

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГЕОГРАФИЯ И РЕГИОН

Том IV

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ. КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

Материалы международной
научно-практической конференции
(23–25 сентября 2015 г.)



Пермь 2015

УДК 551.579

ББК 26.23

Г 35

География и регион: материалы между-
нар. науч.-практ. конф. (23–25 сентября 2015 г.):
Г 35 в 6 т. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь,
2015. – Т. IV. Гидрометеорология. Картография
и геоинформатика. – 251 с.

ISBN 978-5-7944-2584-0 (т. IV)

ISBN 978-5-7944-2580-2

Сборник содержит материалы международной научно-практической конференции «География и регион», секций «Гидрометеорология» и «Картография и геоинформатика», проведенной на географическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета. В издание включены результаты современных исследований в области гидрологии, метеорологии, геоинформатики.

Материалы конференции могут представлять интерес для научных работников, сотрудников администраций, преподавателей вузов, аспирантов, студентов.

УДК 551.579

ББК 26.23

*Печатается по решению оргкомитета
международной научно-практической конференции «География и регион»*

ISBN 978-5-7944-2584-0 (т. IV)

ISBN 978-5-7944-2580-2

© Пермский государственный
национальный исследовательский
университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ.....	9
<i>Беляев Б. М., Ефимов В.А.</i> От морских лагун к меромиктическим озерам побережья Белого моря: результаты гидролого-гидрохимических исследований.....	9
<i>Ветров А.Л., Сивков Б.А.</i> Прогноз осадков на Урале с использованием модели WRF при разных схемах параметризации микрофизики облака.....	14
<i>Двинских С.А., Китаев А.Б.</i> Особенности формирования гидрологического риска на водохранилищах.....	19
<i>Ермакова Л.Н., Черепанова Е.С., Оборин М.С.</i> Биоклиматическая оценка территории Пермского края.....	26
<i>Законнов В.В.</i> Районирование водохранилищ Волги по условиям седиментации.....	31
<i>Захаров С.Г.</i> Об изменчивости гидрохимических параметров озер Челябинской области.....	38
<i>Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г., Демакина И.И.</i> Изменчивость многолетнего хода зимних и летних температур воздуха в Саратовской области.....	42
<i>Калинин Н.А., Ветров А.Л., Пищальникова Е.В., Связов Е.М., Шихов А.Н.</i> Сильные снегопады на Урале в октябре 2014 года.....	46
<i>Китаев А.Б.</i> Обмен вод как показатель самоочищающей способности водоема (на примере Камского водохранилища).....	50
<i>Китаев А.Б., Михайлов А.В.</i> Исследование воздействия волнения на интенсивность абразионных процессов на берегах камских водохранилищ.....	55
<i>Кулик И.В.</i> К вопросу об оптических свойствах воды озёр границы Среднего и Южного Урала.....	61
<i>Лебедева М.Г., Петина М.А., Решетникова Л.К.</i> Современные условия формирования годового стока реки Оскол.....	66
<i>Лобанов В.А., Шадурский А.Е., Тоцакова Г.Г., Кириллина К.С., Лобанова С.А., Шукри О.А.</i> Методы и результаты статистического моделирования климатических изменений.....	71
<i>Магрицкий Д.В.</i> Опасные гидрологические явления и процессы в устьях рек Каспийского моря.....	77
<i>Малаев А.В.</i> Особенности гидрологического режима бессточных озер Зауралья и его влияние на процесс зарастания.....	85

Марухно А.В., Жирма В.В. Некоторые аспекты гидрологического и водохозяйственного районирования в бассейне Кубани	90
Носков В.М., Китаев А.Б. Некоторые проблемы эксплуатации водохранилищ	94
Олиферов А.Н. Водная проблема в Крыму	100
Переведенцев Ю.П., Аухадеев Т.Р., Шанталинский К.М. Долгопериодные изменения температуры воздуха в Казани	103
Перевозицкова О.А., Калинин В.Г., Суманеева К.И. О пространственной неоднородности температуры водных масс Камского водохранилища в весенний и осенний периоды	109
Перерва Н.И., Василевская Л.Н., Хохлов А.О. Изменение числа тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана за период 1970-2011 гг.	113
Пищальникова Е.В. Пространственно-временное распределение влагосодержания атмосферы при выпадении очень сильных снегопадов в Пермском крае	118
Поморцева А.А. Исследование радиолокационных характеристик сильных снегопадов	123
Прахина С.И., Ормели Е.И., Догадин А.В. Модели урожайности озимых зерновых культур в условиях Саратовской области	126
Селютин В.С. Статистические характеристики режима осадков в Брянской области	130
Семёнов В.А. География распределения и частота опасных гидрологических явлений на реках России при современных изменениях климата	136
Семикина С.С., Сотников П.В. Особенности химического состава подземных вод Алтайского края	142
Сточките Ю.В., Василевская Л.Н., Шкаберда О.А. Соотношение между трендами изменений температуры почвы и воздуха на крайнем северо-востоке России	147
Толмачева Н.И. Комплексное исследование характеристик атмосферной турбулентности	152
Федорова А.Г., Василевская Л.Н. Современный режим оттаивания верхнего горизонта криолитозоны на северо-востоке России	158
Цыганков А.В., Паришина Л.Н. Ситуационный центр Росгидромета и его взаимодействие с Национальным центром по управлению в кризисных ситуациях (НЦУКС) в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности населения	161
Шайдулина А.А., Тимерова З.Р. К вопросу о горизонтальных русловых деформациях на реках Центральной России и Урала	166

Шихов А.Н., Быков А.В. Анализ условий развития сильных смерчей в Прикамье.....	169
Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Выявление долговременных тенденций изменения рассеивающей способности атмосферы в г.Перми.....	175
Шумихина А.В. Морозы и оттепели в Ижевске в XX–XXI столетиях.....	180
КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА	186
Бажукова Н.В., Ташикина А.Н. Создание макета атласа «Природа Пермского края» как обеспечение учебных вузовских курсов.....	186
Белозеров В.С., Черкасов А.А. Геоинформационное моделирование этнических и миграционных процессов в России.....	191
Данилов В.А., Басамыкин С.С. Муниципальная ГИС агропромышленного комплекса: информационное обеспечение для управления земельными ресурсами (на примере Советского района Саратовской области).....	197
Иванов М.А. Методические аспекты картографирования типов землепользования по данным космической съемки.....	203
Киселева Е.С. Математико-картографическое моделирование социально-экономических объектов и явлений Пермского края.....	209
Куница М.Н., Лобанов Г.В., Гаврютина Н.Л. Информационные ресурсы формирования туристского образа региона.....	212
Перминов С.И. Особенности создания цифровых ортофотомозаик разного пространственного разрешения (на примере территории Пермского края).....	219
Пonomарчук А.И., Маракулин Я.М. Пространственный анализ пожароопасной ситуации в Пермском крае на основе многолетних наблюдений.....	224
Черноморец А.А., Петина М.А., Коваленко А.Н., Черноморец Д.А. Разработка web-ресурса для мониторинга и оповещения об экологических угрозах на водных объектах.....	231
Щекотилов В.Г., Лазарев О.Е., Шалаева М.В., Щекотилова С.Н. Использование в ГИС архивных топографических межевых карт 8 губерний съемки А.И. Менде.....	236
Щекотилов В.Г., Лазарева О.С., Шалаева М.В., Щекотилова С.Н. Комплексование в ГИС архивных крупномасштабных карт и поездных документов по населенным местам и владениям XIX века.....	243

ПРЕДИСЛОВИЕ

Географический факультет Пермского университета сегодня – один из крупнейших факультетов подобного профиля. На нем обучается более 1000 студентов и работает более сотни преподавателей. По семи направлениям высшего образования осуществляет деятельность семь кафедр, по трем научным специальностям проводятся защиты кандидатских и докторских диссертаций, ежегодно готовятся десятки книг и периодических научных изданий, действует крупная учебно-научная база студенческих практик в уникальном районе Пермского края, проводятся полевые географические изыскания и фундаментальные исследования, организуются большие экспедиции.

