период 20–30 августа 2007–2008 гг. в озерах среднекотловинного типа, показали, что температура воды в этом типе озер также мало отличается от температуры воздуха, как и в озерах мелкокотловинного типа. При температуре воздуха 9 °С температура поверхностного слоя воды составила 8,3 °С. Значительного понижения температуры с глубиной также не наблюдалось. Температура придонного слоя воды на глубине 1,3 м составила 7,2 °С.

Следующий генетический тип озер, на котором велись работы, это озера старицы, расположенные на высокой пойме р. Хейгияха. Озера в плане имеют серповидную форму, но достаточно часто морфология озер бывает осложнена из-за слияния нескольких меандров разного возраста с образованием единого бассейна сложной формы. Это, в свою очередь, сказывается на характере распределения донных осадков и обуславливает значительную разнородность инженерно-геологических условий [Викторов, 2007]. На гидрологический и гидротермический режимы озер оказывает влияние связь молодых меандров с руслом реки и более старыми меандрами через протоки разного порядка.

В 2008 г. на озерах данного типа выполнены геоботанические детальные описания, которые позволили выявить несколько новых видов мхов, ранее не отмеченных в озерах региона. Мхи видов *Wanstorfia exannulata*, *Fontinalis hypnoides* и *Drepanocladus aduncus* заселяют подводную часть берегового склона до глубин 2,1–2,3 м. Наибольшие показатели обилия характерны для *Wanstorfia exannulata*. Проведенные в 2008 г. исследования также позволяют сделать выводы об активном расселении по старичным озерам кубышки малой

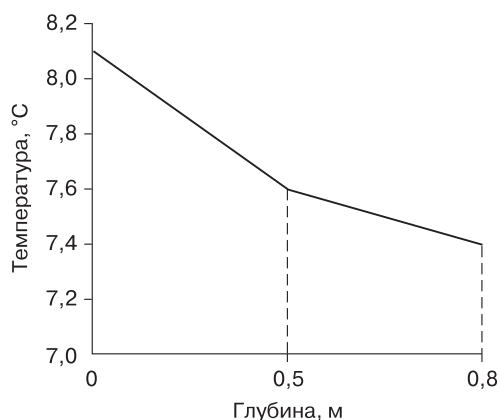


Рис. 1. Изменение температуры воды с глубиной в мелкокотловинных озерах.

(*Nuphar pumila*) – вида, ранее не отмеченного в северной тайге Западной Сибири, о находке которого в 2006 г. уже сообщалось [Ерошенко, Орехов, 2007].

Температура воды в старичных озерах замерялась в различных частях озер, как в пределах основной акватории, так и в протоках. Данные, полученные в 2007–2008 гг., позволяют судить о наличии своеобразного температурного режима, свойственного данному типу озер. Распределение температуры по глубине достаточно равномерное: на поверхности $t_{\text{пов}} = 10,4$ °С, на глубине 2,5 м $t_{\text{придон}} = 9,4$ °С (рис. 2). Максимальная разница температуры поверхностного ($t_{\text{пов}}$) и придонного ($t_{\text{придон}}$) слоя воды зафиксирована в протоке: 11,4 и 7,1 °С соответственно (рис. 3), что объясняется как разницей глубин между основной акваторией и протокой, так и наличием придонного перетока между озерами.

Для II надпойменной террасы р. Надым характерна плоская нерасчлененная поверхность. Аллювиальные отложения представлены мелкими

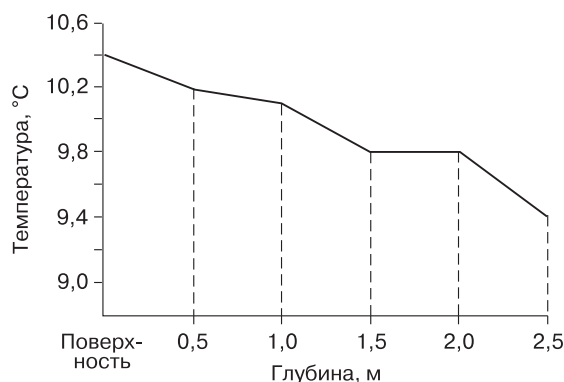


Рис. 2. Изменение температуры воды с глубиной на основной акватории старичных озер.

