

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения Российской академии наук

Материалы XVI-й конференции
молодых учёных ИВЭП СО РАН
«ШАГ В НАУКУ»

Барнаул – 2016

УДК 332 + 502.05 + 556 + 574.5

ISBN 978-5-904014-84-1

Шаг в науку : Материалы XVI-й конференции молодых учёных ИВЭП СО РАН. Барнаул, 10 февраля 2016 г. – Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2016. – 104 с.

В сборнике научных статей собраны материалы XVI-й ежегодной конференции молодых учёных Института водных и экологических проблем СО РАН, которая проведена 10 февраля 2016 г. Советом молодых учёных (председатель – С.Н. Балыкин, к.б.н.) совместно с администрацией Института и была посвящена дню Российской науки. Основными целями конференции являются выявление и поддержка в Институте молодых учёных, проводящих самостоятельные, перспективные научные исследования, стимулирование системы открытой публикации научных результатов. В рамках мероприятия проводится конкурс научных работ.

Редакционная коллегия: Безматерных Д.М., к.б.н.; Винокуров Ю.И., д.г.н.; Кириллов В.В., к.б.н.; Красноярова Б.А., д.г.н.; Пузанов А.В., д.б.н.; Суторихин И.А. д.ф.-м.н., Черных Д.В., д.г.н.

Ответственный редактор – Букатый В.И., д.ф.-м.н.

ISBN 978-5-904014-84-1

© Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2016

© Коллектив авторов, 2016

К КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНОГО АЛТАЯ

Е.О. Гармс, *garms@ngs.ru*

Алтай является привлекательным туристическим объектом, который поражает разнообразием природных условий, широким спектром рекреационных ниш и предложений. Во многом туристическая популярность этой территории определяется ее ландшафтным богатством и разнообразием. Туристско-рекреационное освоение и устойчивое развитие горных территорий тесно взаимосвязаны, а поэтому исследования в данной области могут иметь приоритетное значение как для этих регионов, так и для окружающих территорий [1]. К сожалению, на сегодняшний день преобладает слабо регулируемая территориальная организация туристских объектов. Характерны значительные диспропорции в туристском освоении многих горных регионов [2-4]. Целью данной статьи является систематизация представлений об устойчивом рекреационном природопользовании (РП) и обоснование его геоэкологических принципов на примере трансграничного Алтая.

Существует множество трактовок устойчивого РП, но все они сводятся к трем основам устойчивого развития в целом: социальной справедливости, экономической эффективности и экологической безопасности. Согласно определению Всемирной туристской организации устойчивое РП удовлетворяет нынешние потребности туристов и принимающих регионов, сохраняя и приумножая возможности на будущее. Управление всеми ресурсами должно осуществляться таким образом, чтобы обеспечивая экономические, социальные и эстетические потребности, сохранить культурную целостность, важные экологические

процессы, биологическое разнообразие и системы жизнеобеспечения. Под устойчивым РП мы понимаем гармоничную систему отношений между обществом и природной средой в процессе удовлетворения рекреационных потребностей, при которой достигается сбалансированность социальных, экономических и экологических интересов, обеспечивается эффективное использование природно-рекреационного потенциала, сохранение оптимального качества рекреационной среды для будущих поколений [5-6].

Принципы устойчивого развития для рекреации. По мнению Г.А. Приваловской [7] территориальная интерпретация концепции устойчивого развития предполагает территориальную организацию природных, экономических и социальных подсистем по его био- и антропоцентрическим признакам. Критерием устойчивого развития регионального рекреационного природопользования выступает достижение определенного социо-эколого-экономического баланса, т.е. взаимосвязи, координации и единства приоритетных целей трех основных сфер РП – социальной, экономической и экологической. При разработке концептуальных основ стратегии регионального развития РП следует иметь в виду стремление к внутренней сбалансированности каждой из сфер.

Обоснование и разработка концепции устойчивого развития РП в конкретном регионе должны опираться на результаты исследований по четырем направлениям.

1. Анализ природных предпосылок устойчивого развития РП:

- анализ и оценка природных и экологических факторов развития РП;
- биологическое и ландшафтное разнообразие территории;
- место охраняемых природных территорий в системе регионального природопользования.

2. Оценка базового уровня устойчивого развития РП:
- проведение или анализ сложившейся системы функционального зонирования;
 - выявление интересов и противоречий природопользователей в регионе;
 - выявление и диагностика актуальных проблем РП и их территориальной дифференциации.

3. Теоретико-методическое обоснование и разработка моделей устойчивого развития РП.

4. Выработка конструктивных решений по устойчивому развитию РП в регионе.

Современное состояние РП в трансграничном Алтае характеризуется следующими проблемами и противоречиями.

Экологические:

- дигрессия природных рекреационных угодий с чрезмерной неорганизованной рекреационной нагрузкой (окрестности г. Белуха, оз. Канас);
- бесконтрольное передвижение туристов на внедорожной технике, уничтожающей почвенный и травяной покров, например, неустойчивых тундростепных экосистем Укока;
- ухудшение состояния подлеска и травяного покрова в районах неумеренного развития конного туризма;
- рост масштабов браконьерства;
- замусоривание рекреационных угодий (стекло, полимеры, макулатура).

Социальные:

- незначительная роль рекреации в занятости местного населения;
- отсутствие социально ориентированных видов рекреационного обслуживания (для малообеспеченных слоев населения, детей, инвалидов);
- недостаточное информационное обеспечение участников РП.

Экономические:

- отсутствие стратегии диверсификации регионального туристского продукта;

- низкий уровень инновационно-инвестиционной активности в сфере рекреации (за исключением Республики Алтай);
- слабо развитая общехозяйственная и специальная инфраструктура отдыха и туризма;
- незначительная государственная поддержка региональных программ развития туризма.

Приоритеты устойчивого развития рекреационного природопользования и принципы геоэкологии

На основании работ Ю.А. Веденина, И.В. Шабдурасулова, В.С. Преображенского, Б.И. Кочурова, В.В. Занозина и др., а также собственных исследований автором были выделены геоэкологические принципы, из которых затем были выведены положения устойчивого РП трансграничного Алтая.

Принцип системности подразумевает учет тесной взаимосвязанности всех компонентов внутри территориальной системы, а также с другими структурами более крупного ранга. Использование данного принципа в планировании устойчивого развития РП предполагает: рассмотрение всех системных элементов и связей (как при создании, так и при их функционировании), учет влияния рекреационной деятельности на возможное изменение природной составляющей, прогноз обратного влияния измененной природы на РП, мероприятия по сохранению свойств системы РП.

Принцип территориальности определяет зависимость функционирования и развития РП от природных и социально-географических условий каждого конкретного региона.

Принцип управляемости подразумевает:

- выделение в его структуре субъектов и объектов управления;

- постоянный контроль функционирования и развития РП, что возможно только при развитом органе управления;
- предотвращение отрицательных последствий рекреационной деятельности.

Каждый из трех обозначенных геоэкологических принципов стал теоретической основой для выделения конкретных правил устойчивого РП.

Правило опережающего управления (согласованности действий стран трансграничного региона).

Правило оперативного управления (координации работ) позволяет органам управления при четкой территориальной организации направлять, координировать и объединять усилия представителей различных организаций, составляющих комплекс по обслуживанию туристов. Этот комплекс включает предприятия как основных отраслей туристской специализации (турагентские и туроператорские фирмы), так и обслуживающих (размещения, питания, услуги транспорта и связи, индустрии развлечений).

Правило сохранения природной среды обуславливает то, что туристская инфраструктура должна создаваться, а туристская активность программироваться таким образом, чтобы защитить природные экосистемы и биологическое разнообразие.

Правило сохранения культурного наследия определяет создание условий для предотвращения стандартизации местной культуры и обеспечения социально-культурного обмена.

Правило учета социальных условий устанавливает, что управление туристской деятельностью должно происходить таким образом, чтобы сводить к минимуму негативные последствия социального характера, возникающие в результате развития туризма (увеличение уровня преступности, миграции трудовых ресурсов, возрастание роли неквалифицированного труда и т.д.).

Далее согласно этим правилам разрабатывались меры и решения, направленные на устойчивое развитие РП в регионе. Следующим уровнем является региональная специфика, которая предлагает и благодаря которой реализуются конкретные действия по применению концепции устойчивого рекреационного природопользования в трансграничном Алтае. Каждое действие обосновано вышестоящими принципами и правилами, следовательно, вытекает из них. Из принципа системности следуют такие инструменты устойчивого РП как:

- создание и функционирование станций мониторинга (на сегодняшний день они существуют пока только в Катунском, Алтайском, Тигирекском заповедниках), т. к. в их функции входит охрана и наблюдение за природной средой, что биосферным заповедникам положено и по статусу;
- расчет допустимой рекреационной нагрузки;
- составление кадастра уникальных памятников природы и культурно-исторических памятников региона;
- создание туристических паспортов регионов.

Принцип управления и вытекающие из него правила устойчивого РП для трансграничного Алтая реализуется с помощью:

- проведения функционального зонирования с выделением таких зон, как рекреационно-природоохранные, хозяйственно-рекреационные, природоохранно-рекреационные, рекреационно-хозяйственные и хозяйственно-природоохранные, а также ведением хозяйственной деятельности согласно приоритетным направлениям зон;
- сотрудничества соседствующих особо охраняемых природных территорий (на сегодняшний день положительный пример наблюдается у Катунского заповедника с Катон-Карагайским национальным парком, также намечается совместная деятельность Сайлюгемского национального парка с национальным парком Силхемин; при-

родного парка Укок – с резерватом Канас и заповедником Алтай-Таван-Богд).

Принцип территориальности и основанные на нем правила учета природных особенностей и социальных условий региона, на наш взгляд, реализуется в диверсификации регионального туристического продукта. С.А. Севастьянова [8] употребляет такое понятие, как потенциал диверсификации, который рассматривает как возможность разнообразных направлений использования экологического, организационного, социокультурного, рекреационного и других потенциалов, что повышает устойчивость рекреации как системы в целом к внешним и внутренним деструктивным воздействиям.

Возможность диверсификации можно рассматривать как один из способов устойчивого развития рекреации в регионе. Так нами названы возможные альтернативы типов рекреационной деятельности для каждой из четырех стран. В настоящее время развитие туризма в Алтайском трансграничном регионе может опираться на виды отдыха, которые реализуются без развитой инфраструктуры (приключенческий, охотничье-рыболовный, этнографический и др.) или обладают развитой инфраструктурой, требующей модернизации (горнолыжный туризм, культурно-исторический, активно-оздоровительная рекреация и др.).

Выводы

Темпы роста рекреационного потока в трансграничный Алтай можно оценивать как прогрессивный фактор дальнейшего освоения региона, развития специальной инфраструктуры. Вместе с тем лимитирующим фактором будет достижение предельной рекреационной нагрузки и превышение естественной устойчивости природных комплексов (особенно в Республике Алтай и китайской части региона).

Реализация предложенной концепции требует совместных усилий туристических компаний, государственных органов власти, научных организаций; принятия международных соглашений. Отличие данной концепции от других подобных концепций состоит в том, что предложены конкретные инструменты достижения устойчивого рекреационного природопользования, которые носят региональный характер. Некоторые из них были выполнены в ходе исследования:

- функциональное рекреационное зонирование трансграничного Алтая;
- диверсификация туристического продукта трансграничного Алтая.

В дальнейшем развитии данного исследования предполагается участие в создании кадастра туристических ресурсов трансграничного региона, так как на сегодняшний день отсутствуют сводные данные о природных рекреационных ресурсах.

Конечно, немало и таких мероприятий, которые могут быть осуществлены только политической волей и властью на местах:

- организация единой системы управления рекреационными ресурсами трансграничного региона с целью их наиболее эффективного и рационального использования;
- разработка и создание системы маршрутов, связывающих выделенные природные рекреационные ресурсы в единую сеть, а также создание необходимой инфраструктуры, в т.ч. совершенствование транспортной системы;
- поиск собственной ниши на туристическом мировом рынке, создание совместных турпродуктов граничащих государств, обладающих сходным природно-рекреационным потенциалом.

Географическое положение трансграничного Алтая и наличие в нем историко-культурных центров, многочисленных объектов культурного и природного наследия, а

также относительно развитая транспортная сеть и достаточное количество трудовых ресурсов создают благоприятные предпосылки для укрепления здесь позиций международного и внутреннего туризма, основой которого является развитие рекреационного природопользования и сохранение природного и историко-культурного потенциала. При рациональной организации этих направлений и укреплении туристско-рекреационной структуры территории она может стать новым экономическим базисом развития для преобладающих здесь депрессивных областей и районов. Особую важность приобретает приграничное сотрудничество стран региона, организация единого эколого-экономического и рекреационного пространства, что является основой добрососедства и устойчивого взаимовыгодного экономического развития.

Список литературы

1. Гармс Е.О., Сухова М.Г. Оптимальная рекреационная специализация сопредельных территорий гор Алтая, ее реакция на изменение природно-климатических условий // Вест. Национальной академии туризма. – 2014. – № 4 (32). – С. 45-67.
2. Дунец А.Н. Туристско-рекреационные комплексы горного региона. – Барнаул, 2011. – 201 с.
3. Tourism Market Trends, 2010 Edition – Annex [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.unwto.org/facts/eng/pdf/indicators/europe.pdf/>.
4. Liszewski S. // Turysm. – 1995. – № 5. – S. 87.
5. Яковенко И.М. Направления и проблемы устойчивого развития туристско-рекреационного комплекса Крыма // Ученые записки Таврического национального университета. – 2001. – Т. 14 (53). – С. 162-166.
6. Яковенко И.М. Экологический рекреационный потенциал как фактор устойчивого рекреационного природо-

пользования в Крыму // Культура народов Причерноморья. – 2004. – Т. 2. – № 56. – С. 23-29.

7. Приваловская Г.А. Ресурсопользование в современных условиях России // Изв. РАН. Сер. Геогр. – 1999. – № 3. – С. 13-21.

8. Севастьянова С.А. Эколого-экономическая оценка рекреационных ресурсов. – СПб., 2008. – 190 с.

ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ БЕССТОЧНОЙ ОБЛАСТИ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО НАЛИЧИЮ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПИТЬЕВОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

М.С. Губарев, *maikal@iwp.ru*

Бессточная область Обь-Иртышского междуречья характеризуется острым дефицитом поверхностных водных ресурсов. Несмотря на то, что в целом Обь-Иртышский речной бассейн богат поверхностными водными ресурсами (средне-многолетний сток оценивается в 408 км^3), на его бессточную область приходится только 1,5 % общего стока [1]. Поверхностные воды представлены главным образом малыми и средними реками: Карасук, Бурла, Кулунда, Чулым, Каргат и др. Однако их низкая водность и повышенная минерализация не позволяют использовать воду для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Поэтому население и сельское хозяйство испытывают потребность в водных ресурсах, которые являются лимитирующим фактором развития.

В условиях отсутствия или ограниченности речного стока наибольшее значение приобретают подземные воды. Поэтому анализ распространения подземных водоносных

комплексов в бессточной области актуален и позволит определить территории, в пределах которых потребитель надежно обеспечен водными ресурсами.

Оценка обеспеченности подземными водами была выполнена на территории муниципальных образований Российской Федерации при помощи геоинформационно-картографического метода. Данный метод позволяет изучить региональные закономерности распространения подземных вод, провести комплексный анализ природных, экономических, социальных, экологических и других факторов развития региона, выявить территории, для которых водный ресурс не будет выступать лимитирующим фактором, ограничивающим развитие.

Для оценки обеспеченности территории ресурсами подземных вод использовались картографические данные И.М. Земсковой с соавторами [2]. На рисунке 1 представлены границы распространения водоносных комплексов (неогеновый, верхнеолигоценый-нижнемиоценовый, палеогеновый и нижне-верхнемеловой), которые были переведены в цифровой формат; их характеристика представлена в таблице 1.

Особое внимание при оценке уделялось двум показателям: водопроницаемость водоносных комплексов и минерализация подземных вод. Под водопроницаемостью (T) понимается расход потока через единицу ширины однородного водоносного слоя при гидравлическом градиенте, равном единице [3]. При этом были выбраны только территории с водопроницаемостью водоносных комплексов $T > 100 \text{ м}^2/\text{сут}$, так как при водопроницаемости $T < 100 \text{ м}^2/\text{сут}$ водоносный горизонт считается малоперспективным для использования в целях водоснабжения.

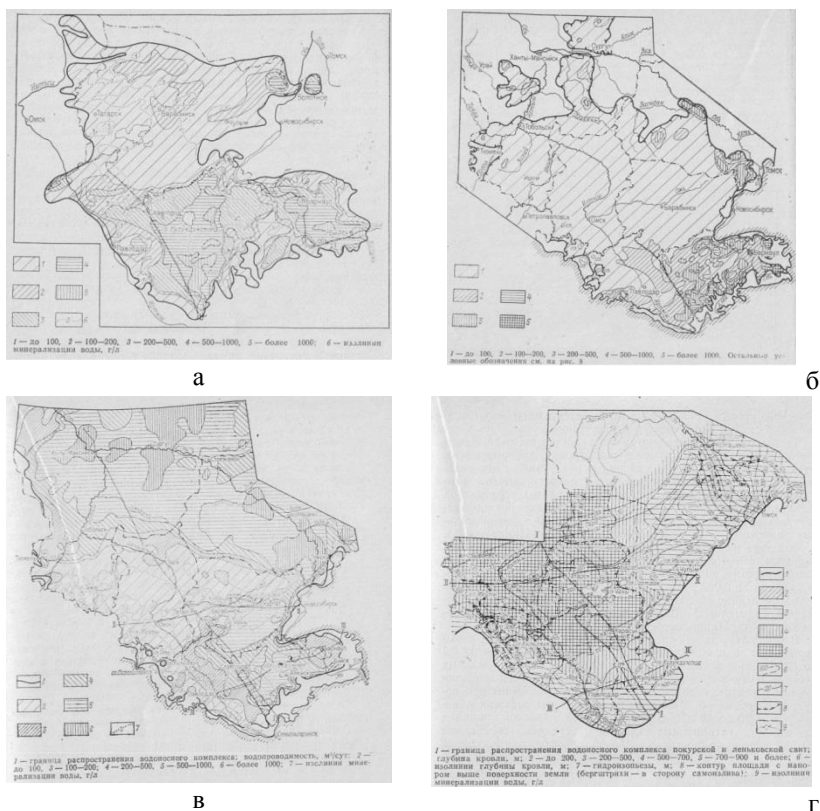


Рис. 1. Картосхемы водопроводимости и минерализации водоносных комплексов [1]:

а – неогенового; б – верхнеолигоценового-нижнемиоценового; в – палеогенового; г – нижне-верхнемелового.

Рекомендуемая ГОСТом предельная величина минерализации для питьевого водоснабжения составляет 1 г/л, для аридных районов допускается 1,5 г/л. В некоторых аридных, особенно вододефицитных областях, используются воды с минерализацией до 3 г/л.

Таблица 1

Характеристика водоносных комплексов [2]

Водо-носный ком-плекс	Основные водоносные горизонты	Глубина залегания кровли, м	Мощность горизонтов, м	Минерализация, г/л
Неогеновый	нижне-среднеплиоценовые отложения павлодарской свиты (N_{1-2pv}); верхнемиоценовые таволжанской (N_{1tv}), калкаманской (N_{1klk}), рубцовской (N_{1rb}) свит; нижне-среднемиоценовые бещеульской (N_{1bsc}) и болотнинской (N_{1blt}) свит	от 20 до 240	до 95	0,1-33,6
Верхнеолигоцен-нижнемиоценовый	нижнемиоценовые отложения абросимовской (N_{1ab}); верхнеолигоценные журавской (P_3zg), чаграйской (P_3cgr) свит; верхнеолигоценные – нижнемиоценовые знаменской свиты (P_3-N_{1zn})	от 10 до 350	до 120	0,2-21,2
Палеогеновый	нижне-среднеолигоценные отложения новомихайловской ($P_3пт$) и атлымской (P_3at) свит; эоцен-олигоценные юрковской (P_3jkr) и тавдинской - P_{2-3tv} (Новосибирская область, Алтайский край) свит; палеоцен-эоценовые островновской (P_{1-2os}) свиты (Алтайский край)	от 10 до 370	до 100	0,1-35
Нижневерхнемеловой	верхнемеловые отложения симоновской свиты (K_{2smn}); нижне-верхнемеловые покурской (K_{1-2pk}) и леньковской (K_{1-2ln}) свит	от 500 до 1000	до 250	0,2-15,1

Для целей орошения рекомендуется использовать воду с минерализацией до 1 г/л. Допускаются и более высокие нормы в зависимости от состава почв. Для почв с хорошей проницаемостью можно использовать воду с минерализацией до 2-3 г/л.

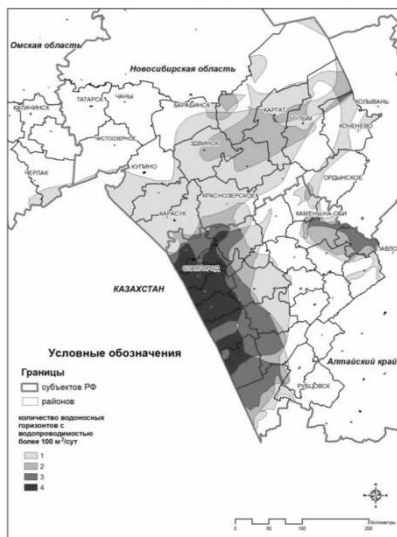
Возможность применения подземных вод с минерализацией до 3 г/л определяют территорию, на которой водоносные комплексы могут быть использованы для целей сельскохозяйственного водоснабжения. На основе цифровых материалов составлены картографические модели зон простираения водоносных комплексов: для хозяйственно-питьевого водоснабжения с водопроницаемостью более 100 м²/сутки и минерализацией вод до 1 г/л; для сельскохозяйственного водоснабжения с водопроницаемостью более 100 м²/сутки и минерализацией вод 1-3 г/л (рис. 2).

