Государственный природный заповедник «Хакасский»

Фонд «Вольное Дело»

Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Шира» заповедника «Хакасский»

Абакан
Хакасское книжное издательство
2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение *(В.В. Непомнящий)* 3

Глава I. Геологическое строение и рельеф кластерного участка «Озеро Шира» *(В.П. Парначев, А.Л. Архипов, Н.В. Архипова)* 5
1.1. Геоморфологический очерк района 5
1.2. Геологическое строение Ширинского кластера 8

Глава II. Гидрогеологические условия 20
2.1. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика озера Шира *(В.П. Парначев)* 20
2.2. Стратификация озера Шира *(Д.Ю. Рогозин)* 28
2.3. Биогеохимия озера Шира *(О.В. Карначук)* 41
2.4. Органическое загрязнение вод озера Шира *(В.П. Парначев)* 46
2.5. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика реки Сон *(В.П. Парначев, Д. Бэнкс)* 52
2.6. Подземные воды Ширинского кластера *(В.П. Парначев, Д. Бэнкс)* 58

Глава III. Микроорганизмы и процессы круговорота серы в озере Шира *(Д.Ю. Рогозин, А.Г. Дегерменджи)* 67

Глава IV. Почвы и почвенный покров *(С.П. Кулижский, А.В. Родикова)* 102
4.1. Исторические аспекты изучения почв и почвенного покрова котловины озера Шира, включая участок «Озеро Шира» 102
4.2. Специфические черты почвообразования. Объекты и методы исследования 106
4.3. Компоненты почвенного покрова: морфология и свойства 111
4.4. Почвенный покров и его структура 142
4.5. Современные процессы и элементы мониторинга почв на исследуемой территории 147

Глава V. Флора и растительность 150
5.1. Флора 150
5.1.1. Альгофлора. Водоросли озера Шира *(Е.Г. Макеева)* 150
5.1.2. Микофлора. Агарикоидные базидиомицеты *(Н.В. Майнагашева)* 173
5.1.3. Лихенофлора *(О.А. Зырянова)* 181
5.1.4. Высшие сосудистые растения *(С.А. Лебедева)* 192
5.2. Растительность 239
5.2.1. Пространственная организация растительности кластера «Озеро Шира» *(Игай Н.В., Седельников В.П.)* 239
5.2.2. Влияние заповедного режима на деградированные мелкодерновинные степи *(Г.Т. Кандалова)* 244
5.2.3. Структура природных популяций редких видов растений и их современное состояние *(Е.А. Лебедев)* 272

Глава VI. Фауна и животное население 287
6.1. Зоопланктон озера Шира *(Т.Н. Ануфриева, А.В. Дроботов, Е.С Задереев, А.П. Толомеев)* 287
6.2. Инфузории озера Шира *(Ю.В. Бархатов, Е.Б. Хромечек)* 304
6.3. Наземные беспозвоночные участка «Озеро Шира» *(И.Л. Майманакова)* 310
6.4. Ихтиофауна озера Шира *(Д.Ю. Рогозин, М.В. Пуляевская, И.В. Зуев)* 318
6.5. Орнитофауна участка «Озеро Шира» *(Т.А. Гельд)* 328
6.6. Наземные позвоночные животные участка «Озеро Шира» *(И.Л. Майманакова)* 335
6.7. Материалы зимних маршрутных учетов животных за 1998–2000, 2005–2008 и 2010 гг. *(И.Л. Майманакова)* 365

Глава VII. Структура ландшафтов окрестностей озера Шира в пределах заповедника «Хакасский» *(О.С. Семкина)* 367
Заключение 374
Литература 377
Приложения 409
Приложение 1. Карта-схема кластерного участка «Озеро Шира» 409
Приложение 2. Геологическая карта участка «Озеро Шира» 410
Приложение 3. Фрагмент почвенной карты окрестностей озера Шира *(Градобоев Н.Д., 1948 г.)* 412
Приложение 4. Карта растительности кластера «Озеро Шира» 413
Приложение 5. Карта-схема ландшафтов участка «Озеро Шира» 414

al., 2010), хорошо совпадает с измеренным *(рис. 2.7)* (Кривошеев, Хасанов, 1990). Следовательно, нынешнее значение солености озера является результатом разбавления пресной водой.