Факультет курирует многие программы социально-экономического развития Пермского края, школьное географическое и экологическое образование в регионе, поддерживает научно-ориентированных учащихся. Факультетская олимпиада «Юные таланты. География» многолетней качественной работой заслужила всероссийское признание и первый федеральный уровень сертификации. Многогранность факультетской жизни выражается в достижениях студенческого спорта и художественной самодеятельности, где ежегодно географы – одни из лидеров. Расширяется волонтерская работа, вовлеченность в общественные дела города и региона. Факультет активно участвует в работе Русского Географического Общества.

Научные конференции разного уровня – обязательный компонент жизни факультета. Более десяти научных форумов в год проводят преподаватели и студенты. Активность наших студентов в научной работе выражается в ежегодных призах и победах на конференциях, конкурсах, олимпиадах, проходящих в университетах России.

Наряду с учебной и научной работой, преподаватели факультета считают важнейшей и воспитательную работу. Они воспитывают студентов как географов и путешественников, ценящих взаимопомощь и трудолюбие, терпение в пути и оптимизм, прививают навыки полевых исследователей и первопроходцев. Часто на собственном примере профессора и преподаватели развивают у будущих географов интерес к народам и культурам, странам и регионам, к иностранным языкам, бережное отношение к природе, прививают любовь к родной стране, Уралу и Прикамью. Одним из стратегических принципов работы факультета всегда был принцип ответственности за регион.

В этом году географический факультет отмечает 60-летие. В 1955 г. осуществлен первый набор студентов на географический факультет Пермского государственного университета. 60 лет факультет

существует под таким названием как отдельное подразделение. Однако история факультета еще более длительная и богатая. С 1938 г. работал геолого-географический факультет в Пермском университете, готовивший по географическим специальностям. До этого в 1932 г. в Пермском педагогическом институте, выделенном из Пермского университета, образовался естественно-географический факультет, где готовились учителя географии. Факультет пединститута полностью вошел в состав факультета университета в 1955 г. Еще раньше в 1920 г. появился естественно-географический факультет в Уральском государственном университете в Свердловске (Екатеринбурге), который был переведен в Пермь и включен в состав географического факультета Пермского университета в 1955 г.

Научная конференция «География и регион» – не рядовое и не ежегодное научное мероприятие. Это третий подобный научный форум. Он проводится факультетом раз в десять лет, имеет обобщенную тематику и предполагает участие в организации всех его кафедр, издание целых серий научных материалов во многие десятки печатных листов. Как правило, конференция имеет широкую географию участников и высокий авторитет среди географов страны. Первая и вторая конференции (1995 и 2002 гг.) отмечены докладами и участием таких выдающихся ученых и руководителей как Ю.П. Трутнев (ныне вице-премьер правительства РФ), В.В. Маланин (ныне президент Пермского университета), С.Б. Лавров (Президент РГО), Ю.П. Селиверстов (Президент РГО), Н.С. Касимов (ныне академик, первый вице-президент РГО). Конференция собирала известных специалистов практически по всем областям географических наук. В 2002 г. Конференция проводилась одновременно с Совещанием УМО по Экологии и устойчивому развитию в Перми.

В этом году Конференция приурочена к 60-летию факультета и организовывается по нескольким научным секциям всеми кафедрами. Тематика конференции – «География и регион», обозначенная двадцать лет назад, оказалась востребованной временем. Удачность многообразной региональной деятельности невозможна без понимания региона как географического феномена, без прикладных и фундаментальных исследований, которыми богата географическая наука.

Впервые факультет организывает Фестиваль Пермского отделения Русского Географического Общества, который проводится в те же сроки, обогащает Конференцию и позволит полнее познакомиться жителям, прежде всего, Пермского края с современными достижениями в географии.

Мы очень рады вам – участникам Конференции, гостям Фестиваля, благодарны за возможность видеть вас и общаться с вами, очень надеемся на успешную и приятную работу.

Декан географического факультета
Пермского университета

А.И. Зырянов

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.46, 574.58, 579.26

ОТ МОРСКИХ ЛАГУН К МЕРОМИКТИЧЕСКИМ ОЗЕРАМ ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГО- ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б.М. Беляев, В.А. Ефимов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, г. Москва, Ленинские горы, 1, e-mail: belbor1@gmail.com

Научный руководитель – д.г.н., профессор Фролова Н.Л.

В данной работе рассматриваются результаты исследований отделяющихся от моря водоемов на полуострове Киндо в Кандалакшском заливе Белого моря в районе Беломорской биологической станции МГУ. Особое внимание уделяется процессам и стадиям превращения водных объектов из элемента морской акватории в самостоятельное озеро, изменению при этом их гидрологических и гидрохимических параметров.

Ключевые слова: меромиктическое озеро; термодинамический режим; Беломорская биологическая станция; эволюция водных объектов; комплексные гидрологические исследования; вертикальная структура водоемов.

В последние несколько лет на Беломорской биологической станции (ББС) МГУ активно развиваются междисциплинарные исследования, направленные на изучение отделяющихся от моря водоемов. В период с 2014 по 2015 г. исследованию этих объектов были посвящены две зимних, одна летняя и одна осенняя студенческие экспедиции кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (рисунок).

Экологическая структура отделяющихся водоемов отлична от остальной части акватории Белого моря, но в то же время весьма устойчива и характерна для прибрежной полосы морской акватории [5]. Эти водные объекты недостаточно изучены в гидрологическом отношении. Сравнительно малые размеры меромиктических озер и постоянство их гидрологической структуры делают эти объекты удобными для построения моделей, которые описывают процессы отделения водоемов от моря и которые могут быть использованы для более крупных аналогичных водных объектов. Изучение процессов, наблюдающихся в водоемах такого типа, позволяет прогнозировать возможные варианты развития экологической ситуации при отделении плотинами или дамбами участков морских заливов.

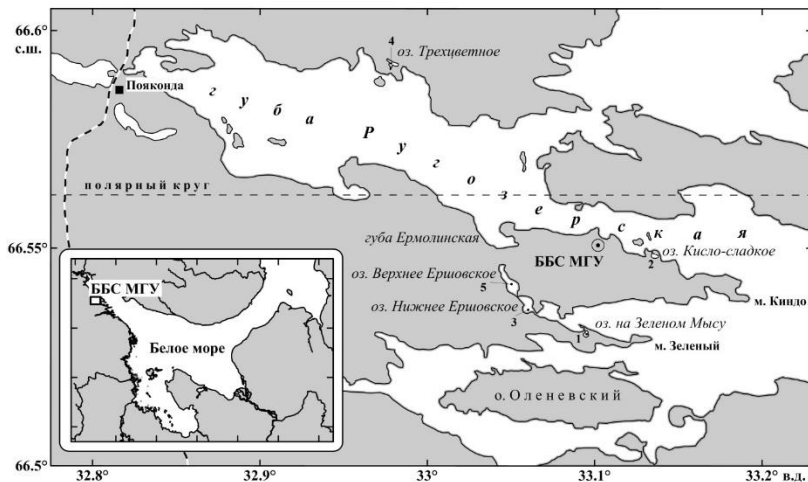


Рис. Район исследований

Большая часть береговой зоны Белого моря в настоящее время находится в состоянии геостатического поднятия (около 4 мм в год) [1] после воздействия ледников плейстоценового периода. Это является причиной отделения от акватории многочисленных лагун, заливов, губ, проливов и образования небольших озер, постепенно теряющих связь с морем. В результате процесса отделения от моря, водоем приобретает ряд особенностей, которые определяют его гидрологические и экологические параметры. Солёность воды постепенно уменьшается после отделения. В связи с уменьшением солёности происходит и смена биологических сообществ от организмов, обитающих в соленой воде, к организмам, способным жить в воде с широким диапазоном солёности, а затем и в пресной. Постепенно с уменьшением влияния морских водных масс в озерах возникают слои, значительно различающиеся по физическим и химическим параметрам. Таким образом, отделившись от моря, водоем постепенно преобразуется в меромиктическое озеро, в котором более минерализованные опустившиеся ко дну водные массы морского происхождения препятствуют полному перемешиванию водоема. Со временем, доля пресных вод в озере становится все более существенной, что приводит к установлению голомиктического термодинамического режима [2].