Для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения наиболее благоприятны условия для населения и сельскохозяйственного производства Бурлинского, Немецкого национального, Табунского, Славгородского, Кулундинского, Ключевского и Михайловского районов Алтайского края. Территория этих муниципальных образований характеризуется наличием четырех водоносных комплексов подземных вод питьевого качества с минерализацией до 1 г/л и водопроницаемостью свыше 100 м²/сутки. Территории Угловского, Волчихинского, Родинского, Благовещенского и Хабарского районов Алтайского края надежно обеспечены подземными водами питьевого качества трех водоносных комплексов. В Новосибирской области два водоносных комплекса залегают на территории Здвинского, Доволенского, Каргатского и Краснозерского районов, а на территории Карасукского и Баганского районов отмечен только один водоносный комплекс. Здесь глубина залегания водоносного горизонта составляет 0,6-1,3 км. В других муниципальных образованиях бессточной области водоносные комплексы или отсутствуют (Татарский, Око-

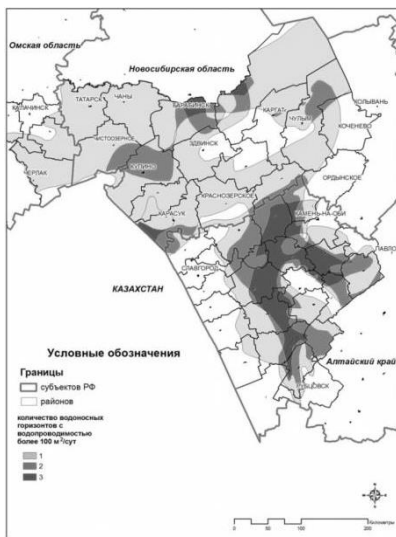
нешниковский и др.), или представлены ограничено (Баевский, Черлакский, Чистоозерный и др.).

Для целей сельскохозяйственного водоснабжения (животноводства) на территории Панкрушихинского, Благовещенского, Родинского, Баевского, Тюменцевского, Волчихинского, Крутихинского, Суетского (Алтайский край), Карасукского, Барабинского и Убинского районов (Новосибирская область) имеются три водоносных комплекса с минерализацией 1-3 г/л.

В Хабаровском, Ребрихинском, Мамонтовском, Новичихинском, Романовском (Алтайский край), Купинском, Чулымском, Кочковском и Чистоозерном районах (Новосибирская область) в сельскохозяйственных целях с минерализацией подземных вод 1-3 г/л могут быть использованы два водоносных комплекса.



а



б

Рис. 2. Распространение перспективных водоносных комплексов
а – для хозяйственно-питьевого водоснабжения с минерализацией до 1 г/л;
б – для сельскохозяйственного водоснабжения с минерализацией 1-3 г/л

По одному водоносному комплексу с минерализацией 1-3 г/л располагается в Краснозерском, Баганском, Здвинском, Татарском, Чановском (Новосибирская область), Черлакском, Оконешниковском районах (Омская область).

В других районах бессточной области для целей сельскохозяйственного водоснабжения перспективные водоносные комплексы присутствуют, но не имеют значительных площадей простираения.

Выводы

По наличию и условиям простираения водоносных комплексов бессточную область можно разделить на следующие части.

Юго-западная часть бессточной области Обь-Иртышского междуречья (Алтайский край) имеет наибольшее количество водоносных комплексов с высокой водопроницаемостью и минерализацией до 1 г/л, что говорит о хорошей водообеспеченности этой территории для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Центральная часть бессточной области (Новосибирская область) менее обеспечена, в ее пределах установлено простираение одного водоносного комплекса (нижневерхнемелового) с глубиной залегания 0,6-1,3 км.

Северная часть междуречья (территория Омской области и частично Новосибирской области) не обеспечена ресурсами питьевого качества, здесь водоносные комплексы имеют минерализацию свыше 3 г/л.

Для целей сельскохозяйственного водоснабжения практически вся территория бессточной области обеспечена ресурсами подземных вод с минерализацией до 3 г/л. При этом юго-восточная часть бессточной области Обь-Иртышского междуречья (в пределах Алтайского края) обладает наибольшим количеством водоносных комплексов с высокой водопроницаемостью, но пригодных только для

целей сельскохозяйственного водоснабжения с глубиной их залегания до 300 м.

Список литературы

1. Винокуров Ю.И., Жерелина И.В., Красноярова Б.А. Обь-Иртышский бассейн: проблемы водопользования и управления // Природно-ресурсные, экологические и социально-экономические проблемы окружающей среды в крупных речных бассейнах. – М., 2005. – С. 120-135.
2. Земскова И.М., Смоленцев Ю.К., Полканов М.П. и др. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. – М., 1991. – 262 с.
3. Снакин В.В., Акимов В.Н. Термины и определения в сфере водных ресурсов. – М., 2004. – 244с.

О ПРИМЕНИМОСТИ МИКРОВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ОПРЕСНЕНИЯ КАРСКОГО МОРЯ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ

В.О. Кобелев¹, А.С. Печкин¹, Ю.А. Печкина¹, И.В. Хвостов²

¹ ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»

² Институт водных и экологических проблем СО РАН,
mikon@iwer.ru

Карское море – одно из самых холодных морей России и большую часть года покрыто льдами. Зимой температура воды у поверхности моря ($-1,8^{\circ}\text{C}$) близка к температуре замерзания. Летом вода в верхних слоях (50-70 м) прогревается до 6°C (на севере – до 2°C). Море расположено преимущественно на шельфе, преобладают глубины от 50 до 100 м, максимальная глубина составляет 620 м. В мелководных районах вода хорошо перемешана от поверхности

до дна и имеет одинаковую температуру и соленость (в среднем около 34 ‰). Вместе с тем соленость воды испытывает сильные пространственно временные вариации, за счет вклада пресных вод впадающих полноводных рек. Речной сток и таяние льда летом приводят к уменьшению солености морской воды ниже 34 ‰, в устьях рек вода становится близкой к пресной. От повышенного загрязнения вод впадающих рек Обь и Енисей тяжелыми металлами исходит основная масса экологических проблем Карского моря [1]. Несомненно, динамика солености и температурный режим акватории самого моря и Обской губы представляют интерес для климатологии, экологии, ихтиологии. Это обуславливает актуальность исследования процессов опреснения и подчеркивает важную роль дистанционного мониторинга, обеспечивающего глобальный пространственный охват.

Вопросам опреснения вод Карского моря посвящено достаточное количество работ. В юго-западной части моря обнаружена и обследована область опреснения поверхностных вод площадью около 40 тыс. км². Химический анализ показал, что основной вклад в опреснение вод принадлежит Енисею. Формирование поверхностного опресненного слоя связывают с ежегодными июньскими паводками и последующим переносом опресненных вод на запад под воздействием ветра. Показано, что дополнительный вклад в опреснение у берегов Новой Земли могло внести таяние Новоземельского ледяного массива [2]. Предложены методы расчета распространения опресненных вод от Обско-Енисейского взморья по акватории Карского моря, основанные на расчете течений в верхнем перемешанном слое с использованием средней динамической топографии морской поверхности, регулярных данных спутниковой альтиметрии об аномалиях уровня моря и параметризации ветрового дрейфа [3-4]. В ряде работ в качестве маркеров

солености вод предложено использовать концентрации хлорофилла «а» и интенсивность флуоресценции растворимого органического вещества [5-6]. Продемонстрированы возможности использования спутниковых данных (сканер цвета MODIS, скаттерометр ASCAT) для исследования биооптических характеристик. В тоже время констатируется необходимость развития спутниковых дистанционных методов определения низких значений солености и мониторинга процессов опреснения [1, 6].

В данной работе рассматривается возможность дистанционного зондирования водной поверхности в микроволновом диапазоне для определения солености поверхностных вод Обской губы (севернее примыкания Тазовской губы) и прибрежных зон Карского моря. Для валидации спутниковых данных используются результаты судовых и лабораторных измерений.

Значимый вклад в проблему дистанционного определения солености Мирового океана внесла миссия SMOS Европейского космического агентства. Первый двухмерный (2D) интерференционный радиометр L-диапазона MIRAS, работающий в космосе на частоте 1.41 ГГц, укомплектован 69 антенными приемниками, распределенными на Y-образной развертываемой антенной решетке. MIRAS выполняет глобальное зондирование пассивного восходящего микроволнового излучения от поверхности Земли попеременно на горизонтальной и вертикальной поляризации практически в любых атмосферных условиях не реже одного раза в трое суток [7]. Данные SMOS поставляются привязанными к гексагональной дискретной геодезической сетке DGG ISEA 4H9 [8]. Линейный размер ячейки сетки составляет ~16 км, площадь ~195 км².

На практике наиболее часто используется продукт уровня обработки L1C, представляющий собой поля пространственного распределения радиояркостных температур

$T_B^{H,V}$ подстилающей поверхности на горизонтальной и вертикальной поляризациях при зондировании под углом $42,5^\circ$. Значения $T_B^{H,V}$ связаны с коэффициентами излучения $\chi_{H,V}$ подстилающей поверхности простым соотношением: $T_B^{H,V} = T_{EF} \cdot \chi_{H,V}$, где T_{EF} – эффективная температура излучающего скин-слоя подстилающей поверхности. Применительно к водной поверхности, T_{EF} совпадает с термодинамической температурой T .

На основе продукта L1C по одному из стандартных алгоритмов SMOS формируются продукты более высокого уровня, в частности – продукт L2OS, содержащий значения солёности S поверхностных вод Мирового океана за исключением 50-километровых береговых зон. Стандартный алгоритм SMOS показывает удовлетворительную точность восстановления солёности для океанов, но для некоторых внутренних и окраинных морей даёт неприемлемый результат [9]. В этом случае прибегают к разработке локальных алгоритмов, учитывающих особенности исследуемых акваторий. В их основе, как правило, лежит подспутниковый эксперимент и построение регрессионной модели, связывающей величину S и радиофизические характеристики образцов подстилающей поверхности [10].

В рамках состоявшейся в июле-августе 2015 г. экспедиции выполнен отбор проб поверхностных вод в 30-ти пунктах, расположенных в пределах акватории Обской губы (рис.), для проведения дальнейших исследований в лабораторных условиях. При этом фиксировались координаты и время отбора пробы, а также температура поверхности воды в месте отбора.

В лабораторном эксперименте определялась солёность S проб воды методом выпаривания. Взвешивание производилось на весах, позволяющих оценивать массу с точно-

стью не ниже 10^{-7} кг. Общая относительная погрешность метода для вод с соленостью до 1 ‰ не превышает 7 % и в основном обусловлена потерей хлоридов при выпаривании [11].

Исследования диэлектрических характеристик образцов на частоте 1,41 ГГц выполнены методом мостовых схем [12]. Измерялись ослабление $|A|$ и сдвиг фазы φ электромагнитной волны, прошедшей через представляющую собой коаксиальный волновод кювету, заполненную водой из исследуемой пробы. Измеренные величины использовались для расчета действительной (ϵ') и мнимой (ϵ'') частей комплексной диэлектрической проницаемости (КДП). По результатам диэлектрических измерений с помощью формул Френеля рассчитывались коэффициенты излучения χ_H на горизонтальной поляризации для угла визирования $42,5^\circ$. Приборная погрешность применявшегося в установке промышленного фазометра ФК2-18 не превышает 0,2 дБ для величины $|A|$ и $0,2^\circ$ для величин φ , что соответствует относительной погрешности определения χ_H не более 1 %.

Лабораторная зависимость $\chi_H(S)$ представлена на рис. 1б. В диапазоне значений $0 < S < 1\text{‰}$, характерных для поверхностных вод исследуемой акватории южнее Тазовской губы, коэффициент χ_H практически не зависит от величины S . Таким образом, определение солености поверхностных вод со значениями S менее 1 ‰ на основе данных радиометра MIRAS (1,41 ГГц) не представляется возможным.

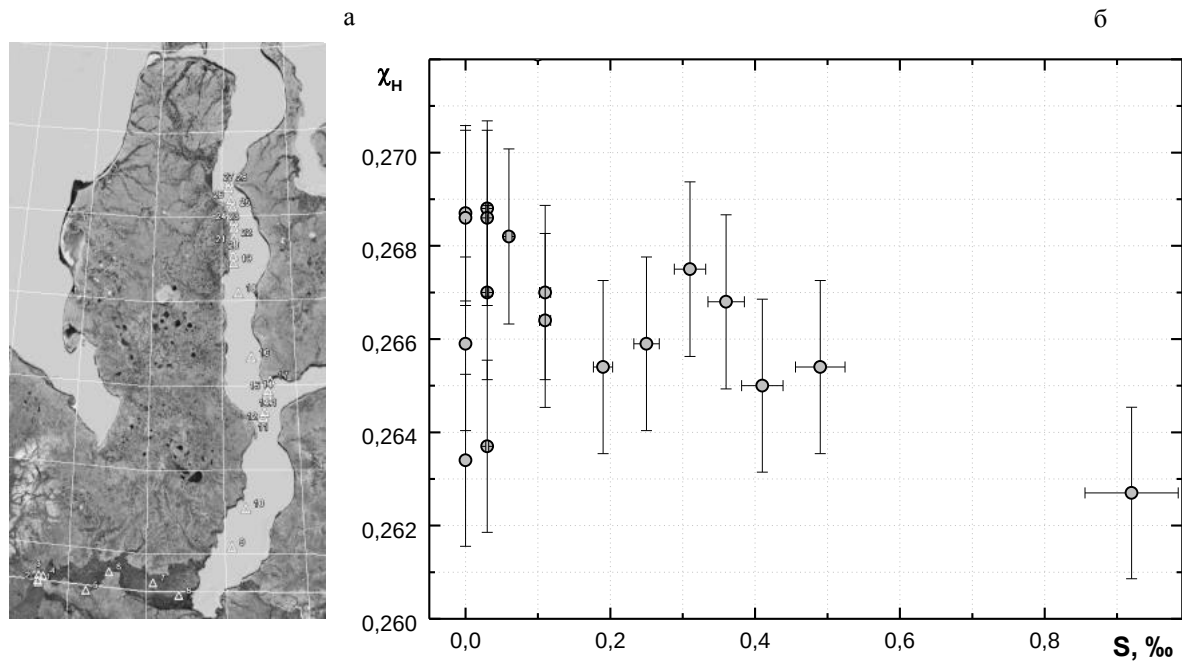


Рис. Схема расположения пунктов отбора проб в акватории Обской губы (а); лабораторная зависимость коэффициента излучения χ_H от величины S (б).

Продукты SMOS предоставлены в рамках проекта ESA № 4747 «Remote mapping of Siberian saline soils». Экспедиционные исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-05018) и Некоммерческого партнерства «Межрегиональный экспедиционный центр «Арктика» (соглашение №10-Э от 13.07.2015).

Список литературы

1. Завьялов П.О., Ижицкий А.С., Осадчиев А.А., Пелевин В.В., Грабовский А.Б. Структура термохалинных и биооптических полей на поверхности Карского моря в сентябре 2011 г. // Океанология. – 2015. – Т. 55. – № 4. – С. 514.
2. Зацепин А. Г., Завьялов П. О., Кременецкий В.В., Поярков С.Г., Соловьев Д.М. Поверхностный опресненный слой в Карском море 2010 г. // Океанология. – 2010 – Т. 50. – № 5. – С. 698-708.
3. Зацепин А.Г., Кременецкий В.В., Кубряков А.А., Станичный С.В., Соловьев Д.М. Распространение и трансформация вод поверхностного опресненного слоя в Карском море // Океанология. – 2015. – Т. 55. – № 4. – С. 502.
4. Журбас Н.В., Завьялов П.О. О влиянии стратификации на ветровой перенос речного стока в Карском море // Океанология. – 2015. – Т. 55. – № 6. – С. 916.
5. Кубряков А.А., Станичный С.В., Зацепин А.Г., Кременецкий В.В. Распространение речных вод в Черном и Карском морях по спутниковым измерениям уровня, солености и хлорофилла А // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2013. – № 27. – С. 394-398.
6. Глуховец Д.И., Гольдин Ю.А. Исследование биооптических характеристик вод карского моря с использованием данных спутниковых и судовых измерений // Современ-

ные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11. – № 4. – С. 346-350.

7. Gutierrez A., Castro R. SMOS L1 Processor L1c Data Processing Model, Issue 2.7, 2010. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.smos.com.pt/downloads/release/documents/SO-DS-DME-L1PP-0009-DPM-L1c.pdf>.

8. Sahr K., White D., Kimerling A.J. Geodesic Discrete Global Grid Systems // Cartography and Geographic Information Science. – 2003. – V. 30. – № 2. – P. 121-134.

9. Font J., Boutin J., Reul N., Spurgeon P., Arias M., Ballabrera J., Guimbard S., Martin N., Martínez J., Olmedo E., Portabella M., Tenerelli J., Turiel A., Vergely J.L., Yin X., Delwart S., Sabia R. SMOS L2 OS Algorithm Theoretical Baseline Document. – Issue 3.11, 2014 [Электронный ресурс]. – URL: https://earth.esa.int/documents/10174/1854519/SMOS_L2OS-ATBD.

10. Pinori S., Crapolicchio R., Mecklenburg S. Preparing the ESA-SMOS mission – Overview of the User Data Products and Data Distribution Strategy. 10th Specialist Meeting on Microwave radiometry and remote sensing of the environment (μ RAD'08). – 11-14 March 2008. – Florence (Italy), 2008.

11. Sverdrup H.U., Johnson M.W., Fleming R.H. The oceans. Their physics, chemistry, and general biology. – 1942. – 1104 p.

12. Комаров С.А., Миронов В.Л., Романов А.Н. Аэрокосмическое зондирование гидрологического состояния почв радиофизическими методами. – 1997. – 103 с.

ОНКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЛОКТЕВСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А.О. Ковригин¹⁻², А.В. Пузанов¹, А.Ф. Лазарев²

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН,
anton-kovrigin@yandex.ru

² Алтайский филиал Российского онкологического научно-
го центра им. Н.Н. Блохина Министерства здравоохра-
нения Российской Федерации, *aoc@ctmed.ru*

В Алтайском крае на территории приграничного с Казахстаном Локтевского муниципального района сложился специфический полифакторный загрязняющий комплекс среды [1-6]. Кроме техногенного загрязнения ландшафтов тяжелыми металлами и последствиями ликвидации Алтайского горно-обогатительного комбината в г. Горняке [7-9], территория района в большей степени, чем другие районы края, подвержена дополнительному локальному техногенному загрязнению в результате трансграничных переносов с Жезкентского горно-обогатительного комбината Республики Казахстан [10]. Особую роль в формировании загрязняющего комплекса среды района оказали радиоактивные загрязнения, связанные с ядерными испытаниями на Семипалатинском полигоне республики Казахстан [11]. Следует отметить, что экологическое неблагополучие обусловлено еще и региональными особенностями территории, связанными с орографическими, геоморфологическими и климатическими характеристиками, от которых прежде всего, зависят уровни накопления и перераспределения основных загрязняющих веществ.

Территория района характеризуется неблагоприятной демографической и миграционной ситуацией, низким уровнем жизни и социальной нестабильностью, высоким

уровнем заболеваемости [12-16]. Среди приграничных районов края максимальный уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями населения отмечается в Локтевском районе ($557,10 \cdot 10^5$, для сравнения в Чарышском районе – $335,29 \cdot 10^5$) и превышает среднекраевые показатели на протяжении последних лет [15].

В процессе исследования онко-эпидемиологической ситуации был проведен анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения, проживающего на территории сельских муниципальных образований Локтевского района Алтайского края. Изучена заболеваемость одной из ведущих локализаций в структуре онкологических заболеваний присущей населению – злокачественными новообразованиями легкого [16-18].

Нами проведено эпидемиологическое исследование заболеваемости злокачественными новообразованиями легкого у населения сельских населенных пунктов Локтевского района за период с 2000 по 2010 гг. В расчетах использовались диагнозы, установленные пациентам впервые в жизни. На основании полученных результатов была создана картосхема заболеваемости злокачественными новообразованиями населения района в разрезе территорий сельских советов. В качестве показателя сравнения при ранжировании использовался показатель заболеваемости злокачественными новообразованиями легкого у населения, проживающего на территории края за такой же период. Результаты ранжирования территории Локтевского района по показателям заболеваемости населения злокачественными новообразованиями легкого приведены на рисунке.