Вторым фактором, способствующим поддержанию меромиктии, является ежегодное формирование-таяние толстого ледяного покрова. Весной при таянии льда образуется распресненный поверхностный слой, который частично экранирует глубинные воды от ветрового перемешивания, тем самым способствуя поддержанию неоднородного распределения растворенных солей. В целом для выяснения причин меромиктии требуются специальные исследования с применением математических моделей.

Основные выводы

1. Используемая нами одномерная модель пригодна для грубого качественного прогноза стратификации в озере Шира. Для более точного и количественного прогноза требуются дальнейшие усовершенствования модели.

2. В период 2002–2009 гг. озеро Шира являлось меромиктическим водоемом, с непостоянной глубиной миксолимниона.

3. На глубину миксолимниона оказывают аддитивное влияние весенне-летнее и осеннее перемешивание. Более ветреная погода в весенний период обусловливает более глубокое перемешивание, следовательно – более глубокий миксолимнион.

4. Положение редокс-зоны в зимнее время совпадало с глубиной миксолимниона, следовательно, его можно прогнозировать с помощью гидрофизической модели.

2.3. Биогеохимия озера Шира

С точки зрения оценки экологического состояния озера важным моментом является понимание сути биогеохимических процессов в его экосистеме и, прежде всего, циклов серы и углерода. Первые контролируют содержание сероводорода – одного из основных бальнеологических компонентов в водной толще озера. Реакции цикла углерода связаны с возможной евтрофикацией и ухудшением санитарно-эпидемиологического состояния озера вследствие увеличения антропогенной нагрузки (Карначук, Франк, 2000; Карначук и др. 2000; 2001; Banks et al., 2001; Карначук, Парначев, 2001; Пименов и др., 2003).

Определяющее влияние на биогеохимические преобразования в озере оказывает его меромиктический характер. Разницы в плотности водных слоев у дна озера и на поверхности достаточно для преодоления различий, возникающих вследствие сезонных изменений температуры, в результате чего придонные слои никогда не перемешиваются с

поверхностными, формируя круглогодичный монимолимнион (Zotina et al., 1999). Причиной более высокой минерализации придонных слоев по сравнению с поверхностными является вымывание из подстилающих дно озера пород ионов неорганических соединений и, прежде всего, сульфата. Последний является основным анионом, вносящим вклад в повышенную минерализацию воды озера.

Измеренная нами в сентябре 2000 г. концентрация иона SO_4^{2-} достигала максимального значения (10,9 г SO_4^{2-}/дм^3) у дна озера при общей минерализации (сухой остаток) 22,5 г/дм^3. В это же время концентрация сульфата в поверхностных слоях озера составляла 8,23 г/дм^3 при общей минерализации 19,3 г/дм^3 *(рис 2.8)*. Таким образом, содержание иона SO_4^{2-} в воде озера Шира превышает его концентрацию в морской воде в среднем в 5 раз. Источником сульфата в воде озера являются, главным образом, прослои гипсов в слагающих и подстилающих озерную котловину породах верхнедевонской ойдановской свиты. Верхние слои озера распресняются за счет поверхностного стока с водосборной площади, а также атмосферных осадков. Миксолимнион (перемешивающиеся верхние слои) озера подвержен также температурной стратификации, которая устанавливается начиная с первой половины июня вплоть до начала октября (Zotina et al., 1999).