Исследования в окрестностях ББС МГУ интересны тем, что здесь представлены водоемы, находящиеся на различных стадиях отделения от морской акватории, это дает возможность проследить во

времени процессы преобразования гидрологических и гидрохимических параметров этих водных объектов.

В ходе экспедиций было обследовано семь озер, различающихся по размерам, гидрологической структуре, особенностям водного режима. Для каждого водоема определялись следующие характеристики: электропроводность, температура, соленость воды (кондуктометр YSI 1030 Pro), величина pH (pH-метр АКВИЛОН-401), содержание растворенного в воде кислорода (метод Винклера [3]), главных ионов и биогенных элементов (в соответствии с методиками, изложенными в [4]), также проводились наблюдения за колебанием уровня воды (логгеры Levelogger и Star-ODDI). Точки наблюдений и отбора проб на водоёмах были расположены таким образом, чтобы получить наиболее равномерное пространственное распределение данных, учитывая особенности водоемов. Полученные данные позволяли судить о структуре водных масс, по которой можно определить на какой стадии отделения от моря находится водоем. Особое внимание уделялось проведению наблюдений в точках, имеющих максимальную глубину, измерения в которых, как правило, позволяют охватить весь структурный диапазон водных масс. На основе полученных данных были выделены три группы водоемов: лагуны, зависящие от приливных процессов (оз. Кисло-Сладкое, лагуна на Зеленом мысу), меромиктические озера (оз. Трехцветное, оз. Еловое, оз. Нижнее Ершовское), пресные озера (оз. Верхнее, оз. Водопроводное, оз. Верхнее Ершовское).

Вертикальная структура оз. Кисло-Сладкое и лагуны на Зеленом мысу испытывает сезонные и межгодовые изменения. Воды этих водоемов солоноватые (от 5-10 ‰ до 25 ‰) по всей толще в течение года, что свидетельствует о регулярном взаимодействии с водами Белого моря, а, следовательно, и о начальной стадии отделения этих водоемов. В теплый период года наблюдается зависимость солености приповерхностного слоя воды (толщина которого не превышает 1 м при максимальной глубине водоемов 4 м и 6 м соответственно) от синоптических факторов (в основном ветровое воздействие, осадки), что является причиной как уменьшения, так и увеличения значений данной характеристики. На соленость поверхностного горизонта в зимний период в значительной мере влияет характер взаимодействия с морскими водными массами осенью. Соленость придонного слоя довольно высока (стабильно не менее 25 ‰) и порой может превышать значения, свойственные морской воде, что связано с поступлением весной рассола, образованного в результате таяния льда, сформировавшегося из морской воды.

Особенности сочленения водоемов с морем заключаются в наличии перемычек, которые отделяют их от морской акватории, соответственно в период приливов морская вода поднимается выше естественной преграды, попадая в водоемы. Поэтому для этих водных объектов актуально использование логгеров, записывающих в автоматическом режиме уровень воды (устанавливались непосредственно в оз. Кисло-Сладкое и лагуне на Зеленом мысу, а также летом 2014 г. на самих перемычках). Именно с помощью данных об изменении уровня воды, можно судить о степени воздействия морской воды на водные массы водоемов.

Классическим меромиктическим водоёмом является озеро Трёхцветное. В нем выделяется слой пресной или чуть солоноватой воды у поверхности до глубины 2 м и соленой воды, которая проявляется резким скачком после глубины 2 м. Вертикальная структура озера сохраняется неизменной в течение всего года. Соответственно изменение минерализации в течение года наблюдается лишь в приповерхностном слое воды глубиной не более 2 м, глубже концентрации главных ионов от года к году остаются практически неизменными (максимальная глубина около 6,5 м). Название «Трёхцветное» этому озеру дано за впечатляющие различия в окраске трех его слоев. Верхний пресный слой — желтоватый из-за гуминовых веществ, поступающих со стоком из болота, под ним располагается соленая вода, причем в области хемоклина на границе аэробной и анаэробной зон всегда присутствует ярко-зеленый слой воды, а ниже него залегает сероводородная соленая водная масса лимонно-желтого цвета, мутноватая из-за кристаллов серы.

Озера третьей группы являются классическими для умеренного климатического пояса пресными озерами. Для них характерно полное перемешивание в течение года, слабое изменение электропроводности с глубиной, а температурная стратификация в таких озерах изменяется в зависимости от сезона года. Вода в них имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав, в то время как для водоемов двух других групп он близок к беломорскому с доминированием ионов хлора и натрия.

Для ряда меромиктических озер и водоемов, сохранивших активное взаимодействие с морскими водами, характерно наличие зоны аноксии в придонных горизонтах и развитие там хемосинтезирующих бактерий, обеспечивающих сульфатредукцию. При этом в сероводородной зоне концентрации биогенных элементов выше, чем в приповерхностном слое. Максимальные концентрации органического фосфора наблюдаются в первых 1-2 м глубины, в связи с активной деятельностью организмов в фотическом слое, ниже границы сероводо-

родного слоя органический фосфор отсутствует, но концентрация минерального (а в итоге и валового) увеличивается в основном за счет поступления из донных отложений в условиях отсутствия перемешивания. Похожая ситуация наблюдается с концентрациями кремния: в сероводородной зоне она в полтора-два раза выше, чем у поверхности, что, вероятно, связано с отложением кремния в донных отложениях и с его поступлением с грунтовыми водами.

Во время экспедиции были проведены исследования скорости насыщения кислородом подлёдного слоя воды для пресноводного и меромиктического озера.

Помимо гидролого-гидрохимических исследований проводились также геодезические работы для определения высотных отметок озер и выявления особенностей взаимодействия водоемов с морем. Комплекс работ был дополнен исследованием бентосного сообщества, направленное на определение характера взаимосвязи между гидролого-гидрохимической структурой водоема и видовым составом бентоса.

Полученные в ходе гидролого-гидрохимических исследований в 2014–2015 гг. результаты позволяют на примере западного побережья Белого моря выявить особенности водоемов, находящихся на различных стадиях изменения термодинамического режима. В зависимости от площади бассейна, поступления пресной воды и контакта с морскими водами, водоем может развиваться как в сторону осолонения, так и в сторону опреснения.

Библиографический список

1. *Кокрятская Н.М., Краснова Е.Д., Титова К.В., Лосюк Г.Н.* Формирование сероводородного заражения отшнуровавшихся от моря озер (Кандалакшский залив Белого моря) // Геология морей и океанов: Материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии». Т. III. М.: 2011. С.123–125.

2. *Пантюлин А. Н., Краснова Е. Д.* Отделяющиеся водоемы Белого моря: новый объект для междисциплинарных исследований // Геология морей и океанов: Материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии». Т. III. М.: 2011. С. 241–245.

2. Руководство по методам химического анализа поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 541 с.

4. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового Океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.

5. Фролова Н.Л., Попрядухин А.А и др. Зимний режим меромиктических озер западного побережья Белого моря. М.: Географический ф-т МГУ, 2014. 61 с.

FROM MARINE LAGOONS TO MEROMICTIC LAKES OF THE COAST OF THE WHITE SEA: RESULTS OF HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCHES

V.M. Belyaev, V.A. Efimov
Lomonosov Moscow State University,
119991, Moscow, Leninskie Gory, 1, e-mail: belbor1@gmail.com

This article discusses the research results of lakes, which are separating from the sea in peninsula Kindo in Kandalaksha Bay of White Sea near the White Sea Biological Station of Lomonosov Moscow State University. Particular attention is given to processes and stages of water bodies' transformation from an element of sea area to an independent lake and to change herewith their hydrological and hydro-chemical parameters.