Исходя из полученных результатов, были сформированы три ранга:

– к первому рангу относятся территории Золотухинского, Успенского, Новенского и Кировского сельских советов с показателем заболеваемости от $29,0 \cdot 10^5$ до $53,2 \cdot 10^5$

населения, где показатель ниже среднего уровня по краю ($57,11 \cdot 10^5$);

– ко второму рангу относятся территории Александровского, Устьянского, Покровского, Гилевского, Второкаменского, Новомихайловского, Ермошихинского, Локтевского, Масальского, Самарского и Николаевского сельских советов, с показателем заболеваемости от $58,28 \cdot 10^5$ до $101,24 \cdot 10^5$ населения, превышающим средний показатель края до 100 %;

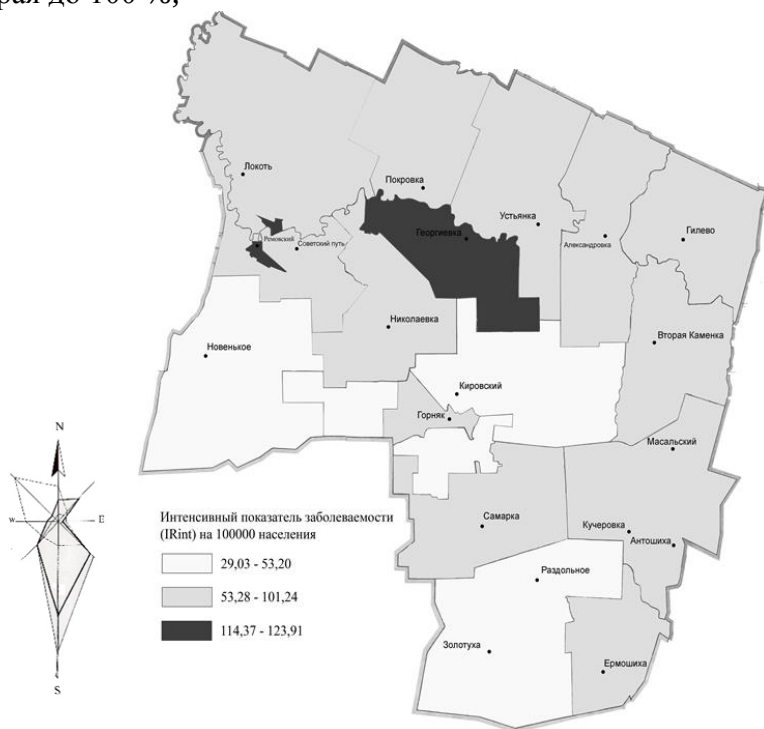


Рис. Заболеваемость злокачественными новообразованиями легкого населения Локтевского района Алтайского края, 2000-2010 гг.

Роза преобладающих ветров Локтевского района

– к третьему рангу относятся территории Ремовского и Георгиевского сельских советов с показателями заболеваемости $114,37 \cdot 10^5$ и $123,91 \cdot 10^5$ населения, соответственно, превышающими среднекраевой показатель более, чем в 2 раза.

В результате ранжирования территории сельских советов Локтевского района по заболеваемости населения злокачественными новообразованиями легкого наблюдается ухудшение онко-эпидемиологической ситуации по вектору преобладающих ветров южного и юго-западного направления.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2013 г.у». – Барнаул, 2014. – 114 с.

2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Алтайском крае в 2013 г.» – Барнаул, 2014. – 274 с.

3. Основные показатели социально-экономического положения муниципальных районов и городских округов Алтайского края: ст. сб. – Барнаул, 2010. – 276 с.

4. Экологическая экспертиза Локтевского района как территории с повышенной антропогенной нагрузкой / Ю.И. Винокуров, З.Н. Замятина, А.Е. Каплинский, В.В. Кириллов, Б.А. Красноярова, и др. // Экология ландшафта и планирование землепользования: тез. докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11-12 сентября 2000 г.). – Новосибирск, 2000. – С. 46-49.

5. Соломатина Н.Г., Малкова Н.Н. Медико-экологические проблемы применения пестицидов в степной и лесостепной зонах Алтайского края (Локтевский и Тальменские районы) // Географические проблемы Алтайского края: тез. научно-практ. конф. – Барнаул, 1991. – С. 138-142.

6. Алейников М.В. Сельское хозяйство Алтайского края в период освоения целинных и залежных земель. Конец 1953-1964 гг.: дисс... канд. ист. наук. – Бийск, 2004. – 221 с.

7. Загрязнение почв, травянистых и древесных растений урбосистем крупных городов юга Западной Сибири (Барнаул, Бийск, Горняк) / А.В. Пузанов, С.В. Бабошкина, И.В. Горбачев, И.А. Егорова // Современные проблемы загрязнения почв: сб. матер. III Междунар. науч. конф. – М., 2010. – С. 154-157.

8. Загрязнение окружающей среды под влиянием горно-добывающих и горно-перерабатывающих предприятий Алтая / А.В. Пузанов, Ю.В. Робертус, И.В. Горбачев и др. // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 6. – С. 28-32.

9. Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Горбачев И.В. Тяжелые металлы в компонентах техногенных озер района Алтайского ГОКа // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 2. – С. 11-13.

10. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Пузанов А.В. О проблеме трансграничного переноса отходов предприятий Восточного Казахстана на территорию Алтая // Мир науки, культуры, образования – 2010. – №4(2). – С. 287-289.

11. Последствия радиационного воздействия ядерных испытаний населения Алтайского края и меры по его социальной защите. – Барнаул, 2003. – 412 с.

12. Рыбкина И.Д. Проблемы и перспективы демографического развития Алтайского края // Вест. Алт. академии экономики и права. – 2012. Вып. 4 (27). – С. 11-15.

13. Стоящева Н.В., Рыбкина И.Д. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне Иртыша // География и природные ресурсы, 2013. – № 1. – С. 26-32.

14. Перспективы сотрудничества приграничных районов Большого Алтая / Б.А. Красноярова, И.Д. Рыбкина, С.Г. Платонова, Н.В. Стоящева // Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных ре-

гионов (матер. X междунар. конф., г. Ховд, 20-21 августа 2011 г.). Т. II. – Ховд-Томск, 2011. – С. 415-418.

15. Ковригин А.О., Губина Г.Г. Лубенников В.А. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения приграничных территорий Алтайского края // Новые методы в онкологической практике: матер. Российской научно-практ. конф. с междунар. участием 23-26 июня 2013 г., г. Барнаул. – Барнаул, 2013. – С. 201-203.

16. Лазарев А.Ф., Федоскина А.В. Злокачественные новообразования в Алтайском крае в 2013 году // Таргетная терапия в онкологии: матер. Российской научно-практ. конф. с междунар. участием 19-20 июня 2014 г., г. Барнаул. – Барнаул, 2014. – С. 3-4.

17. Агеев А.Г., Нечунаев В.П., Федоскина А.В. и др. Динамика заболеваемости раком легкого в Алтайском крае с 1980 по 2014 гг. // Инновационные подходы в онкологии: матер. Российской научно-практ. конф. с междунар. участием 18-19 июня 2015 г., г. Барнаул. – Барнаул, 2015. – С. 10.

18. Шойхет Я.Н., Лазарев А.Ф., Агеев А.Г. Рак легкого в Алтайском крае. – Барнаул, 2006. – 158 с.

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА А ФИТОПЛАНКТОНА В ВЕРХНЕЙ ОБИ

А.В. Котовщиков, Л.А. Долматова
kotovschik@iwep.ru

Изучение динамики речного фитопланктона привлекает недостаточное внимание исследователей. В речных системах, в отличие от озер, преобладают физические взаимодействия, а биотические связи подавляются или менее выражены. Многолетние ряды наблюдений позволяют выделить наиболее значимые факторы происходящих изме-

нений и могут быть использованы для целей моделирования и прогнозирования [1-3].

Целью работы стало изучение природных закономерностей сезонной и межгодовой динамики концентрации хлорофилла *a* фитопланктона в Верхней Оби, оценка ее трофического статуса и качества воды.

Исследования проводили в 2012-2015 гг. на реке Обь в черте г. Барнаула в створе автомобильного (коммунального) моста. Створ расположен на 234-м км от слияния рек Бия и Катунь, ниже городских водозаборов и выше влияния сточных вод. Отбор проб воды, измерение температуры и прозрачности производили с моста и с берегов еженедельно в период открытой воды на трех станциях створа в поверхностном слое. В течение подледных периодов пробы отбирали 2-3 раза за сезон. Фитопланктон концентрировали на мембранных фильтрах «Владипор» с диаметром пор 0,8 мкм. Содержание хлорофилла *a* анализировали стандартным спектрофотометрическим методом [4-5]. Для определения гидрохимических показателей использовали стандартные методики [6].

Динамика содержания хлорофилла *a* (Хл *a*) в воде как показателя количества переносимого рекой фитопланктона отличалась в разные годы. Максимальное содержание пигмента (до 37,3 мг/м³) наблюдали в июне маловодного 2012 г. при отсутствии половодья, обычного для этого периода. Дальнейшая динамика количества Хл *a* в воде была сопряжена с пиками гидрографа.

В 2013 г. период вегетации фитопланктона был сильно укорочен из-за длительного весенне-летнего половодья, максимальный уровень которого пришелся на начало июля. Содержание Хл *a* до первой декады июля не превышало 6,5 мг/м³. Невысокий летний максимум достигал в июле 14,7 мг/м³. Спад концентрации Хл *a* (до 3,0 мг/м³) в конце августа, вероятно, был вызван мощным дождевым

паводком в горной части бассейна. Кратковременный, но высокий осенний максимум $\text{Хл } a$ (до $28,5 \text{ мг/м}^3$) отмечен во второй декаде сентября.

В 2014 г. первый максимум $\text{Хл } a$ (до $14,5 \text{ мг/м}^3$) наблюдали в середине мая после спада относительно невысокой первой волны половодья. Последовавшая в июне депрессия развития фитопланктона (до $1,5 \text{ мг Хл } a/\text{м}^3$) была обусловлена аномальным паводком. Летне-осенний максимум $\text{Хл } a$ был сравнительно высоким (до $20,5 \text{ мг/м}^3$) и продолжительным (около месяца).

В 2015 г. весной концентрация $\text{Хл } a$ достигла максимума на спаде половодья (до $9,0 \text{ мг/м}^3$). Активная летняя вегетация фитопланктона началась в конце июня после окончания половодья (содержание $\text{Хл } a$ возросло до $19,9 \text{ мг/м}^3$) и продолжалась до второй декады сентября. Спад в первой декаде июля (до $8,8 \text{ мг/м}^3$) был обусловлен прохождением волны дождевого паводка.

Таким образом, период вегетации фитопланктона Верхней Оби сдвинут на более поздние сроки, чем в других равнинных реках [7], часто формируется сентябрьский максимум. Раннелетний пик фитопланктона проявлялся только в маловодные годы, при отсутствии половодья.

Для анализа связи динамики содержания $\text{Хл } a$ с параметрами водной среды ряды данных за все исследованные годы были разбиты на периоды согласно фазам водного режима. Были рассчитаны ранговые корреляции Спирмена. Отмечается положительная связь $\text{Хл } a$ с температурой воды, значимая только в период летне-осенней межени. В годы с высоким сентябрьским максимумом фитопланктона, когда температура воды ниже, чем летом, эта связь была очень слабой или отрицательной. Самая сильная связь $\text{Хл } a$ с температурой воды отмечена в 2015 г. когда максимум вегетации пришелся на середину лета.

Положительная связь Хл *a* с прозрачностью обнаруживается в периоды половодья, когда ухудшение световых условий в воде сдерживает рост фитопланктона. Осенью обнаруживается обратная связь, когда количество фитопланктона в воде определяет ее прозрачность.

Сильная положительная связь Хл *a* с показателем БПК₅ отмечается летом, в период активной вегетации фитопланктона. Высоких значимых связей с перманганатной окисляемостью практически не наблюдалось, за исключением периода зимней межени, когда незадолго до вскрытия льда немного повышается Хл *a* и в то же время значительно увеличивается окисляемость.

Связь содержания Хл *a* с фосфатами проявляется только в периоды их более высоких концентраций, т.е. во время половодья. Эта связь представляется косвенной, т.к. наибольшие концентрации фосфатов характерны для периодов наивысших уровней, когда развитие фитопланктона сдерживается другими факторами, в частности, низкой прозрачностью. Подобный же характер имеет связь Хл *a* с содержанием ионов аммония.

Содержание нитратов в воде и концентрация Хл *a* во время спада половодья положительно связаны. При относительно низкой температуре воды в этот период, вероятно, содержание нитратов лимитирует количество фитопланктона в реке. Летом ситуация обратная, и количество фитопланктона (Хл *a*) определяет содержание в воде нитратов, т.е. происходит их потребление клетками водорослей, в результате снижается их концентрация.

Для анализа многолетней динамики содержания Хл *a* были определены следующие показатели: среднегодовое значение Хл *a*, величина годового максимума Хл *a*, среднегодовая температура воды и продолжительность активной вегетации планктонных водорослей. Среднегодовую концентрацию Хл *a* определяли как среднеарифметическое

из ежедневных значений за период с 1 апреля по 30 ноября ($n=244$). Значения за каждый день получены методом линейной аппроксимации между сроками отбора проб. Годовой максимум определяли, как наибольшее среднее по створу значение. Начало и конец летне-осенней вегетации фитопланктона считали по устойчивому переходу средних по створу значений Хл *a* через 10 мг/м^3 .

Все показатели годового развития фитопланктона были максимальны в маловодный 2012 г. Средние по водности 2014 и 2015 гг. были близки по среднегодовому значению Хл *a*, но 2014 г. заметно уступал по величине годового максимума и продолжительности вегетации. Наименее продуктивным оказался многоводный 2013 г., хотя короткий осенний максимум был относительно высоким.

Годовая продуктивность как водных, так и наземных фитоценозов зависит от суммы температур вегетационного сезона. Показано, что в течении летне-осенней межени количество Хл *a* в воде зависит от ее температуры. Поэтому для сравнения вегетационных сезонов разных лет целесообразно использовать сумму температур воды за год или среднее годовое ее значение. Выявлено, что среднегодовая концентрация Хл *a* прямо пропорциональна среднегодовой температуре воды.

По комплексной экологической классификации качества вод [8], средние за апрель-ноябрь значения содержания Хл *a* в р. Обь соответствовали 2 классу, разрядам «очень чистые» (2013-2015) и «вполне чистые» (2012). В соответствии с международной классификацией природных вод по трофическому статусу [9] средние и максимальные значения концентрации Хл *a* в р. Обь соответствуют концу диапазона мезотрофных вод (среднее – от 6, максимальное – от 19 мг/м^3) и началу диапазона эвтрофных вод (среднее – до 11, максимальное – до 35 мг/м^3). Таким образом, р. Обь по уровню развития фитопланктона

соответствует пограничному состоянию мезотрофно-эвтрофных вод. Трофический статус реки повышается в маловодный год и находится в прямой зависимости от среднегодовой температуры воды.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН за помощь при отборе проб.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук: проект VIII.76.1.3. «Исследование внутриводоемных процессов и динамики экосистем водных объектов Сибири, включая субарктическую зону».

Список литературы

1. Reynolds C. S., Descy J.-P., Padisak J. (eds) Are phytoplankton dynamics in rivers so different from those in shallow lakes? // *Hydrobiologia*. – 1994. – Vol. 289. – P. 1-7.

2. Hardenbicker P., Rolinski S., Weitere M., Fischer H. Contrasting long-term trends and shifts in phytoplankton dynamics in two large rivers // *International review of hydrobiology*. – 2014. – Vol. 99. – No. 4. – P. 287-299.

3. Veraszto C., Kiss K.T., Sipkay C. et al. Long-term dynamic patterns and diversity of phytoplankton communities in a large eutrophic river (the case of River Danube, Hungary) // *Applied ecology and environmental research*. – 2010. – Vol. 8. – No. 4. – P. 329-349.

4. ГОСТ 17.1.4.02-90. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. – М., 2003. – С. 587-600.

5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб., 1992. – 320 с.

6. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Ростов н/Д., 2009. – Ч. 1. – 1046 с.

7. Котовщиков А.В., Кириллова Т.В. Сезонная динамика пигментных характеристик фитопланктона разнотипных

рек бассейна Верхней Оби // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 6. – С. 72-77.

8. Оксийук О.П., Жукинский В.И., Брагинский Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – № 29 (4). – С. 62-76.

9. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. – 2004. – Report No. – P. 1-18.

ПОСТУПЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА В РЕКИ ПИВОВАРКА, БАРНАУЛКА, ОБЬ В ПЕРИОД СНЕГОТАНИЯ

О.М. Лабузова, М.С. Лысенко, Т.В. Носкова, Т.С. Папина
*tom9292@mail.ru, m_l_s_55@mail.ru, ntv.lady@yandex.ru,
papina@iwep.ru*

Нефтяные углеводороды являются наиболее распространенными загрязняющими веществами антропогенного происхождения, присутствующими в окружающей среде [1]. Даже небольшие концентрации нефтепродуктов при длительном воздействии на живые организмы представляют экологическую опасность [2-3]. Источником их антропогенной эмиссии в атмосферу являются выбросы промышленных предприятий и автомобильные выхлопы. В качестве объекта мониторинга можно использовать снежный покров как интегральный показатель загрязненности воздушной среды [4]. Из многочисленных литературных источников [7-9] известно, что снежный покров особенно загрязнен вдоль городских дорог, поэтому его утилизация требует конструктивных и экологически безопасных ре-

шений. Однако в большинстве городов, в т.ч. в г. Барнауле, грязный снег свозится на определенные городской администрацией места складирования, зачастую расположенные в водоохранной зоне рек. Так как основное питание реки Азиатской части России получают во время снеготаяния, то в этот период происходит максимальный смыв загрязняющих веществ с водосборной площади в природные водотоки [5]. Вследствие этого изучение содержания поллютантов в городском снежном покрове является важной информацией как для прогноза качества речных вод, так и для оценки антропогенной нагрузки на водные объекты.

Целью данного исследования была оценка поступления нефтепродуктов (НП) в р. Обь и ее притоки (реки Пивоварка и Барнаулка) с территории города Барнаула во время снеготаяния для расчета и прогноза уровня техногенной нагрузки на речные воды в этот период года.

Для этого в марте 2015 г. в разных районах г. Барнаула были отобраны пробы снега: 6 – территория города снег (на всю глубину его залегания), 3 – снегоотвалы, на которые в течение зимнего периода вывозился загрязненный снег при его уборке с городских дорог и улиц. На рисунке 1 представлена карта-схема отбора проб. Здесь точки 1 и 4 находятся вблизи крупных транспортных развязок, 2 и 5 – расположены в промышленных зонах города, 3 и 6 – находятся в жилой зоне. Точка 7 соответствует снегоотвалу на берегу р. Пивоварка, 8 – снегоотвалу на берегу р. Барнаулка, 9 – снегоотвалу на о. Помазкин (р. Обь).

Таяние снега проводили при комнатной температуре в стеклянной посуде. Нефтепродукты в пробе определяли флуориметрическим методом на анализаторе жидкости Флюорат-02-3М по соответствующей методике анализа [6].

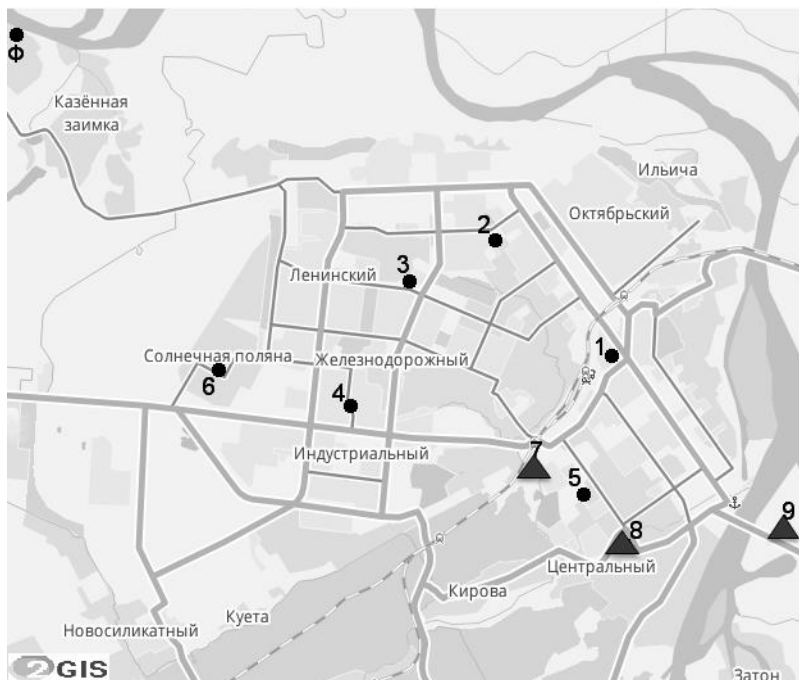


Рис. 1. Карта-схема отбора проб

Как видно из графика (рис. 2), наиболее высокие концентрации нефтепродуктов отмечены в точках 1 и 4, вблизи которых находятся крупные транспортные магистрали города, а также в точке 5, расположенной рядом с частным сектором, где используется печное отопление. Содержание нефтепродуктов в точках городского снежного покрова, как правило, в 5 раз превышает фоновые значения. Это свидетельствует о значительном загрязнении атмосферы в отдельных районах города.

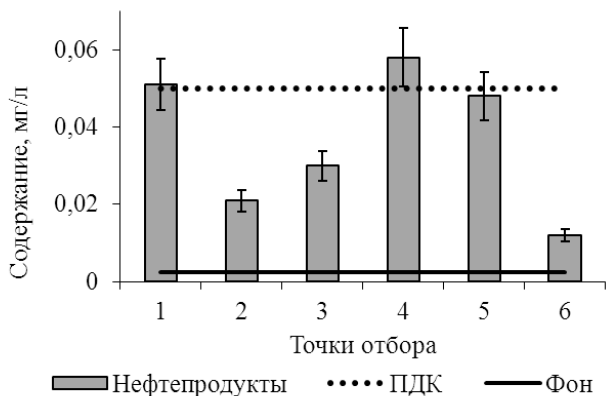


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в снежном покрове

Однако в талой воде городского снега выше предельно допустимой концентрации нефтепродуктов для водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{р.х.}), какими является р. Обь и ее притоки в черте г. Барнаула, либо отсутствует (точки 2, 3 и 6), либо оно незначительное (точки 1 и 4, в пределах погрешности флуориметрического метода).