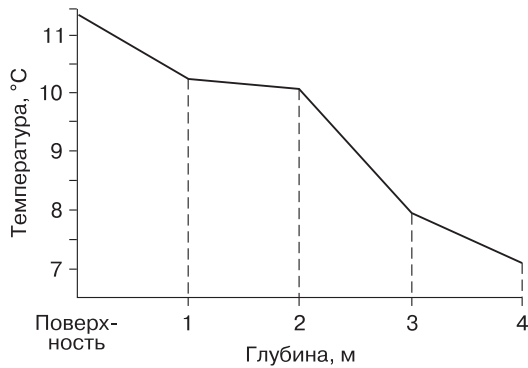


Рис. 3. Изменение температуры воды с глубиной в протоке.

и пылеватыми песками, однообразными по разрезу и простираию. В нижней части разреза (русловая фация) содержатся редкие включения кварцевой гальки и гравия, в верхней части (пойменная фация) – пески слоистые с отдельными линзами суглинка и супеси (старичная фация), иногда оторфованные. Общая мощность отложений II надпойменной террасы изменяется от 4–5 до 10–15 м. В долине р. Надым они подстилаются породами салехардской свиты. Краевая придолинная часть и отдельные останцы, занятые смешанными редкостойными лесами с песчаными раздувами и формами западинно-бугристого рельефа, отнесены к приречному типу местности. Заозеренность составляет 3,5 %. Повсеместно в пределах этого

типа местности многолетнемерзлые породы отсутствуют [Ландшафты..., 1983].

Заозеренность местности озерно-болотного типа в пределах II надпойменной террасы составляет 9,5 %. Максимальные отметки глубин исследованных здесь озер достигают 9 м. В наиболее глубокой части озерной котловины на супесчано-суглинистом дне мощность илов составляет 3,5 м.

В 2008 г. в данном типе озер также отобраны пробы воды для определения катионного и анионного состава, общей жесткости и общей минерализации. Пробы воды отбирались по всему вертикальному профилю глубин озера с интервалом 2 м для построения гидрохимического профиля вод, что позволяет выявить зоны разгрузки подземных вод в случае их наличия и уточнить характер питания озера. Для установления генезиса вод отобраны также пробы на радиоизотопный анализ с тем же интервалом, что и для гидрохимического анализа. Для проведения анализов пробы воды переданы в химическую лабораторию ВСЕГИНГЕО. Два озера, из которых отбирались пробы воды, отнесены нами к одному типу по результатам изучения морфометрических характеристик озерных котловин, условий их формирования, расположения в пределах одного геоморфологического уровня, сходного характера зарастания этих озер. Озеро Совхозное находится недалеко от трассы и активно используется населением для отдыха и купания. Из этого озера также осуществляется водозабор для нужд совхоза, расположенного поблизости. Озеро Глубокое не испытывает антропоген-