Key words: meromictic lake, thermodynamic regime, White Sea Biological Station, evolution of water bodies, comprehensive hydrological research, vertical structure of water bodies.

УДК 551.577.11

ПРОГНОЗ ОСАДКОВ НА УРАЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ WRF ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ МИКРОФИЗИКИ ОБЛАКА

А.Л. Ветров, Б.А. Сивков

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: vetrov@psu.ru

В сообщении рассматривается прогноз осадков с помощью модели WRF для территории Уральского Прикамья. Прогноз осадков производился с помощью разных схем параметризаций фазовых переходов водяного пара для июля 2014 г. Полученные результаты свидетельствуют, что лучшими схемами являются: параметризации Моррисона, Милбранта-Ю и WSM6.

Ключевые слова: модель WRF, фазовые переходы водяного пара, параметризации, прогноз.

Оценка качества прогноза осадков производилась по факту наличия (отсутствия) и количеству осадков. Характеристики оправданности прогноза факта осадков вычислялись с помощью таблицы сопряженности.

Рассчитывались следующие характеристики успешности прогноза факта наличия (отсутствия) осадков:

1. *Общая оправдываемость прогноза U* , характеризующая процент успешных прогнозов;

2. *Оправдываемость прогноза наличия осадков U_o (отсутствия осадков $U_{\bar{o}}$)*, характеризующая процент успешных прогнозов наличия (отсутствия) осадков;

3. *Предупрежденность прогноза наличия P_o (отсутствия $P_{\bar{o}}$) осадков*, характеризующая процент успешно предсказанных случаев выпадения (осадков) осадков;

4. *Критерий Пирси-Обухова T* , характеризующий успешность совпадения прогностических и фактических зон осадков (при идеальном прогнозе $T=1$, при абсолютно некорректном прогнозе $T=-1$).

При вычислении оценок за факт осадков принималось усредненное в пункте или районе (в узлах сетки) количество осадков 0,1 мм/12 ч. Усредненное количество осадков 0,1 мм/12 ч принимается за факт отсутствия осадков.

Для оценки качества прогноза количества осадков рассчитываются следующие статистические характеристики: *средняя абсолютная ошибка прогноза δQ , средняя арифметическая (систематическая) ошибка прогноза δ , средняя квадратическая ошибка прогноза σ_o , оправдываемость прогноза осадков при заданных градациях ошибок ($\leq 1, \leq 2, \leq 3, \leq 5, \leq 8, \leq 15, \geq 15$) P_Q* .

Для исследования использовалась модель WRF v3.2.1. Горизонтальное разрешение модели: 199x199. Шаг регулярной сетки равен 10 км. В качестве исходного материала использовались данные глобальной модели GFS (Global Forecast System). Эти данные предоставляются американским государственным агентством NCEP (National Centers for Environmental Prediction) в коде GRIB (gridded bin) с разрешением 0,5°. Для счета модели использовался суперкомпьютер "ИГУ-Тесла" научно-образовательного центра «Параллельные и распределенные вычисления» Пермского государственного национального исследовательского университета. Запуск модели производился при постоянном наборе параметризаций, менялась лишь микрофизика. Постоянные параметризации были следующие:

1. Длинноволновая радиация – схема RRTM. В ней учитывается поглощение излучения водяным паром, углекислым газом, озоном, оксидом азота, метаном. В спектре длинноволновой радиации выделено 16 полос поглощения, для которых определены основные и слабые поглотители. Расчет переноса радиации осуществляется по слоям. Метод очень точен и реалистично воспроизводит процессы в атмосфере.

2. Коротковолновая радиация – схема Dudhia. Учитывается облачность, поглощение и рассеяние в безоблачной атмосфере.

3. Приземный слой – схема Монино-Обухова с вязким подслоем Карлсона-Боланда.

4. Подстилающая поверхность – схема Noah LSM. Параметризация позволяет описывать и прогнозировать температуру и влажность в 5 слоях почвы (до 100 см), а также водный эквивалент и толщину снега. Учитывает поверхностный и внутрисочвенный стоки, физику снежного покрова и замороженной почвы.

5. Пограничный слой – схема YSU (Yonsei State University, Южная Корея).

6. Конвекция – схема Грелла-Девени (ансамблевая).

Синоптические условия июля 2014 г. были необычными. Один за другим, выбрав траекторию с северо-востока на юго-запад, с севера Западной Сибири на Средний Урал смещались высотные холодные циклоны, обуславливая северный, северо-восточный вынос. Местами на юго-востоке явления, входящие в комплекс неблагоприятных метеорологических явлений (частые дожди и повышенная влажность воздуха), достигли опасных критериев.

Средняя месячная температура воздуха на территории Пермского края в июле составила 13–17°C, что на 3–4°C ниже климатической нормы. Наиболее холодной, с аномалией –4...–6°C была вторая декада. 18 июля был перекрыт абсолютный суточный минимум на 0,2°C, который составлял 5,3°C и был зарегистрирован в 1891 году, однако месячный минимум перекрыт не был. Он составляет 1,7°C и был отмечен 24 июля 1997 года. За месяц в Перми было только 6 дней с температурой воздуха в дневное время 25°C и выше, и ни разу температура воздуха не достигала 30-ти градусной отметки. В среднем таких дней бывает 15, а с жарой – 4. Такой холодный июль последний раз в Перми был в 1986 году. Причем июнь в этом году, как и нынешний, тоже был холодный.

В течение месяца было два глубоких похолодания: 10 и 17 июля с понижением дневной температуры воздуха на 6–11°C. Вечером 16 и в первой половине ночи 17 июля с прохождением холодного фронта местами отмечались грозы, усиление ветра с грозой до 19 м/с, град. Осадки по территории края распределялись очень неравномерно. Сумма их составила от 45 до 144 мм, что составляет 59–205 % нормы. С 4 по 6 июля в отдельных районах отмечались сильные дожди 28–43 мм/12 часов.

Очевидно, чтобы оценить насколько ансамбль улучшит (ухудшит) прогноз, необходимо знать качество детерминированного прогноза. Последний представляет собой прогон модели с заблаговременностью 48 ч, в котором варьировались параметризации микрофизики. Всего было выбрано 11 схем: схемы Кесслера, Линя, Томсона, Годдарда, Милбранта-Яо, Моррисона, WSM3, WSM5, WSM6, WDM5, WDM6. Запуск модели проводился для территории Пермского края с 3 по 31 июля 2014 г. Шаг сетки 10 км. Оценивались суммы осадков за 12 ч в

стандартные сроки 03 и 15 ч ВСВ (Всемирного скоординированного времени). Оценка осуществлялась по данным 19 метеостанций.

Результаты оценки оправдываемости прогнозов осадков по факту наличия (отсутствия) на срок 03 ч ВСВ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели успешности прогноза осадков по факту наличия (отсутствия) на срок 03 ч ВСВ

<i>Схема</i>	<i>T</i>	<i>U</i>	<i>Uo</i>	<i>Ubo</i>	<i>По</i>	<i>Пбо</i>
Кесслер	0,4	0,74	0,67	0,80	0,64	0,80
Линь	0,5	0,76	0,65	0,73	0,80	0,73
WSM3	0,5	0,75	0,63	0,68	0,85	0,68
WSM5	0,5	0,75	0,65	0,73	0,79	0,73
WSM6	0,5	0,76	0,65	0,73	0,81	0,73
Томпсон	0,6	0,77	0,67	0,75	0,80	0,75
Годдард	0,5	0,77	0,70	0,80	0,73	0,80
Милбрант-Яо	0,5	0,76	0,71	0,83	0,65	0,83
Моррисон	0,6	0,78	0,70	0,79	0,77	0,79
WDM 5	0,5	0,75	0,66	0,76	0,73	0,76
WDM 6	0,5	0,75	0,67	0,77	0,71	0,77

В целом результаты всех схем сопоставимы. Общая оправдываемость прогнозов составила 74 – 78 %. Критерия Пирси-Обухова – 0,4–0,6, что говорит о практической значимости прогноза. Предупрежденность выпадения осадков почти по всем схемам составила 70 – 85 %, что можно считать удовлетворительным результатом.