На рисунке 3 показаны фотографии исследуемых снегоотвалов, а на рисунке 4 – результаты определения нефтепродуктов в этих снегоотвалах.

Содержание нефтепродуктов в талой воде снега, собранного на городских снегоотвалах, превышает предельно допустимые концентрации для природных вод и средние значения в городском снежном покрове более чем в 100-1000 раз. Из графика (рис. 4) видно, что содержание нефтепродуктов имеет максимальные значения в точке 7 (берег р. Пивоварка), в которую свозится снег, собранный с железнодорожных путей и автодорог Железнодорожного района города.



а



б



в

Рис. 3. Снегоотвалы на берегах рек:

а – р. Пивоварка (ул.Силикатная 22), б – р. Барнаулка (ул. Правый берег пруда 394), в – р. Обь (о. Помазкин)

Зная концентрацию НП, а также плотность, приблизительно площадь и высоту снегоотвалов, рассчитали содержание НП в объеме этих снегоотвалов в пересчете на

водный эквивалент. Если принять, что полное таяние снегоотвала в среднем происходит в течение двух недель и не брать в расчет объем воды, испарившейся и впитавшийся в почвенный покров, то, используя данные о среднегодовом расходе воды в апреле, можно установить, какой максимальный объем нефтепродуктов поступит в реки Пивоварка, Барнаулка и Обь из снегоотвалов г. Барнаула и какую концентрацию НП могут достигать в воде этих рек за период снеготаяния (табл.).

Из результатов таблицы 1 следует, что при таянии снегоотвалов, расположенных на берегах Пивоварки, Барнаулки и Оби, в эти реки попадут достаточно большие количества нефтепродуктов.

Однако для Оби с большим объемом водного стока это загрязнение существенного вреда не окажет, но малые городские реки, например, такие, как Барнаулка и Пивоварка, испытывают большое негативное техногенное воздействие в период снеготаяния. Содержание нефтепродуктов в снегоотвалах на берегу р. Пивоварки по расчетным данным может составить 24 ПДК_{р.х.}, в Барнаулки – 2 ПДК_{р.х.}.

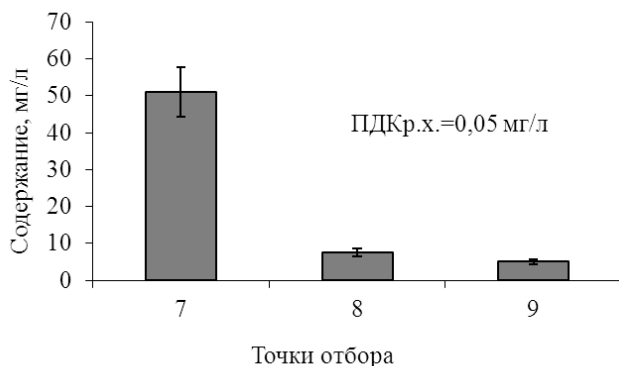


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов в снегоотвалах г. Барнаула

Таблица

Расчётная концентрация нефтепродуктов (НП) в речной воде и оценка общего их количества, поступившего в реки Пивоварка, Барнаулка и Обь из городских снегоотвалов за период снеготаяния

Реки	Общее содержание НП в снегоотвале, кг	Среднегодовой расход воды в апреле, м ³ /с	Расчетная концентрация НП в реке, мг/л
Пивоварка	2084	1,5	1,2
Барнаулка	2377	18,6	0,11
Обь	2500	5350	0,0003

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований, можно сделать следующие выводы.

1. Среднее содержание нефтепродуктов в талой воде снежного покрова г. Барнаула в 5-20 раз выше фоновых значений, но не превышает ПДК_{р.х.}. Поэтому поступление нефтепродуктов с городской территории в процессе снеготаяния не нанесет вреда экологии прилегающих водных объектов (реки Обь, Барнаулка и Пивоварка).

2. Содержание нефтепродуктов в пробах талого снега, отобранных со снегоотвалов, превышает его средние значения в талой воде городского снежного покрова и ПДК_{р.х.} для природных вод в 100-1000 раз. Нефтепродукты в большом объеме, поступившие при таянии снегоотвалов, будут оказывать значительное негативное воздействие на малые городские реки.

Список литературы

1. Василенко Ю.Г., Корилов А.М., Орнацкая Г.Н. Экологический контроль органических загрязнителей (нефтепродуктов, жиров и НПАВ) в водных объектах // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 9. – С. 3-5.

2. Noyo Edema. Effects of Crude Oil Contaminated Water on the Environment // Crude Oil Emulsions – Composition Stability and Characterization. – 2012. – P. 169-180.

3. Zhibing Jiang, Yijun Huang, Xiaoqun Xu, Yibo Liao, Lu Shou, Jingjing Liu, Quanzhen Chen, Jiangning Zeng. Advance in the toxic effects of petroleum water accommodated fraction on marine plankton // Acta Ecologica Sinica. – 2010. – № 30. – P. 8-15.

4. Шумилова М.А., Садидуллина О.В., Петров В.Г. Исследование процесса накопления загрязняющих веществ городской атмосферы в снежном покрове на примере г. Ижевска // Вест. УдГУ. – 2012. – № 4-2. – С. 87-93.

5. Ларин С.И., Физико-географические условия формирования качества поверхностных вод Западной Сибири // Вест. ТюмГУ. – 2011. – № 12. – С. 70-77.

6. ПНД Ф 14.1:2.4.128-98. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». – М., 1998. – 25 с.

7. Чооду О.А. Взаимодействие автотранспортного комплекса с окружающей средой // Вест. ТувГУ. – 2011. – № 3. – С. 72-82.

8. Юрченко В.А, Мельникова О.Г. Эмиссия нефтепродуктов, создаваемая дорожными инфраструктурными комплексами // Вест. ХНАДУ. – 2014. – № 64. – С. 134-139.

9. Маврин В.Г., Падемирова Р.М., Мансурова А.И. Влияние интенсивности автотранспорта на загрязненность снежного покрова // Междунар. научно-исслед. журн. – 2014. – № 11-2 (30). – С. 51-54.

РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ И СЧЁТНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДЕ ОЗЁР АЛТАЙСКОГО КРАЯ

М.Е. Литвих, К.Ю. Эккердт, О.Б. Акулова
litvihmaksim@mail.ru, ekkerdt@mail.ru, akulova8282@mail.ru

В комплексном экологическом мониторинге водных экосистем важное место уделяется изучению взвешенного вещества, которое, в свою очередь, влияет на многие характеристики водных объектов, таких как прозрачность воды, температура, состав растворённых соединений, а также на структуру и распределение донных отложений, скорость осадкообразования [1, 2]. Взвесью (сестоном) принято считать частицы разнообразного происхождения – терригенного, биогенного, вулканогенного, хемотрогенного, космогенного, пассивно взвешенные в воде и имеющие размеры от 0,5 мкм до 1 мм [3]. Концентрация взвешенных в воде частиц связана с климатической сезонностью и гидрохимическим режимом исследуемого водного объекта, а также зависит от различных антропогенных факторов [4].

Взвешенное вещество в воде озёр Алтайского края недостаточно изучено, поэтому *целью настоящей работы* является экспериментальное определение среднего размера и средней концентрации частиц взвеси в поверхностном слое исследуемых водоёмов в различные сезоны года с помощью метода оптической микроскопии.

Основными *водными объектами* для исследования были выбраны три пресноводных озера Алтайского края: Лапа, Красиловское и Большое Островное. Водоёмы отличаются по происхождению и положению в ландшафте, по морфологии, проточности и степени трофности, т.е. являются разнотипными.

Изучение взвеси как дисперсной системы требует комплексного подхода – соединения воедино гидрооптических, биофизических и геохимических характеристик водных объектов [5]. Разнообразие методов дисперсионного анализа связано с тем, что для всех методов существуют ограничения по областям размеров частиц.

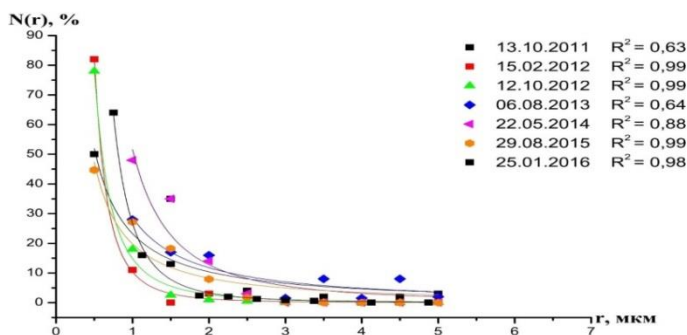
Метод оптической микроскопии позволяет получать изображение частиц, которое возможно проанализировать как вручную, так и автоматически [6–10]. Измерения размера частиц проводят с помощью окуляр-микрометра, хотя можно применять объект-микрометр либо по фотографиям после микрофотографирования и увеличения изображения объектов. Разрешающая способность оптического микроскопа составляет примерно 0,2 мкм. Однако для определения размера частица должна быть не менее 1 мкм, т.к. только в этом случае возможно точное воспроизведение её формы. Для частиц меньших размеров применяют метод счёта. В этом случае по изображению определяют число частиц в образце и по известной массе образца и плотности вещества вычисляют радиус частиц.

Количество и размеры частиц взвеси определялись с использованием счётной камеры Нажотта и светового микроскопа Nikon Eclipse 80i. В период 2011–2016 гг. было обработано 38 проб озёрной воды, 310 микрофотографий с общим количеством частиц 24262 штуки, что обеспечивало статистическую достоверность полученных результатов. Особенностью в распределении частиц по размерам является увеличение их счётной концентрации с уменьшением радиуса. Распределение частиц по размерам может быть описано функцией типа Юнге [11]

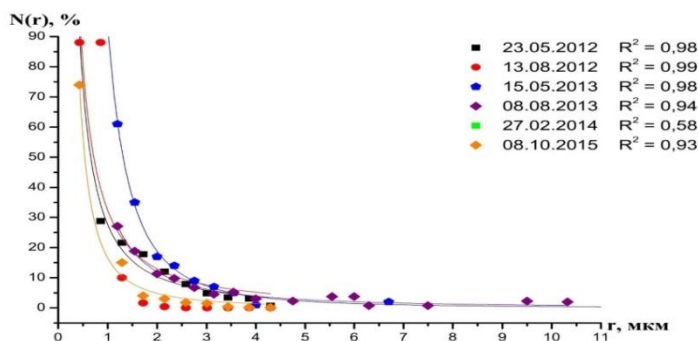
$$N = Ar^{-\gamma}, \quad (1)$$

где A – нормировочный множитель, N – концентрация частиц, γ – константа, которая по данным разных исследователей для океанов и морей варьирует от 0,7 до 6 [12].

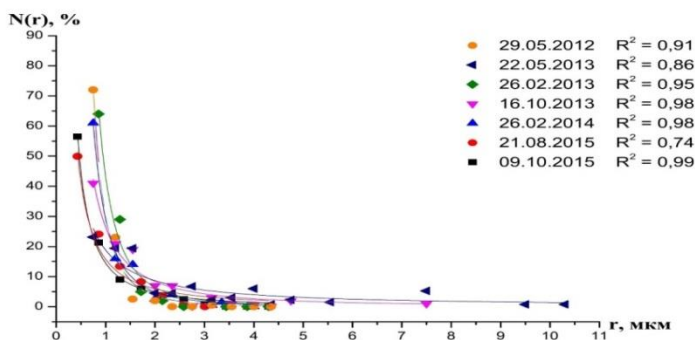
Результаты измерений распределения частиц по размерам в поверхностном слое озёр в период 2011–2016 гг. представлены на рисунке 1.



a



b



v

Рис. 1. Распределение частиц взвеси по радиусу в озёрах:
a – Лапа, *б* – Красиловское, *в* – Большое Островное

Здесь $N(r)$ – относительное содержание частиц с радиусом r в единице объёма, находящихся в интервале $[r, r \pm \Delta r]$.

По данным сезонных измерений методом оптической микроскопии размеры частиц в пробах озёр находились преимущественно в пределах 0,5–10 мкм по радиусу. При этом коэффициент детерминации R^2 находился в диапазоне от 0,58 до 0,99, что говорит об удовлетворительной аппроксимации. В результате получено, что средневзвешенный радиус частиц в поверхностном слое оз. Лапа за исследуемый период составил 1,1 мкм, в озёрах Красиловское и Большое Островное – 1,4 и 1,3 мкм, соответственно. Среднее значение счётной концентрации частиц взвеси в исследуемых озерах за период наблюдений изменялось в пределах от $0,2 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ до $9,7 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ и составило порядка $2,3 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ для оз. Лапа, $2,9 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ для оз. Красиловское и $3,8 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ для оз. Большое Островное. Результаты измерений размерного состава частиц взвеси исследуемых трёх разнотипных озёр Алтайского края показали, что распределение частиц по размерам можно аппроксимировать функцией типа Юнге, а параметр γ изменялся в пределах от 1 до 2.

В таблице 1 представлен результат экспериментального определения среднего размера и средней концентрации частиц взвеси в поверхностном слое исследуемых водоёмов в различные сезоны года с помощью оптического метода микроскопии.

В связи с тем, что перемещения частиц происходят преимущественно из-за броуновского движения, а остальные механизмы, которые могут привести к дополнительным перемещениям частиц (конвекция, вибрация, движение под действием силы тяжести и др.), сводились к минимуму в эксперименте, приведём результаты расчётов скорости (табл. 2) и времени (табл. 3 и 4) осаждения частиц с различным радиусом r и плотностью ρ при температуре, равной 21°C.

Таблица 1

Размер и концентрация взвешенных частиц
в поверхностном слое озёр

Озеро	Средневзвешенный радиус частиц, мкм	Счётная концентрация, 10^6 см^{-3}	Дата
Лапа	1,4	—	13.10.2011
	0,7	5,0	15.02.2012
	1,0	1,3	15.03.2012
	0,6	4,4	02.05.2012
	0,8	1,1	30.07.2012
	0,8	1,2	12.10.2012
	0,8	1,1	04.02.2013
	1,7	0,2	07.05.2013
	2,2	0,7	06.08.2013
	2,3	2,0	21.10.2013
	0,9	9,7	21.01.2014
	1,5	2,1	22.05.2014
	0,8	2,3	29.08.2015
	0,7	2,3	25.01.2016
Красиловское	0,8	1,9	23.05.2012
	0,8	3,0	13.08.2012
	0,9	1,7	31.10.2012
	0,8	0,7	05.02.2013
	2,4	1,3	15.05.2013
	2,5	1,0	08.08.2013
	2,5	1,3	23.10.2013
	1,3	8,3	27.02.2014
	1,6	9,5	15.05.2014
	0,5	2,2	08.10.2015
Большое Островное	0,9	1,7	29.05.2012
	0,7	2,2	17.08.2012
	0,9	1,6	30.10.2012
	1,0	5,2	26.02.2013
	2,3	1,5	22.05.2013
	3,6	5,0	13.08.2013
	1,4	5,3	16.10.2013
	1,0	9,0	26.02.2014
	1,4	3,5	23.05.2014
	0,6	3,6	21.08.2015
	0,9	3,3	09.10.2015

Примечание: «—» – данные не определялись

Таблица 2

Скорость осаждения минеральных и органических частиц
в воде

Радиус частиц r, мкм	Скорость осаждения частиц V, мкм/с			
	органические частицы	минеральные частицы		
	$\rho_1=1,01 \text{ г/см}^3$	$\rho_2=1,2 \text{ г/см}^3$	$\rho_2=1,7 \text{ г/см}^3$	$\rho_2=2,0 \text{ г/см}^3$
0,5	0,006	0,112	0,389	0,556
1,0	0,026	0,448	1,558	2,224
1,5	0,059	1,008	3,506	5,004
2,0	0,106	1,793	6,233	8,897
2,5	0,166	2,802	9,739	13,902
3,0	0,239	4,035	14,025	20,019
3,5	0,325	5,492	19,089	27,248
7,0	1,303	21,970	76,359	108,993
10,0	2,659	44,838	155,836	222,435

Таблица 3

Время осаждения органических частиц в воде

Радиус частиц r, мкм	Время осаждения t, с		
	h ₁	h ₂	h ₃
0,5	$6,8 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^4$
1,0	$1,7 \cdot 10^6$	$9,0 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^4$
1,5	$7,5 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^3$
2,0	$4,2 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^3$
2,5	$2,7 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^3$
3,0	$1,9 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^3$
3,5	$1,4 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$
7,0	$3,5 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^2$
10,0	$1,7 \cdot 10^4$	$9,0 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^2$

Для расчётов скорости осаждения сферических частиц в воде использовалась формула [13]

$$v = \frac{gV\Delta\rho}{6\pi\eta r}, \quad (2)$$

Таблица 4

Время осаждения минеральных частиц в воде

Радиус частиц r , мкм	Время осаждения t , с								
	$\rho_2=1,2 \text{ г/см}^3$			$\rho_2=1,7 \text{ г/см}^3$			$\rho_2=2,0 \text{ г/см}^3$		
	h_1	h_2	h_3	h_1	h_2	h_3	h_1	h_2	h_3
0,5	$4,01 \cdot 10^5$	$2,14 \cdot 10^5$	$4,46 \cdot 10^3$	$1,16 \cdot 10^5$	$6,16 \cdot 10^4$	$1,28 \cdot 10^3$	$8,09 \cdot 10^4$	$4,32 \cdot 10^4$	$8,99 \cdot 10^2$
1,0	$1,00 \cdot 10^5$	$5,35 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^3$	$2,89 \cdot 10^4$	$1,54 \cdot 10^4$	$3,21 \cdot 10^2$	$2,02 \cdot 10^4$	$1,08 \cdot 10^4$	$2,25 \cdot 10^2$
1,5	$4,41 \cdot 10^4$	$2,38 \cdot 10^4$	$4,96 \cdot 10^2$	$1,28 \cdot 10^4$	$6,84 \cdot 10^3$	$1,43 \cdot 10^2$	$8,99 \cdot 10^3$	$4,80 \cdot 10^3$	$9,99 \cdot 10^1$
2,0	$2,51 \cdot 10^4$	$1,34 \cdot 10^4$	$2,79 \cdot 10^2$	$7,22 \cdot 10^3$	$3,85 \cdot 10^3$	$8,02 \cdot 10^1$	$5,06 \cdot 10^3$	$2,70 \cdot 10^3$	$5,62 \cdot 10^1$
2,5	$1,61 \cdot 10^4$	$8,56 \cdot 10^3$	$1,78 \cdot 10^2$	$4,62 \cdot 10^3$	$2,46 \cdot 10^3$	$5,13 \cdot 10^1$	$3,24 \cdot 10^3$	$1,73 \cdot 10^3$	$3,60 \cdot 10^1$
3,0	$1,12 \cdot 10^4$	$5,95 \cdot 10^3$	$1,24 \cdot 10^2$	$3,21 \cdot 10^3$	$1,71 \cdot 10^3$	$3,56 \cdot 10^1$	$2,25 \cdot 10^3$	$1,20 \cdot 10^3$	$2,50 \cdot 10^1$
3,5	$8,19 \cdot 10^3$	$4,37 \cdot 10^3$	$9,10 \cdot 10^1$	$2,36 \cdot 10^3$	$1,26 \cdot 10^3$	$2,62 \cdot 10^1$	$1,65 \cdot 10^3$	$8,81 \cdot 10^2$	$1,83 \cdot 10^1$
7,0	$2,05 \cdot 10^3$	$1,09 \cdot 10^3$	$2,28 \cdot 10^1$	$5,89 \cdot 10^2$	$3,14 \cdot 10^2$	6,55	$4,13 \cdot 10^2$	$2,20 \cdot 10^2$	4,59
10,0	$1,00 \cdot 10^3$	$5,35 \cdot 10^2$	$1,12 \cdot 10^1$	$2,89 \cdot 10^2$	$1,54 \cdot 10^2$	3,21	$2,02 \cdot 10^2$	$1,08 \cdot 10^2$	2,25

где $\Delta\rho = \rho_{\text{частицы}} - \rho_{\text{воды}}$, $V = 4\pi r^3/3$, η – динамический коэффициент вязкости воды ($\eta=0,981 \cdot 10^{-3}$ Па·с при $T=21^\circ\text{C}$), T – температура воды, r – радиус частицы, V – объём частицы, g – ускорение свободного падения, t – время осаждения частиц, $\rho_{\text{частицы}}$ – плотность частицы, $\rho_{\text{воды}}$ – плотность воды (при $T=21^\circ\text{C}$ $\rho_{\text{воды}}=0,99802$ г/см³) [14].

Формула для расчёта времени осаждения частиц имеет вид

$$t=h/V, \quad (3)$$

где h – высота кюветы ($h_1=45 \cdot 10^3$ мкм, $h_2=24 \cdot 10^3$ мкм), h_3 – высота счётной камеры Нажотта, равная $0,5 \cdot 10^3$ мкм.