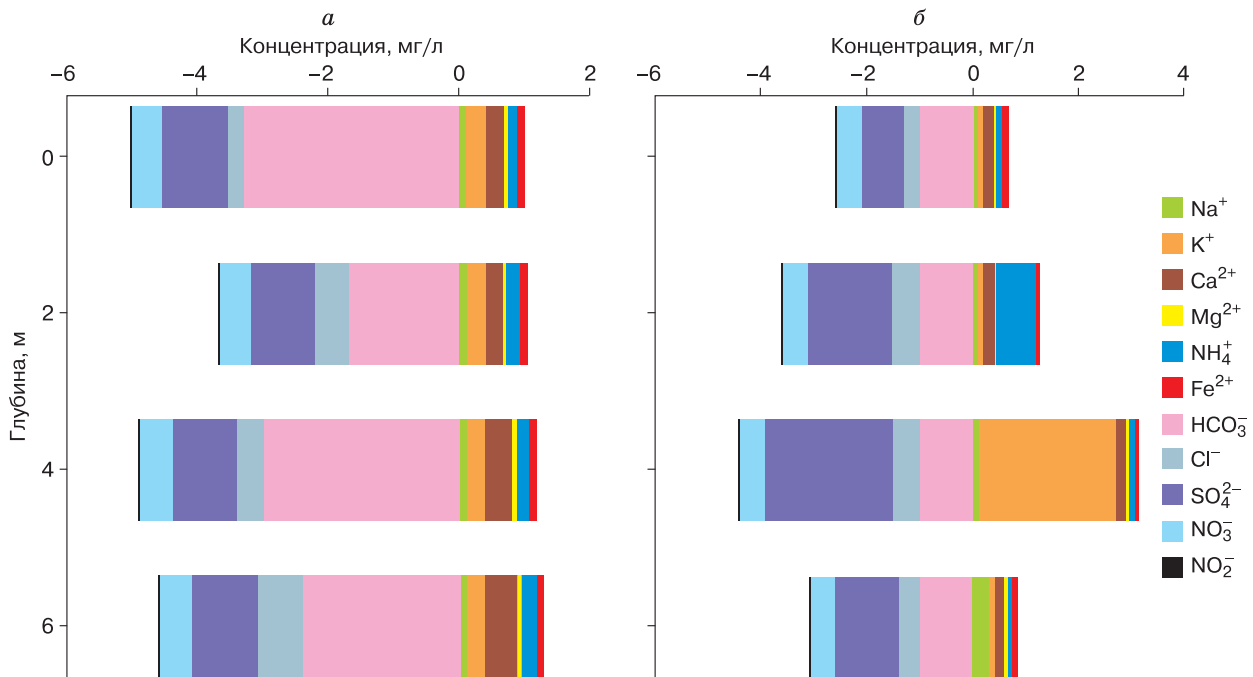


Рис. 4. Изменение химического состава вод с глубиной:

а – оз. Совхозное; б – оз. Глубокое.

ного воздействия. Результаты гидрохимических исследований для озер Совхозное и Глубокое представлены на рис. 4, формулы вещественного состава и изменение изотопного состава* с глубиной приведены в табл. 1. Были выявлены аномально высокие концентрации катионов калия и аммония, а также сульфат-аниона (см. табл. 1). Повышенная концентрация катионов аммония и сульфат-аниона может быть связана с микробиологической активностью в этих озерах. Вода в данном типе озер на разных глубинах имеет изотопный состав, соответствующий как составу атмосферных осадков, так и подземных вод в различных районах севера Западной Сибири.

Во время пробоотбора определяли pH, температуру и электропроводность воды, проводилась TDS-метрия. Результаты, полученные при проведении замеров для нескольких озер, мало различаются, поэтому в табл. 2 приведены обобщенные данные, характеризующие физико-химические свойства озерной воды.

Температурные замеры в данном типе озер показали выравнивание температур по глубине. При температуре воздуха +12 °С температура водной толщи составила +14 °С по всей глубине водоема, до донных отложений (рис. 5).

Температура донных отложений, представленных на глубине 8 м коллоидными темными илами, составила 8,5 °С. Такие высокие значения температуры объясняются большой прозрачностью воды (до 4 м) и, вследствие этого, хорошей прогреваемостью донных отложений.

В процессе исследования озер II надпойменной террасы выявлены различные механизмы зарастания озер. В первом случае зарастание идет по схеме, описанной А.П. Тыртиковым, через последующую смену стадий: вахтовые, вахтово-сфагновые, пушицево-сфагновые, осоково-сфагновые и кустарничково-сфагновые болота (стадия, представленная в настоящее время) [Тыртиков, 1969]. Во втором случае зарастание ограничивается слабо развитым поясом из осок и ежеголовника. Фактором, обуславливающим реализацию различных механизмов зарастания озер, по-видимому, является морфология озерных котловин. Так, зарастание озер по первому механизму происходит быстрыми темпами в неглубоких озерах, в которых в результате накопления отмерших растительных остатков появляется субстрат, позволяющий растениям закрепляться и продвигаться к центру водоема. Второй тип зарастания наблюдался нами в озере с резким понижением глубины (до 9 м), в котором органические остатки по подводному склону опускаются на глубину. В связи с этим не происходит обмеления водоема и наблюдается

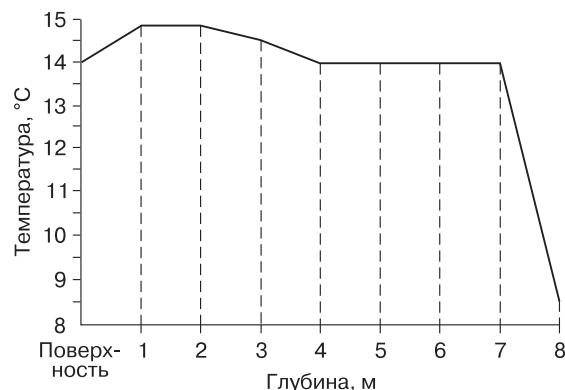


Рис. 5. Изменение температуры воды с глубиной в озерах II надпойменной террасы р. Надым.