В таблице 2 приведены данные об ошибках прогноза количества осадков.

Таблица 2

Качество прогноза количества осадков на срок 03 ч ВСВ

<i>Схема</i>	δQ	σ_Q	δ
Кесслер	1,9	4,51	-1,0
Линь	2,0	4,24	-0,5
WSM3	1,9	4,41	-0,7
WSM5	1,9	4,02	-0,4
WSM6	1,9	4,02	-0,4
Томпсон	2,0	4,32	-0,5
Годдард	2,0	4,69	-0,3
Милбрант-Яо	1,9	4,18	-0,7
Моррисон	1,9	4,17	-0,6
WDM 5	1,9	4,11	-0,4
WDM 6	1,9	4,07	-0,6

Исходя из значений систематической ошибки, можно сказать, что все параметризации занижают количество осадков. При этом ошибка не превышает 1 мм. Средняя абсолютная ошибка не превысила 2 мм. Коэффициент корреляции составил 0,5 – 0,6. Оправдываемость 90% была достигнута при отклонении прогностического значения от фактического на 3 мм (табл. 3). Число случаев с отклонением больше 15 мм не превысило 2%.

Таблица 3

**Оправдываемость прогноза осадков на срок 03 ч ВСВ
при заданных градациях ошибок P , %**

Схема	≤ 1	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 8	≤ 15	> 15
Кесслер	79	85	89	93	96	98	2
Линь	77	84	88	93	96	98	2
WSM3	79	86	90	94	96	98	2
WSM5	77	85	89	93	96	98	2
WSM6	78	85	89	93	95	99	1
Томпсон	77	83	88	93	95	98	2
Годдард	77	85	90	93	96	98	2
Милбрант-Яо	78	84	89	94	96	98	2
Моррисон	79	86	89	93	96	98	2
WDM 5	77	85	89	93	96	98	2
WDM 6	77	85	89	92	95	99	1

Лучшие результаты показали схемы Моррисона, Милбранта-Яо, и WSM6. Так же неплохо работают схемы Годдарда и Томпсона.

Результаты оценки оправдываемости прогнозов осадков по факту наличия на срок 15 ч ВСВ представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Показатели успешности прогноза осадков по факту наличия (отсутствия)
на срок 15 ч ВСВ**

Схема	T	U	U_0	U_{00}	P_0	P_{00}
Кесслер	0,5	0,74	0,67	0,78	0,67	0,78
Линь	0,5	0,74	0,65	0,72	0,78	0,72
WSM3	0,5	0,72	0,62	0,68	0,78	0,68
WSM5	0,5	0,73	0,63	0,71	0,76	0,71
WSM6	0,5	0,75	0,66	0,74	0,76	0,74
Томпсон	0,5	0,75	0,66	0,72	0,80	0,72
Годдард	0,5	0,76	0,66	0,72	0,82	0,72
Милбрант-Яо	0,5	0,76	0,70	0,80	0,70	0,80
Моррисон	0,5	0,75	0,66	0,75	0,75	0,75
WDM 5	0,4	0,71	0,62	0,70	0,74	0,70
WDM 6	0,5	0,72	0,62	0,70	0,75	0,70

Прогноз на срок 15 ч ВСВ, оказался немного хуже, чем на 03 ч ВСВ. Это вызвано тем, что днем чаще, чем ночью наблюдаются конвективные осадки, локализацию которых довольно сложно спрогнози-

ровать. Общая оправдываемость составила 71 – 76 %. Критерий Пирси-Обухова – 0,4–0,5. Предупрежденность выпадения осадков также незначительно снизилась и составила 70 – 82 %, за исключением параметризации Кесслера.

Прогноз дневных осадков, в отличие от ночных, имеет тенденцию к завышению их количество, причем на большую величину.

FORECAST OF PRECIPITATION IN THE URALS USING THE MODEL WRF IN DIFFERENT CLOUD MICROPHYSICS PARAMETERIZATION SCHEMES

A.L. Vetrov B.A. Sivkov
Perm State University,
614990, Perm, Bukirev Street, 15, e-mail: vetrov@psu.ru

The report examines the prediction of rainfall using the WRF model for the Kama region in the Urals. Forecast precipitation produced for different parameterization schemes of phase transitions of water vapor for the July 2014 results indicate that the best schemes are parameterization Morrison Milbranta Yao and WSM6.

Key words: model WRF, phase transitions of water vapor, parameterization, forecast.

УДК 556.552

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

С.А. Двинских, А.Б. Китаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: hydrology@psu.ru

Рассмотрены особенности формирования гидрологического риска на водных объектах как разновидности экологического риска. Дан подход к оценке гидрологического риска на водохранилищах.

Ключевые слова: водный объект; водохранилище; стихийное бедствие; риск, экология.

Введение

Экологический риск в современной литературе рассматривается как результат действия различных факторов (природных, природно-техногенных, техногенных) на компоненты природы. Он выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов, в результате природного или антропогенного вмешательства в природную среду или чрезвычайной техногенной ситуации. При этом общепринятые критерии, позволяющие оценить риск, на сегодняшний день еще не разработаны. Наиболее надежным

критерием считается допустимая смертность населения, но для оценки экологического риска на водных объектах этот критерий не всегда применим. Еще один путь оценки риска – через экономический ущерб, который оценивается как сумма затрат собственников зданий, сооружений, земельных и лесных ресурсов на восстановление разрушений, причиненных аварией гидротехнического сооружения (ГТС). Правовые отношения в этом случае регулируются Гражданским Кодексом РФ, но и этот подход не совсем верен относительно водных объектов. Существует и еще один подход – нормирование воздействий на водные экосистемы. В настоящее время в качестве норм воздействия на водные объекты используются ПДК для человека и реже – для биоты. Этот подход наиболее часто используется для оценки экологического риска в случае опасности загрязнения водных объектов сточными водами.

Источниками формирования гидрологического риска являются стихийные бедствия и последствия антропогенных воздействий.

Стихийные бедствия гидрологического характера обуславливаются:

- высоким уровнем воды – наводнения, при которых происходит затопление пониженных частей городов и других населенных пунктов, посевов сельскохозяйственных культур, повреждение промышленных и транспортных объектов;
- низким уровнем воды, когда нарушается судоходство, водоснабжение городов и народнохозяйственных объектов, оросительных систем;
- селями (при прорыве завальных и моренных озер, угрожающих населенным пунктам, дорожным и другим сооружениям);
- снежными лавинами (при угрозе населенным пунктам, автомобильным и железным дорогам, линиям электропередачи, объектам промышленности и сельского хозяйства);
- ранним ледоставом и появлением льда на судоходных водоемах.

Сюда же несколько условно мы относим и морские гидрологические явления: цунами, сильные волнения на морях и океанах, тропические циклоны (тайфуны), напор льдов и интенсивный их дрейф.

Для территории Пермского края наибольшая опасность, а, следовательно, и возникновение гидрологического риска связана с наводнениями. Наличие водохранилищ на территории края заметно снижает эту опасность, однако и на самих искусственных водоемах возможно формирование условий гидрологического и экологического риска, связанного с экстремальными уровнями воды, малым обменом вод, хими-

ческим и тепловым загрязнением, неправильной эксплуатацией и слабым надзором за ГТС и др.

Наводнения – это затопление водой прилегающей к реке, озеру или водохранилищу местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей. Если затопление не сопровождается ущербом, это есть разлив реки, озера, водохранилища. Наводнения в большей или меньшей степени периодически наблюдаются на большинстве рек России. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднему годовому материальному ущербу они занимают первое место в ряду стихийных бедствий. По количеству человеческих жертв и материальному ущербу наводнения занимают второе место после землетрясений. Ни в настоящем, ни в ближайшем будущем предотвратить их целиком не представляется возможным. Наводнения можно только ослабить или локализовать.