Как следует из таблиц 2–4 время осаждения органических частиц радиусом 0,5 мкм с высотой h_3 равно $7,5 \cdot 10^4$ с, для минеральных – $1,28 \cdot 10^3$ с (при $\rho_2=1,7$ г/см³), т.е. составляет достаточно длительное время. Для более крупных частиц с радиусом 10 мкм ситуация обстоит иначе. Время осаждения частиц с таким радиусом находится в пределах 2,25–190 с, т.е. частицы оседают достаточно быстро. Следовательно, для того, чтобы можно было определить размер и концентрацию всех частиц взвеси необходимо время, когда частицы с малым радиусом осядут в счётной камере Нажотта. Так, например, для минеральных частиц с плотностью $1,7$ г/см³ время осаждения составит около 22-х минут в счётной камере Нажотта.

Работа выполнена на основе научных результатов, полученных совместно с В.И. Букатым и И.А. Суторихиным.

Список литературы

1. Лисицын А.П. Процессы в водосборе Белого моря: подготовка, транспортировка и отложение осадочного материала, потоки вещества, концепция «живого водосбора» // Система Белого моря. Т. I. Природная среда водосбора Белого моря. – М., 2010. – С. 353-445.

2. Лисицын А.П. Гидрооптика и взвесь арктических морей // Оптика атмосферы и океана. – 2000. – Т.13. – № 1. – С. 70-79.
3. Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. Количественное распределение осадочного материала. – М., 1974. – 438 с.
4. Власенков Р.Е., Макштас А.П. Исследование пространственно-временных характеристик распределения взвеси в поверхностном слое шельфовых морей Российской Антарктики // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2012. – № 2(92). – С. 63-71.
5. Кравчишина М.Д. Вещественный состав водной взвеси Белого моря: автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. – М., 2007. – 35с.
6. Большаков Г.Ф. Оптические методы определения загрязненности жидких сред. Новосибирск, 1984. – 157 с.
7. Фрайфельдер Д. Физическая биохимия. – М., 1980. – 581 с.
8. Allen Terence Particle Size Measurement: Powder sampling and particle size measurement – London, 1997. – V.1:2: – P. 525.
9. Merkus Henk G. Particle Size Measurements: Fundamentals, Practice, Quality – Springer Science+Business Media B.V., 2009. – P. 536.
10. Xu Renliang Particle Characterization: Light Scattering Methods – New York, 2002. – P. 397.
11. Bader H. The hyperbolic distribution of particle sizes // J. Geophys. Res. –1970. – V.75 (15). – P. 2822-2830.
12. Ерлов Н.Г. Оптика моря. Л., 1980. – 248 с.
13. Ландсберг Г.С. Оптика: учеб. пособие. – М., 2003. – 848 с.
14. Таблицы физических величин: справочник / Под ред. И.К Кикоина. – М., 1976. – 1008 с.

МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ В ГОРНОМ АЛТАЕ

Н.С. Малыгина, *natmgn@gmail.com*

В докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [1] и Росгидромета об изменениях климата [2] показано, что наблюдаемые климатические изменения характеризуются различной степенью интенсивности, порой имеющей противоположный знак в отдельных регионах Земли. Среди основных причин, обуславливающих изменения в ключевых компонентах климатической системы [1, 3] выделяют следующее: изменения орбитальных параметров Земли и солнечной активности, интенсивность вулканической деятельности и увеличение эмиссии парниковых газов, а также динамики атмосферной циркуляции.

В резюмирующих частях докладов об изменении климата [1-2] однозначно показана необходимость четкого понимания возможного разнонаправленного влияния атмосферной циркуляции на настоящие и прогнозируемые климатические вариации в каждом конкретном регионе. При этом отмечается, что полярные и приполярные районы, а также горные территории являются наиболее уязвимыми регионами в этом отношении. В связи с этим необходимость изучения и оценки макроциркуляционных процессов, обеспечивающих атмосферные осадки в горных регионах, в частности, в Горном Алтае, является весьма актуальной.

Основываясь на ранее предложенном подходе, суть которого состоит в расчете количества осадков, выпадающих при определенном типе циркуляции по ежедневным данным [4-5], в настоящей работе для определения макросиноптических процессов, контролирующих поступление и

выпадение осадков в Горном Алтае, в качестве исходных данных использовали ежедневные данные «Календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ)» по Б.Л. Дзердзеевскому [7] и суточные данные о количестве атмосферных осадков, выпадавших по данным метеостанций: Кара-Тюрек, Кош-Агач, Кызыл-Озек, Усть-Кокса и Яйлю за период 1959-2012 гг. [6].

Классификация атмосферных циркуляционных процессов Б.Л. Дзердзеевского [8] основана на учете количества и направлений арктических вторжений (блокирующих процессов), выходов южных циклонов, а также на изменениях характера циркуляции атмосферы в Арктике. Выделен 41 подтип элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), они систематизированы в 13 типов, которые, в свою очередь, объединены в четыре группы (табл. 1) [9]. Ежедневные синоптические карты и карты барической топографии, служащие фактической основой для выделения ЭЦМ, дополнительно содержат в себе косвенную информацию о потоках влаги в атмосфере, поэтому через смену структур ЭЦМ можно также проследить изменения циркуляционных условий выпадения атмосферных осадков в изучаемом регионе.

Выполненная нами с помощью Манн-Кендалл-Снейрс теста [10-11] оценка данных по количеству атмосферных осадков, выпадающих в Горном Алтае в 1959-2012 гг., показала, что их режим характеризуется ступенчатым изменением в начале 1980-х гг. (рис.1). Данные результаты хорошо согласуются с ранее оцененными изменениями режима осадков на северо-западе Китая, в т.ч. в районах, прилегающих к Горному Алтаю [12-13]. Стоит отметить, что временная граница смены знака тренда атмосферных осадков в Горном Алтае совпадает с началом «Зональной эпохи ЭЦМ» для Сибирского сектора [9].

Таблица 1

Классификация циркуляций атмосферы по
Б.Л. Дзердзеевскому [9]

Группа циркуляции	Типы (1-13) и подтипы ЭЦМ, входящие в группу	Атмосферное давление в Арктике	Количество	
			блокирующих процессов	выходов южных циклонов
Зональная	1а, 1б, 2а, 2б, 2в	высокое	0	2-3
Нарушение зональности	3, 4а, 4б, 4в, 5а, 5б, 5в, 5г, 6, 7аз, 7ал, 7бз, 7бл	высокое	1	2-3
Меридиональная северная	8а, 8бз, 8бл, 8вз, 8вл, 8гз, 8гл, 9а, 9б, 10а, 10б, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г	высокое	2-4	2-4
Меридиональная южная	13з, 13л	низкое	0	3-4

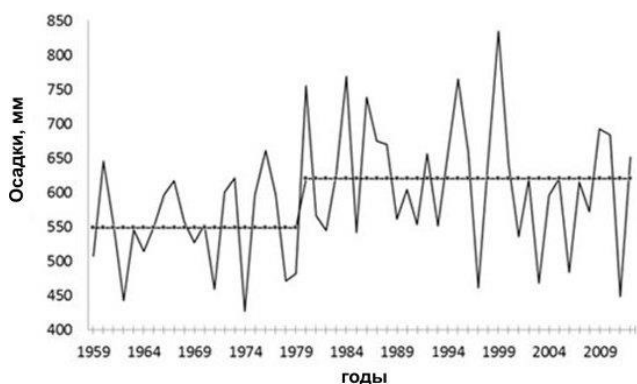


Рис. 1. Ступенчатое изменение атмосферных осадков по данным метеостанции Кызыл-Озек

Таблица 2

Максимальные вклады ЭЦМ, обуславливающих
атмосферные осадки в Горном Алтае
в 1959-1980 (I период) и 1981-2012 (II) гг., %

ЭЦМ	Кара-Тюрек		Кош-Агач		Кызыл-Озек		Усть-Кокса		Яйлю	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
12а	7,0	9,5	6,5	6,0	6,1	9,6	8,0	9,4	7,8	9,4
13л	12,9	25,0	13,7	34,8	9,1	23,6	11,0	26,6	12,7	25,1

Расчет вкладов 41 подтипа ЭЦМ в поступление осадков на территорию Горного Алтая для выделенных периодов (I период – 1959-1980, II – 1981-2012) показал, что максимальные вклады в поступление осадков дали ЭЦМ 13л и ЭЦМ 12а как в первом, так и во втором периоде (табл. 2). При этом вклад ЭЦМ 13л в поступление осадков по данным всех анализируемых станций Горного Алтая во втором периоде увеличился ~ в 2 раза, в то время, как вклад ЭЦМ 12а изменился не так значительно (на ~1/3), а по данным метеостанции Кош-Агач, даже снизился на 0,5 %.

Синоптическая ситуация при ЭЦМ 13 л характеризуется выходами южных циклонов, приходящих с Арало-Каспийского региона, которые, в свою очередь, обуславливают осадки на территории Горного Алтая (рис. 2а). При ЭЦМ 12 а синоптическая ситуация (рис. 2б) принципиально отличается от ситуации при ЭЦМ 13л, а именно над Сибирским регионом формируется блокирующий антициклон, простирающийся от Арктики до южных областей Западной Сибири. В это время циклоны из восточной части Средиземноморья смещаются к северо-востоку, частично обходя блокирующий антициклон с юга, уходят на восток, достигая алтайских гор.

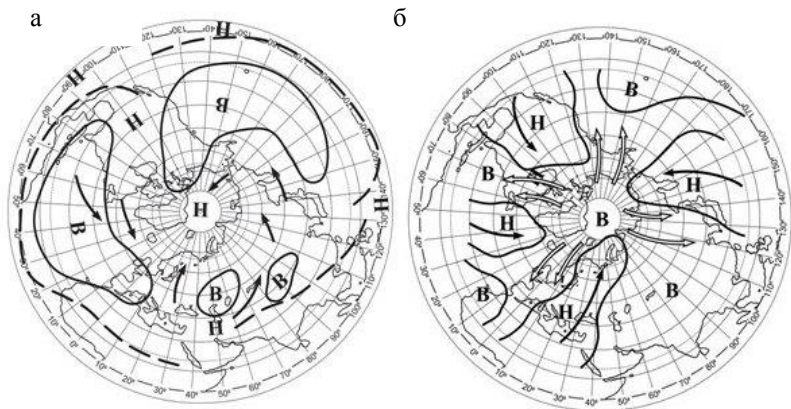


Рис. 2. Динамическая схема ЭЦМ 13л (а) и ЭЦМ 12 а (б): стрелки – генерализованные траектории циклонов во внетропических широтах; пунктирная линия – внутритропическая зона конвергенции; Н и В – низкое и высокое давление; граница между областями высокого и низкого давления проведена по изолинии 1015 гПа.

При встрече теплых и влажных средиземноморских воздушных масс с холодными арктическими массами происходит обострение атмосферных фронтов, что приводит к существенному увеличению количества атмосферных осадков в Горном Алтае.

Проведенная оценка вкладов макроциркуляционных процессов в поступление осадков на территорию Горного Алтая показала следующее: в начале 1980 г. изменение режима атмосферных осадков, рассчитанное на основе Манн-Кендалл-Снейрс теста, связано с существенным увеличением в 1981-2012 гг. вклада ЭЦМ 13 л. По данным пяти метеостанций Горного Алтая вклад данного подтипа ЭЦМ, относящегося к южной меридиональной группе циркуляций, в этот период достигал 24-35 % от суммы вкладов всех 41 ЭЦМ по классификации Б.Л. Дзердзеевского.

Работа выполнена с использованием результатов, полученных совместно с Т.С. Папиной, Т.В. Барляевой и Н.К. Кононовой.

Список литературы

1. Обобщающий доклад МГЭИК. Изменение климата 2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_russian.shtml.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории РФ [Электронный ресурс]. – URL: http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm/1.htm.
3. Wanner H., Beer J., Bütikofer J., Crowley T.J., Cubash U., Flückiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Küttel M., Müller S.A., Prentice I.C., Solomina O., Stocker F.S., Tarasov P., Wagner M., Widmann M. Mid- to late Holocene climate change: an overview // Quat Sci Rev. – 2008 [Электронный ресурс]. – URL: doi:10.1016/j.quascirev.
4. Малыгина Н.С., Зяблицкая А.Г., Кононова Н.К., Барляева Т.В., Останин О.В., Папина Т.С. Макроциркуляционные процессы и атмосферные осадки в Алтайском регионе // Изв. АлтГУ. – 2014. – Т.1. № 3(83). – С. 151-155.
5. Малыгина Н.С., Барляева Т.В., Зяблицкая А.Г., Кононова Н.К., Отгонбаяр Д., Останин О.В., Папина Т.С. Русский и Монгольский Алтай: особенности макроциркуляционных процессов, обеспечивающих осадки в последнее тридцатилетие // Изв. АлтГУ. – 2014. – Т. 2. – № 3(83) – С. 123-128.
6. ВНИИГМИ-МЦД [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo.ru/data>
7. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX - начале XXI в. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>.
8. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат: избр. тр. – М., 1975. – 288 с.

9. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. – М., 2009. – 372 с.

10. Kendall M.G. Rank correlation methods. – London, 1975. – 272 p.

11. Sneyers R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. – Geneve, 1975. – 192 p.

12. Zhou L.T., Huang R.H. Research on the characteristics of interdecadal variability of summer climate in China and its possible cause // Clim Environ Res. – 2003. – № 8. – P. 275-290.

13. Chen Y., Li B., Chen Z., Fan Y. Water resource researcher in northwest China. – New York, London, 2014. – 444 p.

ДИАПАЗОНЫ ВАРЬИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ЛЕТНЕЙ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ В ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ БАССЕЙНА РЕКИ КАСМАЛА

Д.К. Першин, *dmitrypersh@gmail.com*

Исследование режимов функционирования геосистем чрезвычайно важно как для научных, так и для практических целей. Знание основных механизмов взаимодействия между компонентами геосистем, характер связей с внешней средой позволяет определять направление развития системы в тех или иных условиях, научно обосновывать режим землепользования, определять величину максимально допустимых нагрузок и др.

Весь процесс функционирования геосистем включает в себя множество элементарных процессов (трансформация солнечной энергии, влагооборот и т.д.), которые можно охарактеризовать различными показателями: гидротермическими, продуктивности, разложения органического вещества и др. Геосистемы существуют в определенных диа-

пазонах этих показателей, которые меняются в суточном, сезонном, годовом и межгодовом масштабах. Традиционным методом изучения всех видов изменений геосистем (динамики и функционирования) является стационарный, широко применяемый в отечественной физической географии [1-5]. Однако в настоящее время, когда возможности широкомасштабного изучения режимов геосистем ограничены, на первый план выходят методы индикации и экстраполяции в сочетании с современными данными дистанционного зондирования.

Отмечается [6], что одним из наиболее актуальных вопросов на данный момент является изучение многолетних состояний геосистем. Диапазон межгодового варьирования значений отдельных показателей функционирования, во-первых, определяет сущность той или иной геосистемы, а во-вторых, ее вклад в функционирование систем более высокого ранга, например, речного бассейна.

Одной из основных характеристик функционирования геосистем является гидротермический режим. В.Б. Сочава отмечал, что «в смене природных режимов ... основным звеном приходится считать не природный режим одного года, а определенный временной цикл – волну колебаний гидротермических, а за ними и прочих природных условий» [2, стр. 6]. Именно доступная вода и эффективная радиация были обоснованы как критические компоненты, определяющие преобразующую и стабилизирующую динамику геосистем [7].

Гидротермический режим в целом и, в частности, характер увлажнения конкретной геосистемы, зависит от двух факторов: метеорологических параметров (атмосферного увлажнения и теплообеспеченности) и специфики местоположения, главным образом, размещения геосистемы в ландшафтном сопряжении. В подобных условиях одним из интегральных параметров, которые позволяют оценивать диапа-

зоны функционирования геосистем, выступает летнее влаго-содержание почвы. Эмпирически было установлено, что данный показатель является основным пропускным каналом связи региональных и локальных геосистем с климатом, который, с одной стороны, служит достаточно надежным геофизическим индикатором состояния геосистем, а с другой – это наиболее мощный экологический фактор, который предопределяет их территориальную организацию [8].

В условиях умеренных широт фактически половину гидрологического года составляет холодный период. В это время геосистемы находятся под влиянием снежного покрова, замедляются процессы функционирования, и они переходят в стадию определенной консервации. Одним из основных показателей функционирования геосистем в зимний период, отражающих контрастность метеоусловий и детерминирующих величину влаги, которая в последствии будет расходоваться геосистемами, являются снегозапасы в период максимума снегонакопления.

Целью исследования было выявление диапазонов варьирования запасов почвенной влаги локальных геосистем бассейна р. Касмала в зависимости от условий предыдущего периода. Модельный бассейн р. Касмала имеет площадь 1768,66 км², он зонально однороден и целиком расположен в подзоне южной лесостепи. Выбор полигона исследований обусловлен его репрезентативностью для лесостепной зоны юга Западной Сибири [9].

Основными материалами послужили: результаты наблюдений за почвенной влагой в июле 2012-2014 гг. [10], данные маршрутных снегомерных съемок в период максимума снегонакопления 2012-2014 гг., материалы метеонаблюдений на метеостанции Ребриха [12] с 1940 по 2014 гг. Отбор почвенных проб производился по 34 разрезам, охватывающим различные типы местоположений бассейна. Общая длина снегомерных маршрутов составила около 12 км (более 700 измерений толщины снежного покрова и более 70 измерений его плотности). Для расчета величины

снегозапасов в местоположениях, где не было достаточно данных о плотности снега, использовались эмпирические линейные зависимости, полученные для различных структурно функциональных частей бассейна [11]. Использование многолетних метеоданных позволяет определить положение опорных лет наблюдений в общем ряду относительно максимумов и минимумов соотношения тепла и влаги.

Анализ метеоусловий за весь период наблюдений (рис. 1) показывает, что отдельные годы характеризуются чрезвычайно контрастными условиями 2011/2012 г. является очень сухим и близок к таковому за весь период наблюдений.

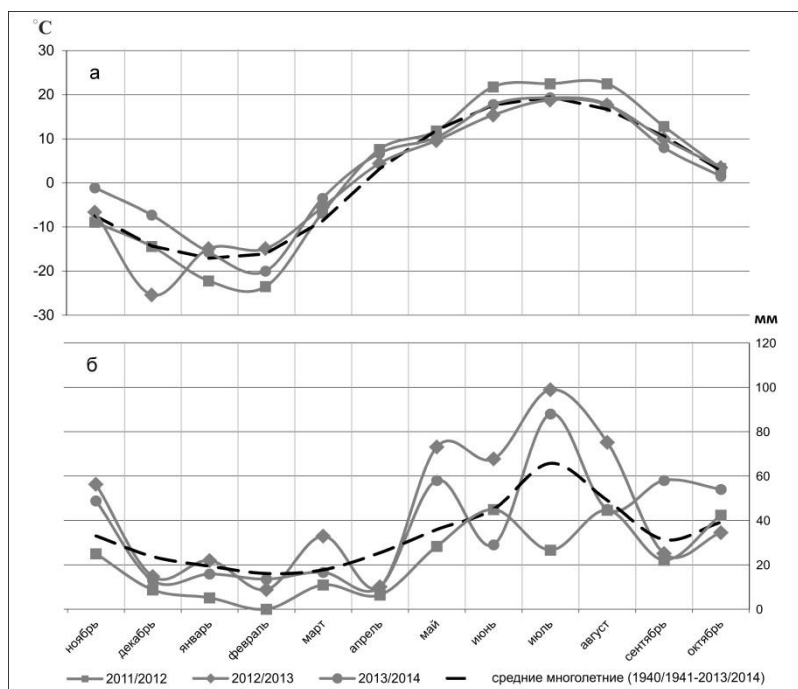


Рис. 1. Среднемесячные температуры, °C (а) и суммы осадков, мм (б) по метеостанции Ребриха

Наиболее влажным был 2012/2013 г. В 2013/2014 г. значения среднемесячных температур воздуха и количества осадков сильно колебались, однако общая сумма осадков была близка к среднемноголетнему значению. Таким образом, с некоторыми ограничениями можно принять рассматриваемые годы за экстремумы в диапазоне значений соотношения тепла и влаги, в которых функционируют геосистемы бассейна.

Для пространственной интерпретации в работе использована ландшафтная основа, подготовленная Р.Ю. Бирюковым [13], которая получена в результате интеграции разнородных пространственных данных (дистанционных, полевых, фондовых). Набор уникальных контуров содержит информацию о характеристиках рельефа, литологии, актуальном состоянии почвенного и растительного покровов. Операционная ячейка представляет собой типологическую единицу близкую к геосистемам геоморфного ряда (группам фаций по классификации В.Б. Сочавы).

Для отработки методики были выбраны 6 ключевых участков (рис. 2), которые наиболее полно обеспечены наблюдениями, отражают контрастность природных условий бассейна и являются репрезентативными для его территории. На рисунке 3 отражены значения используемых ключевых показателей по трем годам наблюдений.

Анализ данных по ключевым участкам

Ключевой участок № 1 – Касмалинско-Барнаульский увал, плакор. Несмотря на значительный контраст фоновых метеоусловий 2011/2012 и 2012/2013 гг. и величин снегозапасов разница между запасами влаги достаточно небольшая ($C_v = 6\%$). Несколько выпадает из логики 2014 г., что обусловлено влиянием определенных метеоусловий либо стало результатом ошибок при отборе данных.