На *рис. 2.8* показана гидрохимическая ситуация в водной толще озера 12 сентября 2000 г. Зона термоклина располагалась на глубине 7–9 м. Зона температурного скачка совпадала с хемоклином, в котором происходило резкое увеличение концентрации растворенных ионов, разделяющее водную толщу озера на перемешиваемую часть – *миксолимнион* и не перемешиваемый *монимолимнион*. На глубине 11 м было обнаружено совместное присутствие следовых количеств сероводорода (0,412 H_2S мг/дм^3) и кислорода (6,95 мг O_2 /дм). 23–24 августа 2001 г. осуществлялись измерения гидрохимических параметров водной толщи в непосредственной близости от станции (54^{0}30′334′′ N, 90^{0}11′418′′E), где проводили исследования летом 1999 и 2000 гг. Было установлено, что зона температурного скачка оказалась более растянутой по глубине и располагалась в интервале 6–10 м (Пименов и др., 2003). Хемоклин находился в интервале 6–7 м, а следы сероводорода обнаруживали начиная только с 13,5 м. Максимальная его концентрация у дна озера составляла 15,8 мг/дм^3.

Одной из важнейших характеристик озера является его *трофический статус*, определяющий возможность образования автотрофами большего или меньшего количества биомассы. Величина суммарной первичной продукции, измеренная в озере Шира 23–24 августа 2002 г., составляла 943 мгС/(м^2 сутки) (Пименов и др., 2003). При измерении учитывали вклад *оксигенного* (протекающего с выделением кислорода) и *аноксигенного* (осуществляемого бактериями с использованием отлич-

ных от H_2O доноров электрона) фотосинтеза, а также хемосинтетической фиксации CO_2. Полученная величина продукции характерна для озер с переходным типом питания от мезотрофного к евтрофному. При этом измерения концентрации иона PO_4^{3-} – биогена, контролирующего первичную продукцию в водных экосистемах, показали, что озеро относится к *гиперевтрофному типу*. В августе 2000 г. содержание неорганического ортофосфата в водной толще озера Шира изменялось от 54 до 172 мкгР/PO_4/дм^3, достигая максимума у дна озера (Карначук, Парначев, 2001). По системе классификации трофического статуса озер, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (OECD, 1982), водоемы, в которых содержание фосфора превышает 100 мкг/дм^3, относятся к гиперевтрофному типу. Первичная продукция в гиперевтрофных экосистемах настолько высока, что приводит к резкому снижению прозрачности воды. По классификации OECD (1982), ожидаемая прозрачность таких водоемов, выраженная в условных единицах диска Секки, должна составлять в среднем около 1,5 м. Измерения Т. Зотиной и др. (Zotina et al., 1999) показали, что прозрачность воды озера Шира значительно больше, и 1 диск Секки летом 1995–1996 гг. равнялся в среднем 3,6 м. Такая прозрачность воды характерна для мезотрофных водоемов.

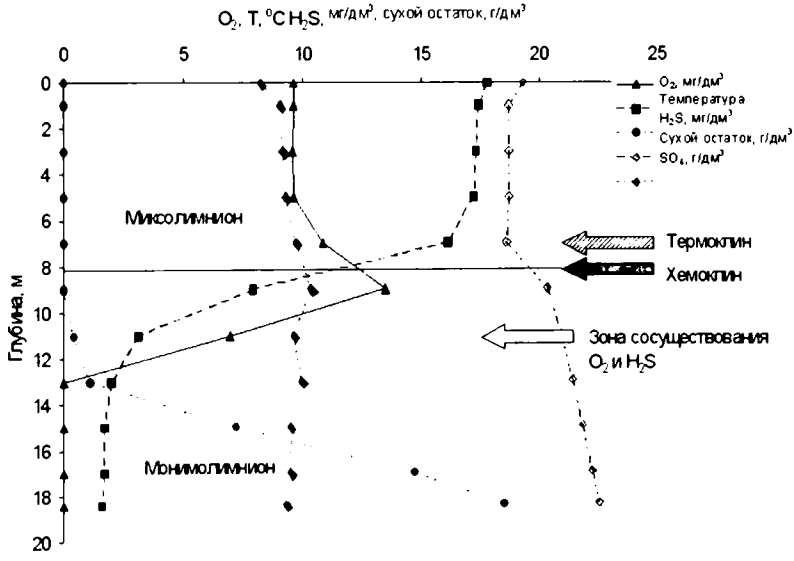

Рис. 2.8. Гидрохимические параметры в водной толще озера Шира, измеренные 12 сентября 2000 г.