стабилизация сообщества прибрежно-водных растений по механизму ретардационного субклимакса [Разумовский, 1981].

ВЫВОДЫ

1. Термокарстовые озера на поверхности III озерно-аллювиальной равнины представляют собой мелководные водоемы различной формы, в ряде случаев образовавшиеся в результате слияния более мелких озер.

2. Температурный режим этих озер обусловлен небольшими глубинами, темным цветом воды и интенсивным ветровым перемешиванием. Зарастание растительностью в данном типе озер происходит за счет формирования на начальных стадиях пояса сфагновых мхов и осок, по которому в дальнейшем происходит заселение кустарничков.

3. Химический и изотопный состав вод термокарстовых озер свидетельствует об атмосферном питании.

4. Старичные озера в северной тайге широко развиты на поверхностях I и II надпойменных террас крупных рек и их притоков. Сложность формы водных бассейнов, большое количество протоков и наличие придонного водообмена между рекой и озерами приводят к сложной дифференциации рельефа дна, перераспределению донных осадков и формированию неоднородного температурного режима. Такое разнообразие условий обуславливает разнообразие растительных формаций в разных частях водоемов и сложную структуру водных биоценозов (аквафаций).

5. Озерные комплексы на II надпойменной террасе отличаются от всех остальных озер по следующим показателям:

– вода в данном типе озер бесцветная и прозрачная;

* Значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD приводятся в промилле (‰) по отношению к “стандарту средней океанической воды” (SMOW).

– температурный режим характеризуется выравненностью по всей толще воды;

– температура донных отложений положительная и ненамного отличается от температуры водной толщи.

6. Главным фактором, обуславливающим реализацию различных механизмов зарастания озер II надпойменной террасы, является морфология озерных котловин. Зарастание озер при небольшой глубине озерной котловины проходит последовательную смену стадий: вахтовые, вахтово-сфагновые, пушицево-сфагновые, осоково-сфагновые и кустарничково-сфагновые болота. При глубинах озерной котловины более 4 м происходит стабилизация растительного сообщества по механизму ретардационного субклимакса.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что не только современные условия существования, но и генезис озерных котловин определяют структуру и эволюцию аквальных природных комплексов в различных типах ландшафтов. Необходимо проведение дополнительных исследований для выявления закономерностей строения и развития аквальных природных комплексов Западной Сибири.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-05-01068-а) и грантов Губернской академии и губернатора Тюменской области.

Литература

Богословский Б.Б. Озероведение. М., Изд-во Моск. ун-та, 1960, 331 с.

Викторов А.С. Модель возрастной дифференциации аллювиальных равнин // Геоэкология, инж. геология, гидрогеология, геоэкология, 2007, № 4, с. 302–309.

Ерошенко В.И., Орехов П.Т. Флористическая находка на севере Западной Сибири // Материалы Всерос. конф. “Экология от Арктики до Антарктики” (Екатеринбург, 16–20 апр. 2007 г.). Екатеринбург, Академкнига, 2007, 396 с.

Западная Сибирь / Отв. ред. Г.Д. Рихтер. М., Изд-во АН СССР, 1963, 488 с.

Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции / Отв. ред. Е.С. Мельников. Новосибирск, Наука, 1983, 165 с.

Орехов П.Т. Аквальные природные комплексы нефтегазоносных районов севера Западной Сибири // Инж. геология, 2008, вып. 1, с. 8–11.

Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. М., Наука, 1981, 231 с.

Тыртиков А.П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грунтов. М., Изд-во Моск. ун-та, 1969, 192 с.

Чеховский А.Л., Шаманова И.И. Формирование таликов под термокарстовыми озерами Западной Сибири // Тр. ПНИИС. Вып. 49: Инж.-геол. и геоэколог. исследования в Западной Сибири. М., Стройиздат, 1976, с. 18–25.

Шаманова И.И., Уваркин Ю.Т. Зональные особенности подозерных таликов на севере Западной Сибири // Тр. ПНИИС. Вып. 29: Геоэколог. исследования при инж. изысканиях. М., Стройиздат, 1974, с. 70–83.

*Поступила в редакцию
5 ноября 2009 г.*