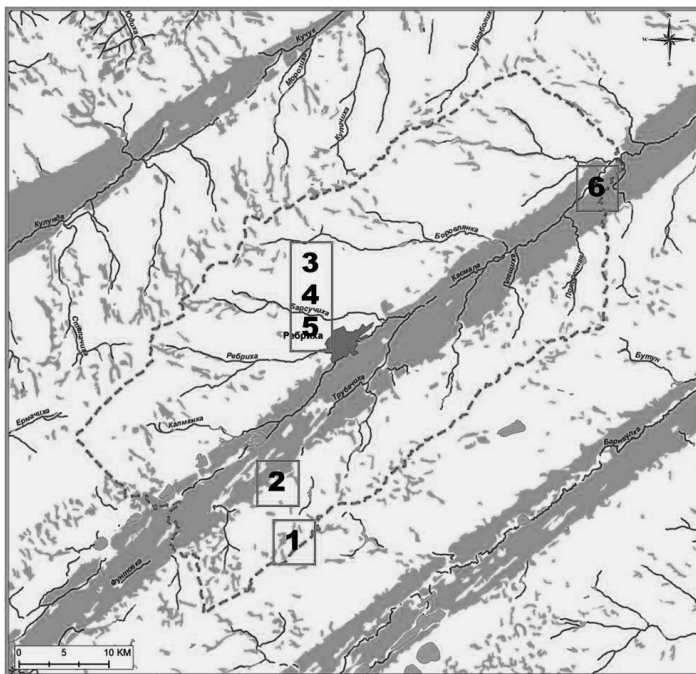


Рис. 2. Расположение ключевых участков в пределах модельного бассейна р. Касмала:

1-6 – номера участков, пунктиром – граница модельного бассейна

Ключевой участок № 2 – Касмалинско-Барнаульский увал, мелколиственный колос в западине. Общая тенденция схожа с плакорными местоположениями, однако абсолютные значения ключевых показателей выше. Коэффициент вариации июльских запасов влаги составляет 6 %. Снегозапасы же в значительной степени варьируют ($C_v = 68 \%$), т.к. колки являются одними из наиболее снегоаккумулирующих местоположений в пределах увала.

Ключевой участок № 3 – склон долины р. Барсучиха, северо-восточная экспозиция, березовый лес. Подобные местоположения являются одними из наиболее снежных в

пределах всего бассейна. Колебания значений влагозапасов ($C_v = 22 \%$) в определенной степени схожи с колебаниями значений снегозапасов ($C_v = 47 \%$). По всей видимости, задержка в таянии и поверхностный приток влаги играет важную роль в функционировании подобных местоположений.

Ключевой участок № 4 – долина р. Барсучиха. Здесь наблюдаются наибольшие абсолютные величины запасов влаги и их межгодовое варьирование (разница между 2013 и 2014 гг. составляет 166 мм, $C_v = 26 \%$). Снегозапасы напротив, изменяются менее значительно.

Ключевой участок № 5 – терраса р. Барсучиха. Местоположение территориально близкое к предыдущему, схожи и наблюдаемые тенденции ($C_v = 20 \%$). Высокие абсолютные значения запасов влаги (как правило, больше максимальных снегозапасов).

Ключевой участок № 6 – днище Касмалинской ложбины древнего стока, сосновый бор. Данное местоположение показательно для вершин и склонов грив. Снегозапасы изменяются в зависимости от фоновых метеоусловий, тогда как режим почвенной влаги полностью детерминирован водно-физическими свойствами почв в условиях отсутствия дополнительного поступления грунтовых или поверхностных вод. Коэффициент вариации составляет 11 %.

Следует отметить, что при данном масштабе исследования фактически невозможно выделить участки межгривных понижений, варьирование почвенной влаги которых существенно отличается от вершин и склонов грив [10]. Сравнительный анализ данных по летним влагозапасам в почве, снегозапасам и метеоусловиям периода, предшествующего отбору почвенных образцов, позволил обозначить диапазоны варьирования летней почвенной влаги. Было выделено два класса, которые определяются динамикой почвенной влаги: узкий и широкий диапазоны варьирования.

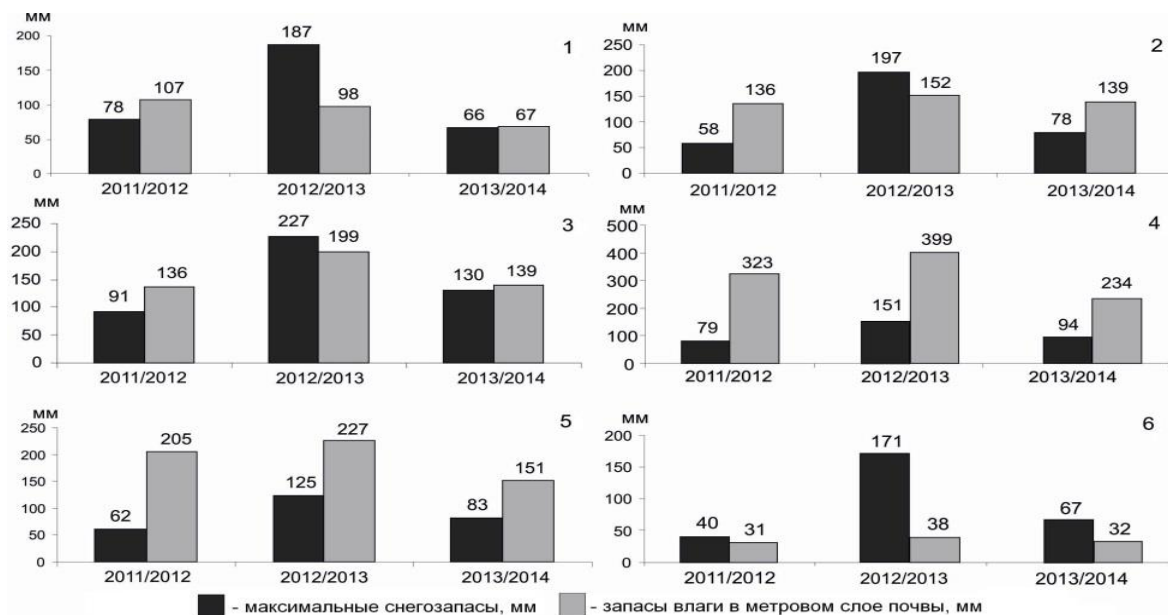


Рис. 3. Значения максимальных снегозапасов и запасов влаги в слое почвы 0-100 см за 2011/2012-2013/2014 гг., мм: 1-6 – номера ключевых участков.

Заметим, что это первичная классификационная схема будет в дальнейшем уточняться, и она позволит перейти к анализу диапазонов функционирования геосистем. Узкий диапазон варьирования (коэффициент вариации не превышает 10-11 %) характерен для автоморфных местоположений – плакоров на увалах и вершин и склонов грив с сосновыми борами в ложбине древнего стока. В первом случае такая ситуация объясняется большой мощностью зоны аэрации, во втором – высокими фильтрационными свойствами песчаных грунтов. Подчиненные местоположения, приуроченные к долинам рек и тенивым склонам, имеют широкий диапазон варьирования (C_v более 20 %), однако специфика варьирования определяется разными факторами.

Выделено два подкласса: в первом диапазон функционирования определяется грунтовым увлажнением (пойма и терраса), во втором преимущественно обусловлен поверхностным увлажнением (склоны теневых экспозиций). Величина снегозапасов, характеризующая фоновые климатические условия и, соответственно, зимние состояния геосистем, в данном случае играет роль дополнительной характеристики.

Кроме уже указанных выводов стоит заметить, что выявленные закономерности, по всей вероятности, характерны только для подзоны южной лесостепи. При увеличении гумидности климата варьирование показателей подчиненных местоположениях будет уменьшаться в сторону постоянного избыточного увлажнения, а в автономных местоположениях наоборот, в сторону большего варьирования. При аридизации возможны противоположные тенденции.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
РФФИ, проект № 16-35-00203 мол_а.*

Список литературы

1. Топология степных геосистем. – Л., 1970. – 174 с.

2. Изучение степных геосистем во времени. – Новосибирск, 1976. – 235 с.
3. Беручашвили Н.Л. Четыре измерения ландшафта. – М., 1986. – 182 с.
4. Мамай И.И. Динамика ландшафтов (методика изучения). – М., 1992. – 167 с.
5. Исаченко Г.А., Резников А.И. Динамика ландшафтов тайги северо-запада Европейской России. – Спб., 1996. – 166 с.
6. Хромых В.А. Некоторые теоретические вопросы изучения динамики ландшафтов // Вест. ТГУ. – 2007. – № 298. – С. 198-207.
7. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск, 1978. – 319 с.
8. Коломыц Э.Г. Локальные коэффициенты увлажнения и их значение для экологических прогнозов // Изв. РАН. Серия геогр. – 2010. – № 5. – С. 61-72.
9. Золотов Д.В., Черных Д.В. Репрезентативность модельного бассейна р. Касмалы для сравнительных ландшафтно-гидрологических исследований на Приобском плато // Изв. АлтГУ. Сер. биол. науки, науки о Земле, химия. – 2014. – № 3/1 (83). – С. 133-138.
10. Черных Д.В., Балыкин С.Н., Золотов Д.В., Першин Д.К., Тарасова Т.В., Бирюков Р.Ю. Июльская почвенная влага в ландшафтах бассейна р. Касмалы: динамика и дифференциация // Изв. АлтГУ. Сер. биол. науки, науки о Земле, химия. – 2014. – № 3/2. – С. 100-107.
11. Першин Д.К. Некоторые особенности пространственно-временной дифференциации снежного покрова в бассейне реки Касмалы // Шаг в науку: матер. XV конф. молодых ученых ИВЭП СО РАН. – Барнаул, 2015. – С. 50-60.
12. Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteo.ru>.
13. Бирюков Р.Ю. Интеграция разнородной пространственно-распределенной информации средствами ГИС при создании основы для ландшафтно-гидрологических карт // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 2. – С. 307-314.

ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С АВТОНОМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ГОРНОМ ВОДОСБОРЕ

А.А. Синельников, *Hasslhoph@yandex.ru*

Наводнения на реках, вызываемые половодьями и паводками различного происхождения, относятся к числу наиболее опасных природных бедствий. Прогнозирование этих процессов имеет большое практическое значение и является одной из основных задач современной гидрологии. Решение рассматриваемой задачи является актуальным, прежде всего, для целей своевременного предупреждения населения об опасности наводнения и обеспечения мероприятий МЧС по предотвращению или смягчению его последствий. Практическое решение данной задачи давно уже вышло за рамки научных исследований и требует выполнения работ по созданию технических систем, обеспечивающих сбор и передачу гидрометеорологической информации о состоянии бассейна реки, и её использование с целью прогнозирования [1]. Современный уровень изучения водных объектов предполагает проведение регулярных систематических измерений, как гидрофизических величин, характеризующих состояние водных объектов, так и метеорологических параметров, приводящих к изменению этих состояний [2].

Описание объектов и методов регистрации

Река Майма протекает на севере Республики Алтай, является правым притоком Катуни. Река берёт своё начало на хребте Иолго на безымянной вершине высотой 1144 м и имеет длину около 54 км. В северо-западном направлении она проходит через сёла Урлу-Аспак, Кызыл-Озек, Майма, а также через г. Горно-Алтайск. В июле 2015 г. сотрудни-

ками ИМКЭС СО РАН и ИВЭП СО РАН в бассейне реки были установлены три автономных измерительных комплекса. Для примера на рисунке 1 приведена фотография измерительного комплекса в с. Кызыл-Озек (стационар ИВЭП СО РАН).

Комплексы оснащены датчиками для измерения жидких осадков, температуры и влажности воздуха, профиля снега, температуры воды, атмосферного давления, высоты снежного покрова, скорости и направления ветра, температуры и влажности почвы.

Показания с датчиков снимаются каждые 15 минут и сохраняются в памяти контроллера, которым оснащен каждый из комплексов. Каждые 3 часа по радиоканалу данные отправляются на сервер в институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.

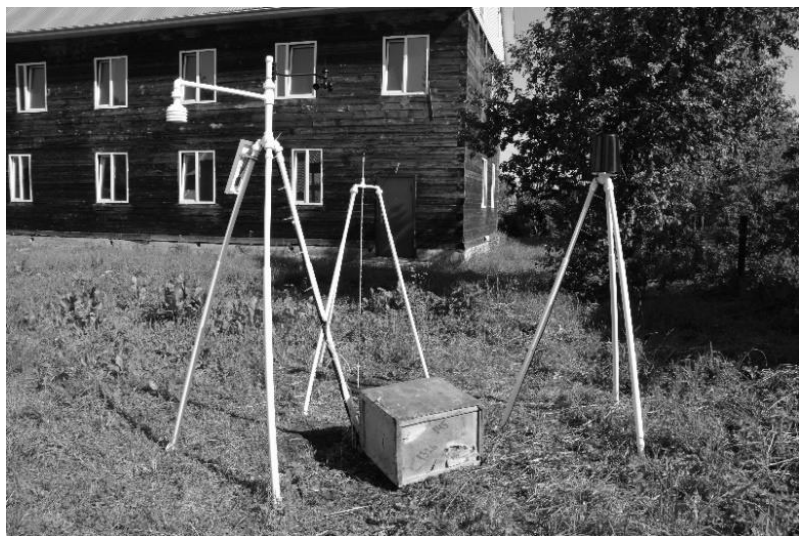


Рис. 1. Автономный измерительный комплекс, с. Кызыл-Озек

С помощью специального программного обеспечения, разработанного сотрудниками ИМКЭС СО РАН, через интернет пользователи получают данные в формате dtf, которые можно преобразовать для работы в Excel. В таблице 1 представлено краткое описание цифровых датчиков измерительных комплексов.

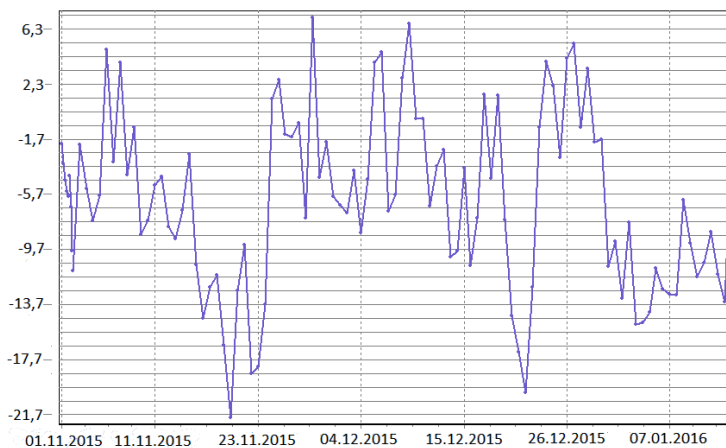
Результаты

По полученным данным об изменении высоты снежного покрова, температуре почвы и воздуха был проведен сравнительный анализ. В Урлу-Аспак снижение температуры воздуха до -20°C пришлось на 23 декабря, температура верхнего слоя почвы в этот период опустилась до $-1,4^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха и почвы в период с 01.11.15 по 07.01.16 составила -22°C и $-1,7^{\circ}\text{C}$, соответственно, глубина промерзания – 20 см (рис. 2).

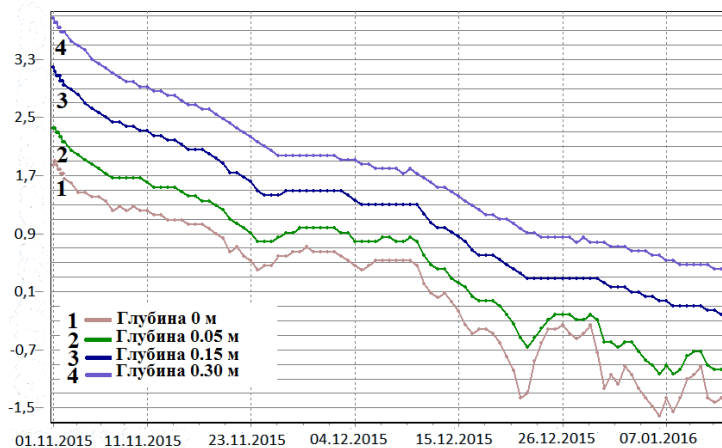
Таблица 1

Параметры и характеристики цифровых датчиков автономных измерительных комплексов

Компонент	Диапазон изм-й, погрешность	Исп-ый датчик	К-во, шт.
Контроллер (АИПТ2) в корпусе с элементами питания	$-40...+50^{\circ}\text{C}$; 4 Мбайт (2000000 измерений)	ИМКЭС ATMEGФ644; ATM45DB321D	1
Балансометр	$0,2...10$ мкВт, $\pm 5\%$, 10-2000 Вт/м ²		1
Зонд профиля температуры грунта	$-55...+50^{\circ}\text{C}$, $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	DS18B20 12 шт	1
Датчик атмосферного давления	$50...115$ кПа; ± 1 кПа	MPL115A1	1
Датчик температуры и влажности воздуха	$0...100\%$, $\pm 3,5\%$	HH-4021-003 DS18B20	2
Датчик количества жидких осадков	$\pm 0,2$ мм	Rain Collector II	1
Датчик уровня воды	$0,1...1,5$ м, $\pm 1\%$	26PC05SMT	1
Датчик уровня снега	$0...1,5$ м, $\pm 0,05$ м	ИМКЭС 31	1



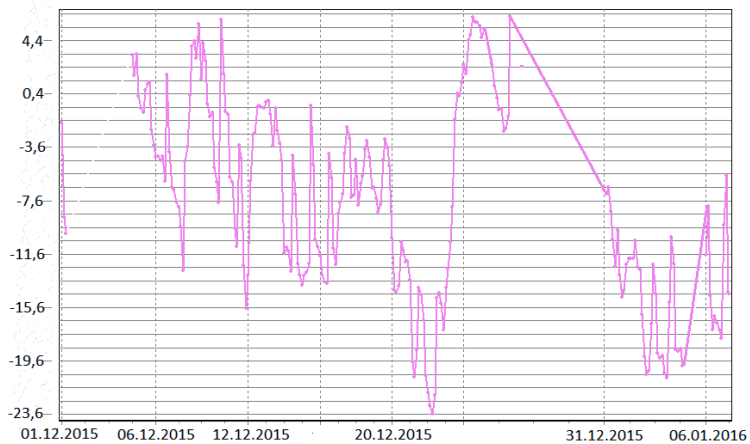
а



б

Рис. 2. Динамика температуры воздуха и промерзания почвы, Урлу-Аспак, 01.11.15 по 07.01.16, °С:

а – динамика температуры воздуха, б – динамика промерзания почвы.



а

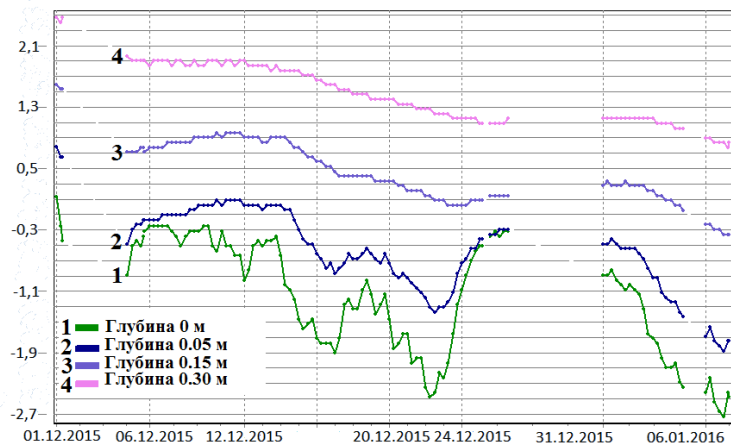


Рис. 3. Динамика температуры воздуха и промерзания почвы, Кызыл-Озек, 01.12.15 по 06.01.16, °С:

а – динамика температуры воздуха, б – динамика промерзания почвы.

В Кызыл-Озек минимальная температура воздуха зарегистрирована на 22 декабря: -23°C , температура почвы на поверхности $-2,5^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха и почвы в период с 01.11.15 по 07.01.16 составила -23°C и -3°C , соответственно, глубина промерзания почвы – 15 см (рис. 3).

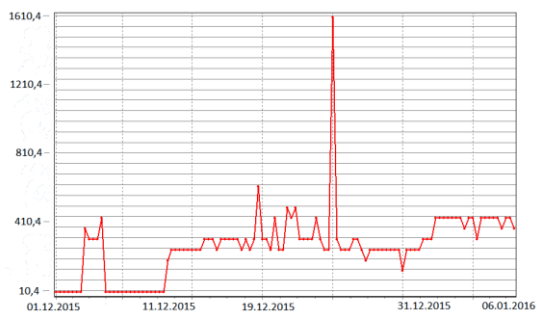
На рисунке 4 приведены данные об изменении высоты снежного покрова в местах установки измерительных комплексов: Майма, Урлу-Аспак, Кызыл-Озек. Из сопоставления динамики температуры воздуха и высоты снежного покрова, как и следовало ожидать, в период максимальной положительной температуры сопровождался существенным уменьшением высоты снежного покрова.