Многочисленные реки страны отличаются друг от друга различными условиями формирования стока воды, а это в немалой степени определяет и условия возникновения наводнений. Исходя из этого, реки России по условиям возникновения наводнения подразделяются на четыре типа [2]:

1-й – реки с максимальным стоком, вызываемым таянием снега на равнинах. К нему относится большинство рек Европейской части и Западной Сибири.

2-й – реки с максимальным стоком, возникающим при таянии горных снегов и ледников. Наводнения здесь могут наблюдаться несколько раз в течение года. Главным образом, это реки Северного Кавказа.

3-й – реки с максимальным стоком, обусловленным выпадением интенсивных дождей. К этому типу относятся реки Дальнего Востока и Сибири.

4-й – реки с максимальными стоками, образующимися от совместного влияния снеготаяния и выпадения осадков. Их режим характеризуется весенним половодьем от таяния снегов, повышением летнего и зимнего стоков за счет обильного грунтового питания, а также значительными осенними осадками. Наличие такого типа рек характерно для северо-западных районов России.

Особенно опасные наводнения наблюдаются на реках дождевого и ледникового питания или при сочетании этих двух факторов.

Наводнение, характерное для рек первого типа, часто называют **половодьем**. Это ежегодно повторяющийся в один и тот же сезон значительный и довольно длительный подъем уровня воды в реке. Обыч-

но половодье вызывается весенним таянием снега на равнинах или дождевыми осадками.

Наводнение, характерное для рек третьего типа, обычно называют *наводком*. Это интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды. Формируется сильными дождями, иногда таянием снега при зимних оттепелях. Кроме названных источников наводнения могут возникать вследствие других гидрометеорологических явлений, таких, как заторы, зажоры, нагоны и прорывы плотин.

Важнейшими основными характеристиками являются максимальный уровень и максимальный расход воды за время наводнения. С максимальным уровнем связаны площадь, слой и продолжительность затопления местности. К одной из основных характеристик относится и скорость подъема уровня воды. Для осуществления прогноза наводнения необходимо знать и такую характеристику, как скорость течения, которая выражается в м/с.

К факторам, обуславливающим величины максимального уровня и максимального расхода воды, для случая весеннего половодья, относятся следующие: запас воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния; атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья; осенне-зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния; глубина промерзания почвы; ледяная корка на почве; интенсивность снеготаяния. Следует учитывать, что в европейской части России после схода снега сумма осадков в 1,5-2 раза больше, чем в период самого снеготаяния.

Для крупных речных бассейнов немаловажным фактором является то или иное сочетание волн половодий отдельных притоков. Так, например, в нижней части р. Дон половодье, как правило, имеет двухвершинную форму. Первая волна формируется в бассейне Северного Донца. Вторая поступает издалека, с верховьев Дона. Сближение сроков прохождения этих двух волн увеличивает высоту половодья, и наоборот.

Для случаев паводка к факторам, влияющим на величины основных характеристик, относятся: количество осадков, их интенсивность, продолжительность, площадь охвата, предшествующая выпадению осадков, увлажненность бассейна, водопроницаемость почвы, рельеф бассейна, величины уклонов рек, наличие и глубина мерзлоты.

К основным характеристикам последствий наводнения относятся: численность населения, оказавшегося в зоне, подверженной наводнению; количество населенных пунктов, попавших в зону наводнения; количество предприятий, протяженность автомобильных и железных дорог, линий электропередачи, связи и коммуникаций, оказавшихся в

зоне затопления; количество погибших животных, разрушенных мостов и тоннелей.

Различают прямой и косвенный ущерб от наводнений. Прямой – это, например, повреждение и разрушение жилых и производственных зданий, железных и автомобильных дорог, линий электропередачи и связи, гибель скота и урожая, уничтожение и порча сырья, топлива, продуктов питания, кормов, затраты на временную эвакуацию населения и материальных средств. К косвенному ущербу обычно относят: затраты на приобретение и доставку в пострадавшие районы продуктов питания, строительных материалов и кормов для скота, сокращение выработки продукции, ухудшение условий жизни населения. Прямой и косвенный ущербы находятся, большей частью, в соотношении 70% : 30%.

Иногда наводнения сопровождаются пожарами из-за обрыва проводов и короткого замыкания. Здания теряют капитальность: отваливается штукатурка, выпадают кирпичи, размываются фундаменты, деревянные конструкции гниют. Из-за неравномерной просадки грунта происходят разрывы канализационных, водопроводных труб, нарушается работа кабельных линий.

Существуют понятия «подтопление» и «затопление». При подтоплении вода проникает в подвалы через канализационную сеть, различного рода траншеи и коллекторы. В случае же затопления местность покрывается слоем воды определенной высоты.

По метеорологическим условиям все регионы России различны. Однако наводнения происходят практически ежегодно то в одном, то в другом районе. Ущерб исчисляется огромными цифрами. Площадь, которая может быть подвергнута затоплению паводковыми водами, составляет около 500 тыс. км², однако ежегодно реально затопляется от 36 до 56 тыс. км².

Наиболее велико негативное влияние наводнений в бассейнах рек Амура, Уссури, Зеи, Буреи, рек Сибири, впадающих в северные моря, и рек Северного Кавказа.

Особенности возникновения риска на водохранилищах

С природными процессами и антропогенными воздействиями на водохранилищах связаны такие типы риска как интенсификация геодинамических процессов, русловые деформации, нарушение теплового, химического и других балансов. Эти виды рисков в отличие от стихийных бедствий развиваются медленнее, путем постепенного накопления количественных изменений, приводящих к качественному скачку [1].

Антропогенные воздействия могут способствовать интенсификации или замедлению развития природных процессов (т.е. изменению их развитию во времени), либо провоцировать их возникновение (т.е. изменение в пространстве). Обычно наиболее ярко последствия антропогенных воздействий проявляются на водных объектах с нарушенным естественным режимом (например, в результате сооружения плотины) или интенсивно используемых в хозяйственных целях (мелиорации, лесосплаве и пр.).

Водохранилища являются водными объектами, которые обычно находятся под многофакторным антропогенным воздействием, оказывающим влияние на гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы реки, а также на береговую зону в верхнем и нижнем бьефах водохранилища за счет форсированных сбросов, подтопления, усиленного разрушения берегов и пр.

Водохранилище – это антропогенное звено общего процесса стока, искусственный водоем, созданный на базе естественного (река, озеро и др.) или в специально созданных чашах (копани), новый водный объект с искусственно регулируемой по определенному плану емкостью и зеркалом, обладающий специфическими условиями формирования и гидрологического режима.

Поскольку водохранилища являются искусственными и регулируемые водными объектами, то происходит изменение естественного «фоновое» состояния речной системы, и это изменение, как правило, существенно усиливает уровень антропогенных воздействий на состояние экосистемы водохранилища. Необходимо заметить, что и само водохранилище становится фактором антропогенного воздействия на речную систему и береговую зону.

В связи с этим при определении влияния техногенных факторов на экосистему водохранилища необходимо ввести понятие условного «фона». «Фоновое» состояние зарегулированной речной системы отличается от фонового состояния речной системы в естественных условиях, поскольку даже при исключении обычных видов водопользования неизбежно воздействие водохранилища на окружающую среду, связанное с затоплением территории и регулированием гидрологического режима.

Сложность вопроса оценки влияния техногенных факторов на экосистему обусловлена многочисленностью самих факторов, составляющих экосистемы и их связей.

Экосистема водохранилища не является природной, т.е. внутри нее уже нарушено равновесие экологического взаимодействия четырех геосфер (по В.И. Вернадскому): атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы, она формируется и удерживается в равновесии в результате антропогенного вмешательства. Таким образом, дополнительное воз-

действие техногенных факторов приводит к «вторичному» смещению равновесия в природно-технической геосистеме «водохранилище». При этом, как правило, если первичное смещение направлено целиком на все элементы геосистемы, то вторичное происходит в результате интенсивного воздействия на одну из сфер (например, гидросфера – загрязнение вод) и последующего взаимодействия этой сферы с другими.