Примечание. Пробы воды отобраны на станции в центре озера с координатами N 54°30′425′′, E 90°12′384′′.

Таким образом, образование первичной продукции в озере, несмотря на очень высокое содержание фосфора, лимитировано другими факторами, ограничивающими развитие автотрофов. Маловероятно, что содержание азота ограничивает автотрофную продукцию в озере. Об этом позволяет судить относительно высокое отношение концентраций соединений азота к соединениям фосфора в воде озера. Это отношение принято выражать в виде так называемого «коэффициента Редфилда» (DIN:DIP) – молярного отношения суммарного азота всех растворимых неорганических соединений (DIN) к неорганическому растворимому фосфору (DIP). Этот коэффициент, измеренный нами в августе 2000 г. в водной толще озера Шира, изменялся от 10 до 64 в зависимости от глубины *(рис. 2.9)*. Известно, что в различных автотрофных организмах соотношение N:P изменяется в среднем от 3 до 20. Этот коэффициент, замеренный Редфилдом в начале 1930-х годов для морского фитопланктона, составлял 16. На основании этого предполагают, что в экосистемах, характеризующихся низким коэффициентом Редфилда, развитие первичных продуцентов ограничено содержанием азота, а в водоемах с высоким отношением DIN:DIP развитие автотрофов лимитировано фосфором. Таким образом, соотношение DIN:DIP в воде озера Шира свидетельствует, что первичная одукция в экосистеме в летний период не лимитирована содержанием азота. Повышенное содержание фосфата в подобных экосистемах, как правило, является следствием антропогенной нагрузки. Чаще всего источником PO_4^{3-} являются сточные воды.

Высокая концентрация сульфатов, достаточно большая первичная продукция, а также наличие анаэробной зоны предполагают, что в монимолимнионе и осадках озера Шира должны протекать интенсивные процессы бактериального восстановления сульфатов. Сульфатредукцирующие бактерии наиболее активно восстанавливают сульфат, который является акцептором электронов в процессах сульфатного дыхания в анаэробных условиях. Конечный продукт восстановления сульфата, выделяемый бактериями в окружающую среду, – сероводород. Измеренная нами концентрация сероводорода в придонных слоях глубоководной части озера Шира изменялась от 25 мгH_2S/дм в июле 1999 до 18,5 мг/дм^3 в сентябре 2000 г. и 15,8 мг/дм^3 в августе 2001 г. Это относительно невысокое содержание сероводорода, по сравнению с другими меромиктическими евтрофными озерами.

Максимальная скорость сульфатредукции в воде озера Шира, измеренная нами 23–24 августа 2001 г., составляла 114 мкг S-восст. /дм^3 /сутки. В озере Шира максимальная скорость сульфатредукции была установлена у дна.