Выводы

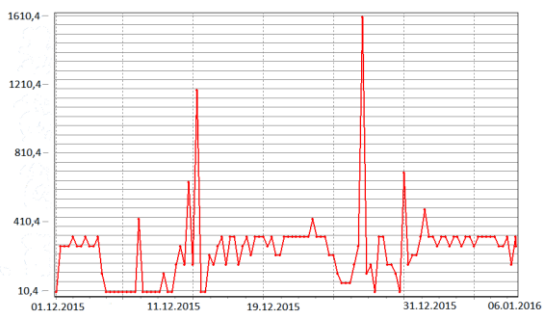
Из проведенного анализа можно сделать вывод, что данные с автономных измерительных комплексов достаточно точно отображают изменение гидрологических параметров в бассейне реки Майма и могут служить надежной информационной базой для прогноза паводков и половодий, а также оценки стока на горных водосборах.

Из-за большого потока и объема информации встает задача создания хранилища и базы данных, которые обеспечат удобное обращение и работу с ними. База должна содержать в себе информацию о всех датчиках, своевременно пополняться показаниями с комплексов.

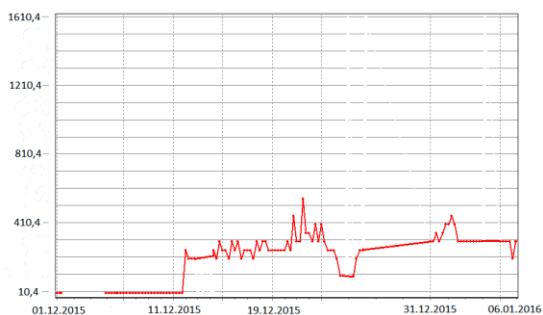
В настоящее время необходим инструмент, который поможет экспортировать данные для дальнейшего свободного их использования. Для этого можно применять методы численного моделирования. С этой целью начата разработка программы для экспорта данных с автономных измерительных комплексов.



а



б



в

Рис. 4. Изменение высоты снежного покрова с 01.12.15 по 06.01.16, мм:
а – Кызыл-Озек, б – Урду-Аспак, в – Майма

Список литературы

1. Коробкина Е.А., Жердева Т.В. Актуальная проблема гидрологии // Наука в Сибири. – 2011. – № 41. – 12 с.
2. Калюжный И.Л., Лавров С.А. Гидрофизические процессы на водосборе: экспериментальные исследования и моделирование: монография. – СПб., 2012. – 616 с.

ОСОБЕННОСТИ ЗАРАСТАНИЯ ВОДОЕМА- ОХЛАДИТЕЛЯ БЕЛОВСКОЙ ГРЭС (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М.И. Соколова, Е.Ю. Зарубина
msokolova@iwep.ru, zeur@iwep.ru

Водоемы-охладители вместе с электростанцией представляют собой единую сложную природно-техногенную систему, в которой условия работы станции определяют условия жизнедеятельности экосистемы водоема, а работа станции, в свою очередь, зависит от состояния этой экосистемы. Основным фактором, воздействующим на высшую водную растительность в водоемах-охладителях, является тепловая нагрузка. Сброс подогретых вод, который осуществляется круглогодично, приводит к значительному повышению среднегодовой температуры воды, особенно на участках максимального подогрева. Это в свою очередь способствует сглаживанию сезонных ритмов в жизни водоема и удлинению вегетационного периода водных растений [1].

Водохранилище-охладитель Беловской ГРЭС создано в 1964 г. регулированием стока реки Иня у г. Белово Кемеровской области. Это равнинное водохранилище руслового типа сезонного регулирования. Длина водоема – 10 км; мак-

симальная ширина – 2,3 км, минимальная – 1,0 км; максимальная глубина – 12,0 м, средняя – 4,4 м. Площадь зеркала при нормальном подпорном уровне (НПУ) – 13,6 км², площадь мелководий – до 2,0 м при НПУ – 5,4 км². По площади акватории водоем относится к малым водохранилищам, по средней глубине – к мелководным водоемам. Амплитуда колебаний уровня воды Беловского водохранилища в течение года незначительна – максимально допустимая сработка – 1,9 м [2].

Гидротермический режим водоема-охладителя Беловской ГРЭС наряду с естественными факторами определяется сбросом подогретых вод ГРЭС, которые по сбросному каналу поступают в среднюю часть водоема, образуя циркуляционный поток охлаждающейся воды, охватывающий более 40 % акватории (рис. 1).

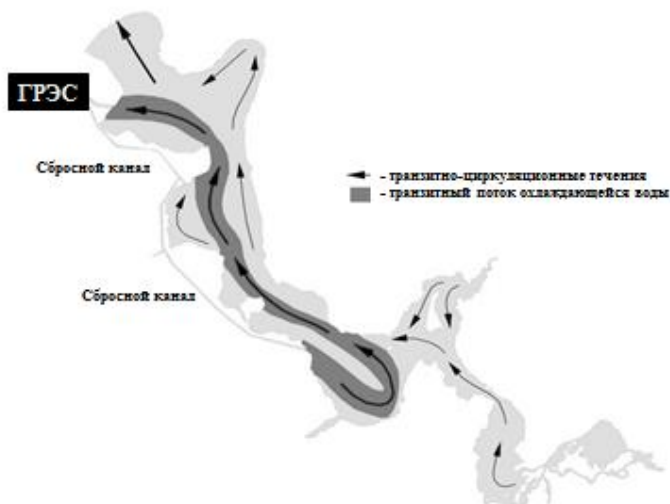


Рис. 1. Схема транзитно-циркуляционных течений Беловского водохранилища [3]

По степени влияния теплых вод можно выделить несколько зон: слабо подогреваемую, умеренного подогрева, с естественным гидротермическим режимом и постоянного сильного подогрева. Наибольшее отличие термического режима различных зон водохранилища наблюдается в холодное время года (8-15 °С), в теплое время года – около 5 °С.

Данная работа выполнена на основе результатов натурных исследований, проведенных в 2002, 2006 и 2008 гг. в разные сезоны: весной (апрель), летом (июль-август), осенью (сентябрь-октябрь). Гербарные сборы и геоботанические описания растительности выполнены с применением стандартных методов [4].

Первые исследования флоры водоема-охладителя Беловской ГРЭС проводились в 1972 [6] и 1978-1979 гг. [2]. И если на четвертый год существования водохранилища видовое разнообразие флоры было невелико (18 видов) и распространена высшая водная, а прибрежно-водная растительность была только в верховьях, то уже в 1978-1979 гг. было отмечено 28 видов водных растений. При этом зарастание наблюдалось не только в верховьях, но и на нижних участках водохранилища, включая открытые участки акватории.

В настоящее время высшая водная растительность широко распространилась по водохранилищу, занимая практически все доступные для нее участки мелководий. Современная флора включает 50 видов высших водных и прибрежно-водных растений, относящихся к 32 родам, 20 семействам и 3 отделам. Увеличение видового разнообразия произошло как за счет неотмеченных ранее для водоема видов, так и за счет включения в список прибрежно-водных растений.

По видовому разнообразию преобладают покрытосеменные растения (95,8 % всех видов). Отношение числа

однодольных и двудольных (3,2:1,0) отражает общую тенденцию к преобладанию однодольных в составе гидрофильных флор Голарктики. Ведущее положение в семейственно-видовом спектре занимают представители семейств Potamogetonaceae (8 видов), Роасеae (5 видов) и Сурегасеae (5 видов), составляющие 36 % от всех видов флоры. Такой состав доминирующих семейств характерен для водоемов-охладителей умеренного пояса Евразии [5-8] и в то же время очень близок к флоре естественных водоемов региона [9]. По видовому разнообразию и степени зарастания макрофитами в Беловском водохранилище можно выделить четыре зоны (рис. 2).

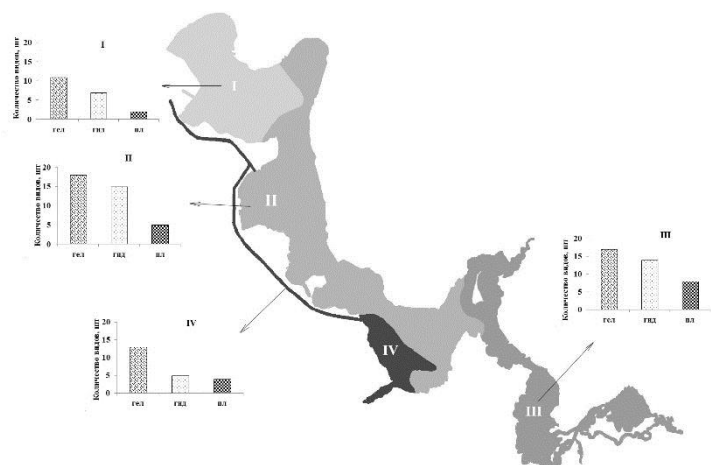


Рис. 2. Экологический спектр гидрофильной флоры водоема-охладителя Беловской ГРЭС:

I – зона слабо подогреваемая; II – зона умеренного подогрева; III – зона с естественным гидротермическим режимом; IV – зона постоянного сильного подогрева; гел – гелофиты, гид – гидатофиты, пл – плейстофиты.

Первая зона включает нижнюю глубоководную часть, а также мелководья вдоль обрывистого правого берега. Это практически неподогреваемая часть водохранилища, за исключением периодов, когда происходит активное ветро-волновое перемешивание, и часть подогретой воды попадает на эти участки. Степень зарастания – около 5 %, видовое разнообразие не высокое (20 видов из 10 семейств), что связано как с глубоководностью участка, так и с преобладанием здесь абразионных берегов, выполненных преимущественно крупнообломочными грунтами. В этой зоне преобладают сообщества полупогруженных растений-гелофитов, в которых доминируют рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.) и камыш озерный (*Scyrcpus lacustris* L.). На глубине до 2,5 м отдельные пятна и неширокие полосы образуют сообщества погруженных растений-гидатофитов (*Potamogeton lucens* L., *P. pectinatus* L. и *P. perfoliatus* L.).

Вторая зона включает среднюю часть водоема, которая находится под влиянием постоянного умеренного или слабого подогрева, что благоприятно отражается на развитии высшей водной растительности. Видовое разнообразие макрофитов высокое (38 видов из 17 семейств). Занимаемая макрофитами площадь составляет около 50 % от общей площади зоны, из них 35 % занимают сообщества гидатофитов и плейстофитов (растений с плавающими листьями) и 15 % приходится на сообщества гелофитов. Степень зарастания мелководных участков зоны с глубинами 1,5-2,0 м составляет около 80 %. Ведущую роль в зарастании этой зоны играют сообщества с доминированием рдестов (*Potamogeton lucens*, *P. pectinatus* L., *P. praelongus* Wulf. и *P. crispus* L.), урути (*Miriophyllum sibiricum* Kom.) и роголистника (*Ceratophyllum demersum* L.). Площадь проективного покрытия в сообществах достигает 75-80 %.

Особенности термического режима способствовали распространению в этой зоне термофильных видов, таких как валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L), гидриллы мутноватая (*Hydrilla verticillata* (L.) Rojela) и каулиния малая (*Caulinia minor* (All.) Coss. et Germ.).

Третья зона – верховья водохранилища. Здесь отмечено максимальное видовое разнообразие высшей водной растительности (39 видов из 20 семейств), что связано с мелководностью этого участка и естественным гидротермическим режимом. Здесь широко распространены виды, присущие естественным водоемам региона: хвощ речной (*Equisetum fluviatile*), сусак (*Butomus umbellatus*), осоки (*Carex acuta*), кала (*Calla palustris*), аир болотный (*Acorus calamus*), частуха (*Alisma gramineum*) и др. Особенностью этой зоны является широкое распространение сообществ плейстофитов с доминированием рясковых (*Lemna minor* и *Spirodella polyrrhiza*), кувшинковых (*Nuphar lutea*, *Nymphae candida*), горца земноводного (*Persicaria amphibium*), в нижнем ярусе в этих сообщества широко представлены гидатофиты (рдесты, гидриллы, роголистник), проективное покрытие достигает 95 %. Общая площадь зарастания этой зоны макрофитами достигает 80%, из них на долю гидато- и плейстофитов приходится около 50 %, а на долю гелофитов – около 30 %.

Четвертая зона – водоотводящий канал с приустьевыми участками, зона постоянного сильного подогрева воды, Температура воды в летний период в среднем составляет 24-29 °С, максимальная – 36 °С. Видовое разнообразие не высокое (22 вида из 13 семейств). Широкое распространение здесь получила валлиснерия спиральная. В сбросном канале Беловского водохранилища валлиснерия существует при температуре воды в августе 24-29 °С. В 1978-1979 гг. [2] и 2002 г. валлиснерия в сбросном канале была отмечена в 1,5-2,0 км ниже истока, в 2006 г. – в исто-

ке (в месте максимального подогрева вод). Сообщества валлиснерии образуют вдоль берегов канала бордюры шириной до 3-5 м с проективным покрытием 80-95 % [10].

Заключение

Таким образом, влияние теплых вод сказалось в высокой степени зарастания умеренно подогреваемых зон водоема-охладителя преимущественно погруженными видами и растениями с плавающими листьями. Наименьшее видовое разнообразие водных растений отмечено в зоне максимального подогрева, т.к. здесь могут существовать только эвритермные и термофильные виды. Специфика термического режима водохранилища-охладителя обусловила наличие в структуре флоры термофильных видов, таких как валлиснерия спиральная, гидриллы мутноватая и каулиния малая, не свойственных водной флоре региона.

Авторы благодарят сотрудников Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН за помощь при выполнении полевых работ.

Список литературы

1. Яныгина Л.В., Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю. Виды-вселенцы в биоценозе водоема-охладителя Беловской ГРЭС (юг Западной Сибири) // Российский журн. биол. инвазий. – 2009. – № 2. – С. 60-67.

2. Кириллов В.В., Гладкова З.И., Козлова С.В., Матвеев Л.Э. Высшая водная растительность водохранилища – охладителя Беловской ГРЭС (1978-1979 гг.) // Комплексные исследования водных ресурсов Сибири. Тр. ЗапСибРНИИ. – М., 1983. – Вып. 56. – С. 98-105.

3. Правила использования Беловского водохранилища на реке Иня // ООО Центр инженерных технологий. – Барнаул, 2014.

4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб., 1992. – 318 с.

5. Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. – Л., 1979. – 278 с.

6. Астраускас А., Мичявичюс М., Ширкинене И. Распределение макрофлоры водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС и его изменение // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов: матер. Второго симп. Борок, 26-28 августа 1974 г. – Борок, 1974. – С. 8-10.

7. Биочино А.А. Высшая водная растительность в зоне подогрева Конаковской ГРЭС в 1972 г. // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов: матер. Второго симп. Борок, 26-28 августа 1974 г. – Борок, 1974. – С. 13-16.

8. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. – Ярославль, 2001. – 200 с.

9. Волобаев П.А. Флора и экологические закономерности распространения водных макрофитов Кузнецкого Алатау: автореф. канд. дис... к.б.н. – Новосибирск, 1991. – 16 с.

10. Зарубина Е.Ю., Соколова М.И. Многолетние изменения популяции *Vallisneria spiralis* L. в водоеме-охладителе Беловской ГРЭС (юг Западной Сибири) // Российский журн. биол. инвазий. – 2010. – № 4. – С. 10-18.

ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ОЗЕР ПО ГИДРООПТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

И.М. Фроленков, О.М. Фроленков, И.А. Суторихин
sia@iwep.ru

Важной частью современных водно-экологических исследований является оценка трофического состояния водоемов с использованием различных методов. Трофическое состояние водоема (от «*трофе*», греч. –

питание) – интегральная характеристика, определяемая множеством взаимосвязанных физико-химических и биологических процессов. Существуют различные подходы к оценке трофического состояния природных водоемов.

Первые результаты в исследовании трофического состояния озер отражены в работах А. Тинеманна и Е. Науманна 1920-1930 гг. Ими предложено выделить три типа озер: олиготрофный, эвтрофный и дистрофный. Классификация Тинеманна-Науманна, построенная с учетом зональных и азональных признаков, получила в свое время широкое научное признание и оказала влияние на современную лимнологию.

В 1950-1960 гг. известный лимнолог Оле в 1955 г. предложил новую концепцию трофической типизации озер, поддержанную Эльстером, Роде, Винбергом. Она основана на оценке интенсивности обращения органического вещества. При этом функциональными показателями являются величины первичной продукции фитопланктона и концентрация хлорофилла в воде, между которыми существует прямая корреляционная зависимость. На этой основе появились первые количественные шкалы, дополненные позже величиной биомассы фитопланктона [1]. Затем были предложены новые классификационные шкалы, в т.ч. и нумерические, сформулированные Карлсоном в 1977 г. Систему трофических грааций озер северной и умеренной зон России по величинам годовой первичной продукции разработал в 1984 г. С.П. Китаев [2].

Общим недостатком существующих методов определения трофического состояния водоемов является их низкая оперативность из-за сложной пробоподготовки и проведения химических анализов, а также временная и сезонная ограниченность в определении прозрачности воды по

дису Сетки. В связи с этим целью работы является разработка метода, пригодного для оперативного мониторинга за трофическим состоянием пресноводных озер в различные сезоны года и на разных глубинах по изменению гидрооптических характеристик (в частности спектрального показателя ослабления воды).

Для оценки трофического состояния разнотипных пресноводных озер в Алтайском крае и Республике Алтай был выбран метод Карлсона (1977), в котором каждому из 4-х трофических состояний соответствует определенный численный интервал индексов Карлсона (табл. 1).

Индекс Карлсона (TSI) представляет собой среднее арифметическое трех численных индексов, учитывающих концентрацию хлорофилла «а» – $TSI(Chla)$, глубину видимости по диску Секки – $TSI(SD)$ и концентрацию общего фосфора – $TSI(TP)$.

Расчеты численных значений индексов проводили по формулам

$$TSI(Chla) = 30,6 + 9,81 \cdot \ln[Chla];$$

$$TSI(SD) = 60 - 14,14 \cdot \ln[SD];$$

$$TSI(TP) = 4,15 + 14,42 \cdot \ln[TP],$$

где размерности величин соответствуют: $Chla$ – мг/м³, TP – мг/м³, SD – м.

Таблица 1

Трофическое состояние по интервалу

Интервал TSI	Трофическое состояние
0-30	олиготрофное
30-50	мезотрофное
50-70	эвтрофное
70 и более	гипертрофное

Исследуемые пресноводные разнотипные озера Алтайского края и Республики Алтай (Лапа, Красиловское, Большое Островное и Телецкое) имеют различную глубину, площадь, тип питания, относятся к водоемам различного происхождения и степени трофности. Это обусловлено гидрологическими особенностями экосистем, литологией пород, составом вод, питающих водосборный бассейн, и различной степенью антропогенной нагрузки. Пойменное озеро (озеро-старица) Лапа принадлежит к придаточной системе правобережной поймы реки Оби и расположено в окрестностях г. Барнаула. Озеро является непроточным и сообщается с рекой только в период весеннего половодья. Надпойменное озеро Красиловское расположено на правобережье реки Оби, в зоне сочленения так называемых боровых террас с четвёртой террасой Верхней Оби на абсолютной высоте 220 м. Озеро питается как поверхностными, так и грунтовыми водами. Является бессточным [3]. Эрозионное озеро Большое Островное расположено в долине древнего стока р. Касмалы. Озеро является проточным. Берега большей частью низкие, заболоченные. Вдоль восточного берега тянется Касмалинский ленточный бор. Дно озера илистое. Телецкое озеро – уникальный природный объект Горного Алтая, оно является хранилищем более 40 км³ чистой пресной воды. Основная часть притока воды в озеро (более 70 %) поступает через р. Чулышман (в южную часть озерной котловины), а весь сток осуществляется через р. Бия (в противоположной северо-западной части водоема). Озеро имеет удлиненную руслообразную форму. По морфологическим признакам принято выделять два плеса: один основной широкий и глубокий, другой – северо-западный узкий и мелководный. Данные о концентрации хлорофилла «а» и его изменчивости в водном объекте служат критерием для оценке запасов биомассы

фитопланктона, а также индикатором загрязнения вод [4]. Для Телецкого озера использовались средневзвешенные значения пигментных показателей [5].

Исследования на озерах были проведены в разные сезоны в 2013-2014 гг. Спектральная прозрачность исследуемых проб воды определялась в диапазоне 400-800 нм на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Использовались кюветы с рабочей длиной 10 мм, в качестве эталонной жидкости – дистиллированная вода. Погрешность измерений не превышала паспортных значений прибора – 0,5 %.

Первичная гидрооптическая характеристика ε – спектральный показатель ослабления света в воде (физическая величина, являющаяся суммой показателей поглощения и рассеяния света) рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = 1/\ell \cdot \ln (1 / T),$$

где ℓ – рабочая длина кюветы; T – прозрачность, равная I/I_0 ; I и I_0 – интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно.

Максимальная абсолютная погрешность в определении ε составила около $0,5 \text{ м}^{-1}$ [6]. Величины рассчитанных численных значений индекса Карлсона и соответствующего трофического состояния, а также спектрального показателя ослабления света на длине волны 430 нм для исследуемых озер в различные сезоны года приведены в таблице 2.

Анализ данных за разные сезоны 2013-2014 гг. позволяет заключить, что для трофических состояний разнотипных озер, определенных по шкале индексов Карлсона, можно привести в соответствие диапазон значений спектрального показателя ослабления на длине волны 430 нм, а именно:

- лиготрофному – $\varepsilon = 0 - 2 \text{ м}^{-1}$;
- мезотрофному – $\varepsilon = 2 - 3 \text{ м}^{-1}$;
- эвтрофному – $\varepsilon = 3 - 14 \text{ м}^{-1}$;
- гиперэвтрофному – $\varepsilon = 14 \text{ м}^{-1}$ и более.