Комплексный характер антропогенных воздействий требует привлечения множества критериев для оценки этих воздействий, включая подтопление, переформирование берегов, изменения режима подземных и качества речных вод, эвтрофирование, изменение объема, режима формирования и состава донных отложений, изменение видового состава биоценозов.

Основными преобразованиями, возникающими в водохранилище в результате действия техногенных факторов, являются: изменение гидродинамического режима водного объекта (изменение амплитуды колебаний уровня, скорости и направления течений, параметров ветрового волнения) – вследствие смены режима эксплуатации водохранилища и работы ГЭС; изменение общего и локального гидродинамического режима в результате сбросов сточных вод; переформирование ложа и берегов непосредственно – в результате строительства инженерных и берегоукрепительных сооружений, добычи НСМ, косвенно – из-за смены гидродинамических условий. Кроме того, указанные изменения влияют на видовой состав и популяционную численность биоценозов.

По характеру техногенное воздействие можно разделить по отраслевому признаку. Так, экосистемы Камских водохранилищ испытывают воздействия следующих предприятий: электроэнергетики, черной металлургии, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической, оборонной, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности им ряда других. В связи с этим можно предложить следующий комплекс задач для решения проблемы оценки влияния региональных и локальных техногенных факторов на экосистему водохранилищ:

- изучение особенностей уровенного режима;
- изучение структуры течений при различных гидрометеорологических условиях и режимах работы ГЭС;
- изучение процессов внутреннего и внешнего водообмена;
- изучение и расчет баланса наносов в водохранилище;
- изучение распространения консервативных и неконсервативных примесей, поступающих в водоем со сточными водами производ-

ственной, бытовой и сельскохозяйственной сферы и с водами притоков;

– расчет режимных характеристик ветровых волн в глубоководной и мелководной зонах водохранилищ;

– оценка раздельного и совместного воздействия волн на формирование прибрежной отмели;

– изучение влияния гидродинамических условий на процессы формирования берегов;

– разработка многокритериальной оценки влияния техногенных факторов на экосистему водохранилища.

Библиографический список

1. *Двинских С.А., Китаев А.Б.* Гидрология камских водохранилищ. Пермь, 2008. 266 с.

2. Чрезвычайные ситуации. Краткая характеристика и классификация. М, 2000. 244 с.

PECULIARITIES OF HYDROLOGICAL RISK ON RESERVOIRS

S.A. Dvinskikh, A.B. Kitaev

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15,

e-mail: hydrology@psu.ru

Features of formation of hydrological risk in water bodies like the variety of environmental risk are considered. The approach to assessing of hydrological risk on reservoirs is given.

Key words: a water body; reservoir; natural disaster; risk, environment.

УДК 711.455:615.83

БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Л.Н. Ермакова, Е.С. Черепанова, М.С. Оборин

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,

e-mail: lnermak@psu.ru

В сообщении рассматриваются пространственно-временные закономерности распределения некоторых биоклиматических индексов по территории Пермского края.

Ключевые слова: эквивалентно-эффективная температура; радиационная эквивалентно-эффективная температура; степень дискомфорта; классификация теплоощущений.

Для оценки биоклиматических условий территории применяются различные биометеорологические (биоклиматические) индексы.

© Ермакова Л.Н., Черепанова Е.С., Оборин М.С., 2015

Большинство индексов представляют собой комплексные показатели, включающие значения двух или более метеовеличин. Биоклиматические индексы в физическом отношении характеризуют особенности тепловой структуры среды и являются косвенным индикатором состояния теплового поля, окружающего человека.

Степень дискомфорта погодных условий можно выразить величинами эквивалентно-эффективных температур (ЭЭТ) (по А. Миссенарду):

$$ET = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}} - 0,29T \left(1 - \frac{f}{100} \right),$$

где ET – эквивалентно-эффективная температура, °С, v — скорость ветра, м/с; f — относительная влажность воздуха, %; T — температура воздуха, °С.

Эффективные температуры получили широкое распространение в практике оценок тепловых нагрузок, дискомфортности (комфортности) среды и особенно при климатолечении.

В исследовании биоклиматические показатели рассчитаны и проанализированы за 15-летний период (1998-2013 гг.). В целом для территории Пермского края характерна общая тенденция увеличения среднегодовых значений ЭЭТ к концу периода исследования. Коэффициенты линейных трендов изменяются в пределах 0,04-0,22. Исключение составляют Оханск и Суксун, где отмечается тенденция уменьшения ЭЭТ к 2013 году (коэффициенты линейных трендов -0,04...-0,12). Таким образом, согласно классификации тепловой чувствительности по значениям ЭЭТ [1] в целом за год территория Пермского края находится в зоне холодного дискомфорта, т.к. среднегодовые значения ЭЭТ значительно ниже 6,0°С. Можно говорить лишь о некотором смягчении условий в конце периода исследования, за исключением метеостанций (МС) Оханск и Суксун. Наиболее заметное увеличение среднегодовых значений ЭЭТ в конце периода исследования наблюдается на МС Пермь, Кунгур, Чернушка.

Предложенный Г.В. Шелейховским показатель РЭЭТ – радиационная эквивалентно-эффективная температура, имеет прикладное значение и может применяться в гелиотерапии [2]. РЭЭТ, помимо влияния температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра, учитывает поглощенную поверхностью тела солнечную радиацию.

Среднегодовые значения РЭЭТ для МС Пермского края, а также коэффициенты линейных трендов, характеризующие тенденции временной изменчивости этого показателя, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Среднегодовые значения РЭЭТ в Пермском крае

№	Метеостанция	РЭЭТ, °С		Коэффициент линейного тренда
		Минимум	Максимум	
1	Чердынь	4,5	7,2	0,04
2	Кочево	5,1	8,5	0,15
3	Березники	5,6	8,3	0,10
4	Кудымкар	5,4	8,3	0,12
5	Пермь	7,1	9,2	0,07
6	Чернушка	6,3	8,2	0,09
7	Гайны	3,6	7,4	0,18
8	Кунгур	7,1	9,2	0,03
9	Оханск	8,1	10,6	- 0,05
10	Шамары	7,6	10,7	- 0,14

Согласно классификации теплоощущений по значениям РЭЭТ (С.С. Андреев, 2007), территория Пермского края относится к зоне холодного дискомфорта, так как среднегодовые значения РЭЭТ не превышают 17°С, и даже значительно ниже этого предела. Наиболее заметны тенденции увеличения РЭЭТ к концу периода исследования в Гайнах, Кочево, Кудымкаре, Березниках. По данным МС Оханск и Суксун, среднегодовые РЭЭТ к 2013 г. уменьшаются.

Таблица 2

Классификация теплоощущений по значениям ЭЭТ и РЭЭТ

Теплоощущение	Теплый период года		Холодный период года		
	Градации ЭЭТ, °С	Градации РЭЭТ, °С	Теплоощущение	Градации ЭЭТ, °С	Градации РЭЭТ, °С
Не комфортно для легко одетого человека	< 5,0	< 16,0	Комфортно для одетого человека	> -12,0	> 2,0
Менее комфортно (прохладный субкомфорт)	5,0-14,0	16,0-24,0	Менее комфортно (холодовой субкомфорт)	-12,0...-20,0	1,9...-4,5
Комфортно (тепло)	14,1-24,0	24,1-32,0	Не комфортно (холодно)	20,1...-25,0	-4,6...-9,0
Жарко (тепловой субкомфорт)	24,1-30,0	32,1-37,0	Особо не комфортно (очень холодно)	< -25,0	< -9,0
Очень жарко (дискомфорт)	> 30,0	> 37,0			

Для центральных месяцев сезонов методами геоинформационного картографирования с применением лицензионного программного обеспечения ArcGIS 10.2. (ESRI Inc) составлены биоклиматические карты. В работе приведены примеры распределения изолиний для июля и января.