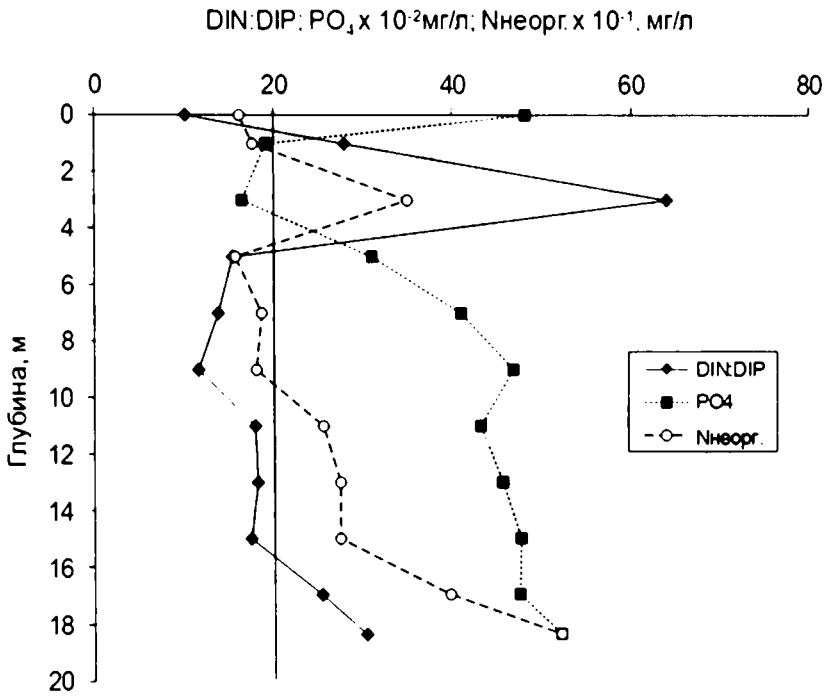

Рис. 2.9. Изменение отношения DIN:DIP, концентрации PO_4^{3-} и суммы неорганического азота (NH_4, NO_3, NO_2) в воде озера Шира

Примечание. Вертикальная линия показывает отношение, равное 16.

Процесс бактериального восстановления сульфатов также вносит вклад в циклирование углерода в экосистемах. Сульфатредуцирующие бактерии используют достаточно широкий спектр органических соединений в качестве донора электронов для восстановления сульфата, окисляя их в этом процессе до CO_2. В воде озера Шира до 73 % органического вещества, образуемого в результате оксигенного и аноксигенного фотосинтеза, а также хемосинтеза, используется на бактериальное восстановление сульфата (Пименов и др., 2003). Это свидетельствует о ведущей роли сульфатредукции в процессах деструкции органического вещества в экосистеме. Надо также подчеркнуть, что наряду с *автохтонным* органическим веществом, образуемым первичными продуцентами, в озеро попадает также определенное количество *аллохтонного* органического вещества со стоком с водосборной площади. Также есть свидетельства

непосредственного сброса в озеро бытовых и промышленных стоков (Водные ресурсы..., 1999).

Относительным показателем загрязнения озера Шира бытовыми стоками может служить измеренное отношение ионов Br/Cl. Существует мнение, что повышенная относительно измеренного для морской воды (0,00347) величина Br/Cl может служить показателем загрязнения вод, происходящего вследствие процессов деструкции органического вещества (Edmunds, 1996). Измеренное нами в сентябре 2000 г. это отношение изменялось от 0,00625 на поверхности до 0,007 на глубине 9 и 13 м (Banks et al., 2001), превышая известное для морской воды отношение в среднем в два раза. Надо отметить, что часто отношение Br/Cl в поверхностных водах района и республики составляло высокие величины. Так, измеренное в различных точках реки Сон, впадающей в озеро Шира, оно составляло 0,0124–0,0219.

Нашими исследованиями (Пименов и др., 2003) впервые подтверждено биологическое происхождение сероводорода в озере Шира. Об этом свидетельствует определенный нами изотопный состав восстановленных и окисленных соединений серы в воде и осадках озера. Известно два природных стабильных изотопа серы – ^{32}S и ^{34}S. Сульфатвосстанавливающие бактерии используют в метаболизме легкий изотоп серы. Таким образом, продукты деятельности бактерий имеют облегченный изотопный состав, в то время как остаточный сульфат утяжеляется за счет обогащения тяжелым изотопом серы. Определенный нами изотопный состав серы сульфатов практически не менялся по профилю водной толщи и варьировал от 15,0 до 18,2 ‰ (Пименов и др., в печати). По сравнению с сульфатом сера сероводорода существенно обогащалась легким изотопом ^{32}S. В интервале глубин от 16 до 22,5 м $\delta^{34}S$ сероводорода изменялось от – 45,8 до – 39,6 ‰ (Пименов и др., 2003).

Важным результатом наших исследований является установление факта, что основное количество сероводорода в период исследований (август 2001 г.) образовывалось непосредственно в воде озера, а не диффундировало из поверхностного слоя осадков (Пименов и др., 2003).

2.4. Органическое загрязнение вод озера Шира

Органические примеси в природных водах представляют особый интерес, что обусловлено большей химической лабильностью органических соединений под воздействием природно-климатических и геофизических факторов. При попадании в природную среду одного единственного химического вещества по истечении некоторого периода времени обнаруживается уже целый набор химических соединений, являющихся