Таблица 2

Значения концентрации хлорофилла «а», общего фосфора, глубины видимости по диску Секки, индекса Карлсона, спектрального показателя ослабления света и соответствующего трофического статуса исследуемых озер в разные сезоны года

Озеро	$Chla^*$, мг/м ³	SD^* , м	TP^* , мг/м ³	ε , м ⁻¹	TSI^*	Трофическое состояние
<i>Август 2013</i>						
Красиловское	12,05	1,20	50	8,7	58	эвтрофное
Лапа	9,24	1,50	55	2,3	45	мезотрофное
Б.Островное	46,10	0,25	110	23,7	73	гиперэвтрофное
<i>Май 2014</i>						
Красиловское	31,26	0,40	80	14,3	68	эвтрофное
Лапа	5,94	1,25	25	3,70	52	эвтрофное
Б.Островное	35,19	0,25	150	31,0	74	гиперэвтрофное
<i>Июль 2014</i>						
Красиловское	31,47	0,85	50	7,2	62	эвтрофное
Лапа	17,92	0,70	40	8,9	60	эвтрофное
Б.Островное	49,85	0,40	110	26,2	71	гиперэвтрофное
<i>Октябрь 2014</i>						
Красиловское	36,25	1,05	56	5,7	62	эвтрофное
Б. Островное	40,75	0,35	90	23,2	70	гиперэвтрофное
Лапа	13,53	0,85	38	7,1	58	эвтрофное
Телецкое (Челюш)	1,21	3,50	10	1,4	37	олиготрофное

* – Условные обозначения – в тексте

Принимая во внимание, что величина общего показателя ослабления света воды является суммой следующих компонентов: показателей поглощения и рассеяния света чистой водой и содержащимися в ней взвешенными и растворенными веществами – хлорофиллом, растворёнными органическими (желтое вещество) и неорганическими соединениями, а также минеральной и органической взвесью [7,8], можно заключить, что первичная гидрооптическая характеристика ϵ является наиболее приемлемой величиной для проведения оперативного мониторинга за трофическим состоянием пресноводных озер в различные сезоны года и на разных глубинах.

Авторы выражают благодарность д.ф.-м.н., проф. В.И. Букатому за обсуждение результатов и к.т.н. О.Б. Акуловой за предоставленные данные по спектральному показателю ослабления света изучаемых озер.

Список литературы

1. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395с.
2. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // V съезд Всерос.гидроб. об-ва: тезисы, ч. 2. – Куйбышев, 1986. – С. 254-255.
3. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН [Электронный ресурс]. – URL:<http://ibiw.ru/index.php?p=edu/eco/eco3>.
4. ГОСТ 17.1.4.02-90. Государственный контроль качества воды. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла «а». – М., Изд-во стандартов, 2003. – С. 587-600.

5. Кириллова Т.В. Пигментные характеристики фитопланктона Телецкого озера: дис. канд. биол. наук. – Красноярск, 2006. – 329 с.

6. Суторихин И.А., Букатый В.И., Акулова О.Б. Спектральная прозрачность воды в разнотипных озерах Алтайского края: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2015. – 145 с.

7. Ерлов Н.Г. Оптика моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 248 с.

8. Апонасенко А.Д. Количественные закономерности функциональной организации водных экосистем в связи с их дисперсной структурой: дисс... докт. физ.-мат. наук. – Красноярск, 2001. – 316 с.

ДИНАМИКА УРОВНЯ ВОДЫ БЕССТОЧНОГО ОЗЕРА КРАСИЛОВСКОЕ В ПЕРИОД СНЕГОТАЯНИЯ В 2014-2016 ГГ.

У.И. Янковская, А.А. Коломейцев
zalaeva@iwer.ru, kolomeycev@iwer.ru

Интенсивность поступления талых вод с водосборов в озера и реки является важнейшим фактором, определяющим объем весеннего стока и весенний уровенный режим озер. В данной работе приведен анализ результатов измерения гидрофизических и метеорологических параметров в весенние периоды 2014, 2015 и 2016 гг. на оз. Красиловское. Весна 2014 года была ранней, процесс снеготаяния прошел быстро, в отличие от весны 2015 года, которую можно считать затяжной. Целью работы является изучение влияния поверхностного стока на уровень воды в озере.

Потепление и аридизация современного климата юга Западной Сибири проявляются в снижении уровня воды озер, расположенных на ее территории, в первую очередь

бессточных. К категории таких водоемов относится озеро Красиловское (53°10'с.ш.; 84°26'в.д.; абс. высота 220 м) в Косихинском районе Алтайского края. По своему происхождению озеро является подпрудным [1]. Площадь водосбора составляет 46,11 км², зеркала водоема – 0,8 км². Наличие озерных террас свидетельствует о том, что в прошлом озеро имело значительно большие размеры. По данным батиметрических исследований максимальная глубина его центральной зоны в 1978 г. составляла 12 м, в 1998 г. – 8,3 м [1]. В настоящее время озеро имеет максимальную глубину около 6 м (батиметрические данные 2014 г.).

Важным периодом, который играет главную роль в наполнении водоема, является весеннее снеготаяние, интенсивность которого зависит от совокупности факторов: влагосодержания снежного покрова, температурного режима и выпадения атмосферных осадков весной. Другими важными факторами, влияющими на интенсивность изменения уровня воды весной, являются температурный режим в зимний период, степень увлажнения почвы в период осеннего замерзания и глубина ее промерзания. Подъем уровня воды в период снеготаяния относится к категории циклических, ежегодно повторяющихся явлений, однако проблема точности его прогноза до сих пор остается актуальной.

Измерения таких параметров, как уровень воды, температура грунта и воздуха, влажность, высота снежного покрова и количество жидких осадков были проведены с использованием цифровых датчиков автоматического измерительного многопараметрического комплекса «АПИК», созданного в ИМКЭС СО РАН и установленного на берегу озера в июле 2013 г. Отсчет значений измеряемых величин со всех датчиков производился 4 раза в час и фиксировался в памяти контроллера [3].

В основу схемы расчета интенсивности снеготаяния положено уравнение теплового баланса. Количество тепла,

получаемое снегом за счет падающей на него прямой и рассеянной радиации, было рассчитано по формуле [4]

$$Q_s = (1 - A) \cdot \mu \cdot \eta \cdot (S_n + S_{pac})_0,$$

где A – альbedo снежного покрова в долях единицы, $(S_n + S_{pac})_0$ – максимально возможная суммарная солнечная радиация, μ – коэффициент ослабления радиации в атмосфере, η – коэффициент ослабления радиации под пологом леса.

Максимально возможная суммарная солнечная радиация рассчитывалась по формуле [4]

$$(S_n + S_{pac})_0 = \frac{I_0'}{\pi} (\cos^{-1}(-\tan \delta \cdot \tan \varphi) \sin \varphi \cdot \sin \delta + \\ + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin(\cos^{-1}(-\tan \delta \cdot \tan \varphi))),$$

где I_0' – солнечная постоянная, δ – высота Солнца в радианах, φ – широта местности в радианах. Расчеты показали, что величина $(S_n + S_{pac})_0 = 503 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{год}$. Коэффициент ослабления солнечной радиации в атмосфере μ , следуя [5], определялся по эмпирическому выражению

$$\mu = 0,022 \cdot (T_{\max} - T_{cp}) - 0,0413 \cdot X' + 0,547,$$

где $T_{\max}$ – максимальная суточная температура воздуха на высоте 2 м от поверхности, T_{cp} – средняя за сутки температура воздуха на высоте 2 м от поверхности, X' – сумма приведенных осадков за сутки.

Схема вычисления альbedo снежного покрова для расчетного участка поверхности водосбора для открытой местности (поле) выглядит следующим образом:

$$A = A_{\min} + \Delta A,$$

$$\Delta A = (A_{\max} - A_{\min}) + A_x,$$

где A – альbedo снежного покрова, %; $A_{\min}$ – альbedo подстилающей поверхности после полного схода снега, %;

$A_{\max}$ – максимально возможное альbedo снежного покрова, %; A_x – функция увеличения альbedo снежного покрова в дни со снегопадом.

Величина приращения альbedo снежного покрова в случае выпадения свежего снега описана следующей эмпирической формулой:

$$A_x = 5\sqrt{X_s},$$

где X_s – сумма твердых осадков в расчетные сутки, мм. Относительная убыль снега учитывается следующим коэффициентом:

$$\kappa_1 = \frac{Z_{\tau-1}}{Z_0},$$

где $Z_{\tau-1}$ – запас воды в снеге в предшествующий расчету день, мм; Z_0 – начальный запас воды в снеге, мм; τ – порядковый номер расчетных суток в марте.

В основу метода положена оценка двух основных тепловых потоков: теплообмен с атмосферой и суммарная солнечная радиация. Расчет слоя таяния (мм/сутки) для открытого участка можно вести по следующей зависимости [4]:

$$M = 1,2T_{cp} + 0,3(S_n + S_{pac})_0,$$

где T_{cp} – средняя за сутки температура воздуха на высоте 2 м от поверхности земли, $(S_n + S_{pac})_0$ – максимально возможная суммарная солнечная радиация.

В основе прогноза уровня воды в озере во время снеготаяния лежит уравнение водного баланса, которое для бессточного озера может быть представлено в виде [5, 6]

$$V_{ac} + V_{nv} - E = V_{oz} \pm \eta,$$

где V_{ac} – атмосферные осадки (мм), V_{nv} – поверхностный сток (мм), E – испарение с поверхности водоема (мм), V_{oz} – изменение уровня в озере (мм), η – невязка баланса (мм).

В 2015 и 2016 гг. на озере Красиловское были проведены снегомерные съемки. В 2015 году измерения проводились по 3 снегомерным профилям: акватория озера, лес и поле. Также измерения проводились возле блока «Стационар» автономного многоканального измерительного комплекса «АПИК». Результаты приведены в таблице 1.

На рисунке 1 представлен процесс измерения плотности и высоты снежного покрова. Средняя высота снежного покрова в 2013-2014 году по данным «АПИК» составила 70 см. Таяние снега весной 2014 года на изучаемой территории началось в первую неделю марта. По прямым измерениям слой стаивания снега M получили в среднем равным 0,03 м/сут. Теоретический расчет показал, что величина $M \approx 0,04$ м/сут. По данным наблюдений таяние снега весной 2015 года на исследуемой территории закончилось в первой половине апреля. Максимальная высота снега к началу снеготаяния в месте установки «АПИК» составила 50 см, плотность снега – 0,3 г/см³. Слой стаивания снега, рассчитанный по [5], составил $M \approx 0,01$ м/сут.

Таблица 1

Данные снегомерной съемки 2015-2016 гг.

Год	Номер маршрута	Параметры снежного покрова		Запас воды в снеге, мм
		средняя высота, см	средняя плотность, г/см ³	
2015	1 (акватория озера)	24	0,24	61
	2 (лесной)	95	0,30	285
	3 (полевой)	70	0,30	213
	АПИК	67	0,27	181
2016	1 (лесной)	75	0,27	203
	2 (полевой)	53	0,32	170
	АПИК	68	0,27	181



Рис. 1. Измерение плотности снежного покрова в 2015 г.

Уровень воды над гидростатическим датчиком поднялся на 1060 мм. На рисунке 2 показана зависимость изменения уровня воды в озере над гидростатическим датчиком от запасов воды в снеге и количества осадков на период снеготаяния 2013-2014 гг. (а), 2014-2015 гг.(б).

Погрешность определения площади зеркала озера составляет 10 % [2]. Стандартная ошибка измерения слоя стаивания – $\sigma_{\delta} = 0,003$ м. Среднее квадратичное отклонение притока за период половодья – $\sigma = 0,48$ м, стандартная ошибка – $\sigma_{\delta} = 0,3$ м, критерий точности – $\sigma_{\delta}/\sigma = 0,36$.

В таблице 2 представлены характеристики снегомерных профилей, пройденных в зимние сезоны 2014-2015 и 2015-2016 гг. Местность южнее и юго-восточнее озера и с. Красилово открытая и имеет слабонаклонный рельеф, в мезомасштабе представляющий участок северного склона увала, расчлененный овражно-балочной сетью. Рельеф залесенной территории севернее озера – гривно-западинный с относительными высотами отдельных форм от 5 до 20 м.

а)



б)

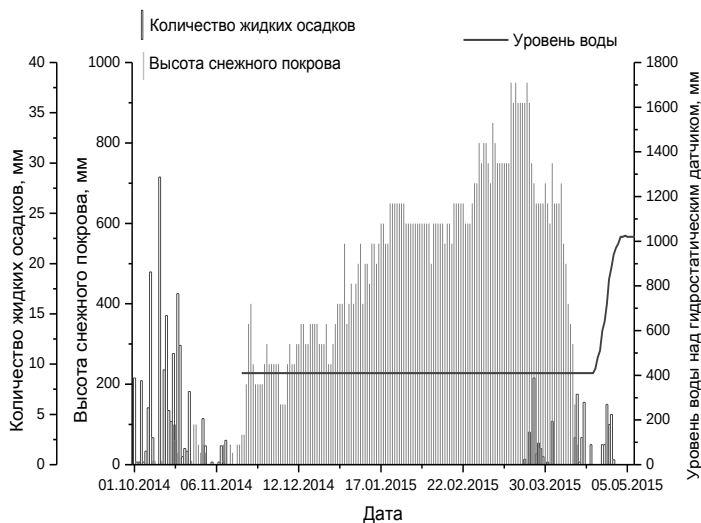


Рис. 2. Среднесуточные значения количества жидких осадков, высоты снежного покрова, уровня воды над гидростатическим датчиком
а – 2013-2014 гг.; б – 2014-2015 гг.

Таблица 2

Характеристики снегомерных профилей в зимние сезоны 2014-2015 и 2015-2016 гг.

Год	Номер профи- ля	Тип	Кол-во точек на профиле	Среднее значение высоты СП, см	Среднее квадратичное отклонение, см	Коэффициент вариации, %	Размещение профиля
2014- 2015	w1	полевой	35	24	12	50	по акватории оз. Красилов на восточной окраине с. Красилов
	w3	полевой	20	70	8	11	
2015- 2016	w1	лесной	40	75	8	11	0,6 км запад- нее стац. на оз. Красилов 0,6 км южнее с. Красилов
	w2	полевой	40	53	8	15	

Коэффициент вариации в таблице 2 характеризует меру рассеяния измеренных значений высоты снежного покрова от среднего, служит показателем репрезентативности и надежности выбранных снегомерных профилей. На этом основании можно сделать вывод, что полевые профили w3 в 2015 году и w2 в 2016 году почти равнозначны при оценке запасов воды в снеге на открытой местности. Небольшое различие коэффициентов вариации можно объяснить неравным объемом данных измерений. Коэффициент вариации на лесном профиле в 2016 году меньше, чем на полевом по причине отсутствия в лесу метелевого переноса снега в сравнении с открытыми пространствами (поле). Однако лесной профиль закреплен на очень волнистом рельефе с наноформами, которые оказывают влияние на оценку среднего значения высоты снежного покрова. Поэтому в будущем необходимо закрепить контрольный профиль в лесу на более плавном рельефе с целью уточнения репрезентативности получаемых данных.

Снегомерный профиль w1 в 2015 году с большим коэффициентом вариации наглядно показывает неравномерность снегонакопления на прилегающих к акватории озера площадях.

Способность почвы в период схода снежного покрова впитывать воду оказывает влияние на величину стока при снеготаянии. Состояние грунта является одним из определяющих факторов интенсивности талого стока. Почвы в районе озера имеют песчаный и суглинистый состав. По данным измерений температуры грунта 2014 года можно сказать, что талая вода не могла впитаться в почву глубже 5 см. Температура грунта до глубины 5 см была выше 0 °С.

Вследствие хода среднесуточных температур воздуха и значительной толщине снежного покрова температура верхних слоев грунта зимой 2014-2015 гг. оставалась выше 0 °С. Весной 2015 г. было зарегистрировано понижение

температуры грунта в начальной стадии (оттепель 23-25 марта) и в период интенсивного снеготаяния. Измерения показали, что при интенсивном снеготаянии аналогичная тенденция изменения температур с некоторым временным сдвигом наблюдалась, по крайней мере, до глубины 240 см. В сложившихся условиях произошел интенсивный сток талых вод в озеро. Устойчивый переход температуры через 0°C слоя грунта до глубины 32 см был зарегистрирован 5 апреля 2014 года, т.е. через неделю после полного схода снега на площадке АПИК и фактически одновременно с завершением подъема воды в озеро.

По данным АПИК в 2016 году в первой декаде декабря практически отсутствовал снежный покров, и произошло промерзание грунта на глубину до 15 см при среднесуточных температурах около -10°C .

Полученные в мониторинговом режиме данные позволили провести комплексный анализ динамики процессов снегонакопления и снеготаяния, температурного режима воздуха и грунта в осенне-весенний и зимний периоды 2013-2014 и 2014-2015 гг., подъема уровня воды в озеро весной. Характер динамики уровня воды различается в 2014 и 2015 годах, прежде всего, в зависимости от интенсивности снеготаяния, а также величины снеготаяния и количества жидких осадков в весенний период.

Таким образом, на основе расчетов по данным снегомерной съемки, метеорологическим и гидрофизическим данным, полученным с помощью комплекса «АПИК», показано, что предполагаемый слой стаивания снега весной 2016 года будет равен 0,03 м/сут. Это выше, чем в 2015 году, т. к. уровень радиации в исследуемые периоды различается: в 2015 году среднее значение в период, предшествующий снеготаянию, составило 27 Вт/м^2 , а в 2016 году – 32 Вт/м^2 . Испарение со снега для весны 2016 года оценено в 30 мм. По нашим расчетам можно сделать вывод, что

снежный покров полностью сойдет за 20 суток с момента начала снеготаяния. Учитывая испарение и уровень промерзания грунта, можно предполагать, что поверхностный сток в озеро будет больше, чем в 2015 году Следовательно, уровень воды в озере может подняться на отметку около 1000 мм над гидростатическим датчиком.

Список литературы

1. Лузгин Б.Н. Происхождение Красиловского озера // Изв. АлтГУ. Сер. Химия, география, биология. – 1998. №4(9). – С.113-116.
2. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель // Равнинные районы Алтайского края и Южная часть Новосибирской области. – Л., 1962. – Вып. 6. – С. 380-410.
3. Зуев В.В., Суторихин И.А., Шелехов А.П., Кураков С.А., Залаева У.И. Измерительный комплекс для регистрации параметров окружающей среды на водном объекте // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 188-190.
4. Walter M.T., Brooks E.S., McCool D.K., King L.G., Molnau M., Boll J. Process-based snowmelt modeling: does it require more input data than temperature-index modeling? // Journal of Hydrology. – 2005. – 300(1-4). – P. 65-75.
5. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. – Л., 1979. – 257 с.
6. Винников, С.Д., Викторова, Н.В. Физика вод суши: учеб. – СПб., 2009. – 430 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Гармс Е.О. К КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНОГО АЛТАЯ	3
Губарев М.С. ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ БЕССТОЧНОЙ ОБЛАСТИ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО НАЛИЧИЮ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПИТЬЕВОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	12
Кобелев В.О., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Хвостов И.В. О ПРИМЕНИМОСТИ МИКРОВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ОПРЕСНЕНИЯ КАРСКОГО МОРЯ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ	19
Ковригин А.О., Пузанов А.В., Лазарев А.Ф. ОНКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЛОКТЕВСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ	27
Котовицков А.В., Долматова Л.А. МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА А ФИТОПЛАНКТОНА В ВЕРХНЕЙ ОБИ	32
Лабузова О.М., Лысенко М.С., Носкова Т.В., Папина Т.С. ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА В РЕКИ ПИВОВАРКА, БАРНАУЛКА, ОБЬ В ПЕРИОД СНЕГОТАНИЯ	38
Литвих М.Е., Эккердт К.Ю., Акулова О.Б. РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ И СЧЁТНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДЕ ОЗЁР АЛТАЙСКОГО КРАЯ	46

Малыгина Н.С. МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ В ГОРНОМ АЛТАЕ	55
Першин Д.К. ДИАПАЗОНЫ ВАРЬИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ЛЕТНЕЙ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ В ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ БАССЕЙНА РЕКИ КАСМАЛА .	61
Синельников А.А. ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С АВТОНОМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ГОРНОМ ВОДОСБОРЕ	71
Соколова М.И., Зарубина Е.Ю. ОСОБЕННОСТИ ЗАРАСТАНИЯ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ БЕЛОВСКОЙ ГРЭС (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	78
Фроленков И.М., Фроленков О.М., Суторихин И.А. ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ОЗЕР ПО ГИДРООПТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ	85
Янковская У.И., Коломейцев А.А. ДИНАМИКА УРОВНЯ ВОДЫ БЕССТОЧНОГО ОЗЕРА КРАСИЛОВСКОЕ В ПЕРИОД СНЕГОТАЯНИЯ В 2014-2016 ГОДЫ	92

Материалы XVI-й конференции
молодых учёных ИВЭП СО РАН

«ШАГ В НАУКУ»

Техническая редакция, компьютерная верстка,
дизайн обложки – Л.В. Пестова

Подписано в печать 18.04.2016. Формат 60х84 1/16.
Печать – цифровая. Усл. п.л. 6,1
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Пять плюс»
656049, г. Барнаул, ул. Крупской, 97,
Тел.: +7(385-2) 62-32-07,
e-mail: fiveplus07@mail.ru
www.five-plus.ru