В июле большая часть территории края относится к менее комфортной зоне, т.к. ЭЭТ не превышают 12-14 °С (табл. 2). Центральная, южная и юго-западная части территории характеризуются как комфортные, однако значения ЭЭТ расположены на нижнем пределе комфортных теплоощущений (14-15 °С) (рис. 1).

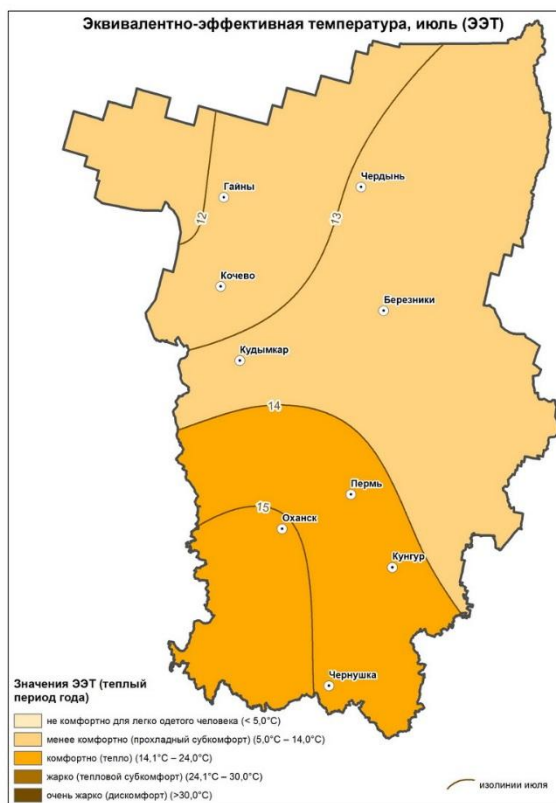


Рис. 1. Распределение средних многолетних значений ЭЭТ на территории Пермского края в июле

В январе теплоощущения на всей территории края не комфортные и особо не комфортные (рис. 2).

Для других месяцев можно отметить, что значения биоклиматических показателей указывают на наиболее комфортные условия в октябре практически на всей территории Пермского края. Апрель отличается преимущественно не комфортными условиями.

В летний период года лишь южная часть территории Пермского края относится к зоне достаточного комфорта. Повторяемость комфортных значений ЭЭТ в июле здесь превышает 30%, увеличиваясь к юго-западу и юго-востоку до 40-42%.

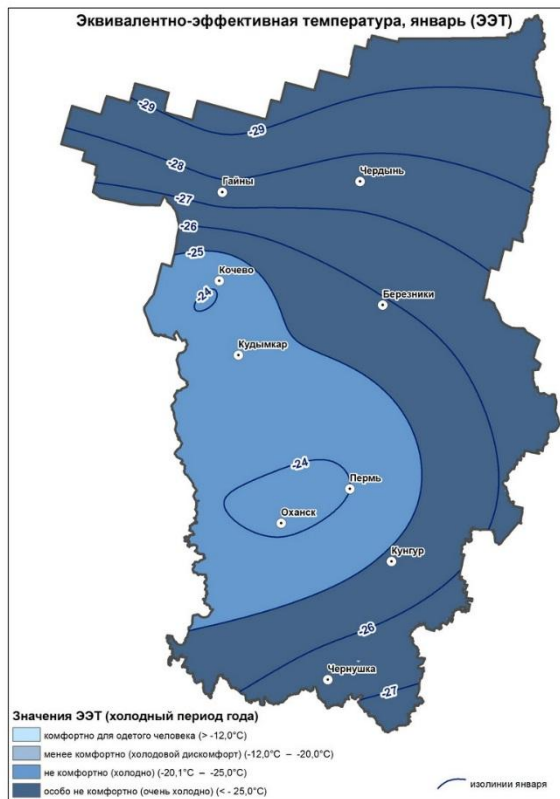


Рис.2. Распределение средних многолетних значений ЭЭТ на территории Пермского края в январе

Таким образом, в целом за год территория Пермского края находится в зоне холодового дискомфорта, т.к. среднегодовые значения ЭЭТ значительно ниже $6,0^{\circ}\text{C}$. Можно говорить лишь о некотором смягчении условий в конце периода исследования, за исключением

МС Оханск и Суксун. Наиболее заметное увеличение среднегодовых значений ЭЭТ в конце периода исследования наблюдается на МС Пермь, Кунгур, Чернушка.

Библиографический список

1. *Андреев С.С.* Оценка пространственно-временного распределения климатической комфортности территории Южного Федерального Округа (ЮФО). Ростов-на-Дону, 2007. 132 с.

2. *Головина Е.Г., Русанов В.И.* Некоторые вопросы биометеорологии. С.-Пб: РГГМУ, 1993. 90 с.

BIOCLIMATIC ASSESSMENT OF THE PERM REGION

L.N. Ermakova, E.S. Cherepanova, M.S. Oborin

Perm State University,

614990, Perm, Bukirev Street 15, email: lnermak@psu.ru

In the report discusses the spatial-temporal patterns of distribution some bioclimatic indices in the Perm region.

Key words: equivalent-effective temperature; radiation equivalent-effective temperature; the degree of discomfort; classification warm feelings.

УДК 911.6:551.3.051(285.2)

РАЙОНИРОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ ПО УСЛОВИЯМ СЕДИМЕНТАЦИИ

В.В. Законнов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,

152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок,

e-mail: zak@ibiw.yaroslavl.ru

В работе обоснован методологический подход в районировании водохранилищ Волги по условиям седиментации. Полученные результаты могут быть использованы в регионах для разработки практических рекомендаций по снижению негативного влияния на экосистемы водоемов антропогенной деятельности и природных катаклизмов.

Ключевые слова: водохранилища Волги; районирование; седиментация; мониторинг; географическая зональность.

Водоохранилища являются основой всестороннего и комплексного использования водных ресурсов. Удовлетворяя различные требования, предъявляемые народному хозяйству, они вносят в природу и хозяйство регионов ряд проблем, связанных с затоплением и подтоплением земель, обрушением берегов, в результате чего возникает необходимость в переселении жителей и защите селитебных территорий. Нарушаются не только экономические, транспортные и другие связи,

изменяются микроклимат, санитарно-эпидемиологическая обстановка, условия нереста и нагула рыб и т.д.

В процессе формирования и становления водоемов замедленного водообмена главным считается изменение в строении котловины, включающее переработку берегов и ложа, распределение и накопление донных осадков, затем аккумуляция органических и загрязняющих веществ на дне и выделение их в водную толщу. Эти процессы оказывают влияние на продуктивность и функционирование пресноводных экосистем и качество воды.

Цель работы – обосновать методологический подход в районировании водохранилищ по условиям седиментации.

Физико-географическое районирование водохранилищ Волги оказалось недостаточным для описания разнообразных условий осадкообразования [2]. Поэтому, кроме плесов и районов, водохранилища разбивались на участки (от 1 на Саратовском до 20 на Рыбинском), в пределах которых однородны морфометрические и гидрологические условия седиментации. Каждый участок характеризовал: зоны переменного подпора – верхние и нижние бьефы гидроузлов, расширения и сужения акваторий, крупные заливы и устья рек, где осаждение взвешенных частиц и формирование донных осадков отличается особенностями проявления гидродинамических процессов.

Площади водохранилищ при НПУ, плесов, районов и участков (по изобатам) были заимствованы из проектной документации или рассчитаны для Рыбинского [1] и Чебоксарского водохранилищ [7] методом планиметрирования по изогипсам на крупномасштабных картах. Здесь и далее в тексте римские цифры обозначают плесы и районы, арабские – номера участков (рис. 1).

Районирование Ивановского водохранилища проводилось с выделением в Волжском плесе: I – Приплотинного, II – Средневолжского, III – Верхневолжского районов и обособленного Шошинского залива (IV) [3].

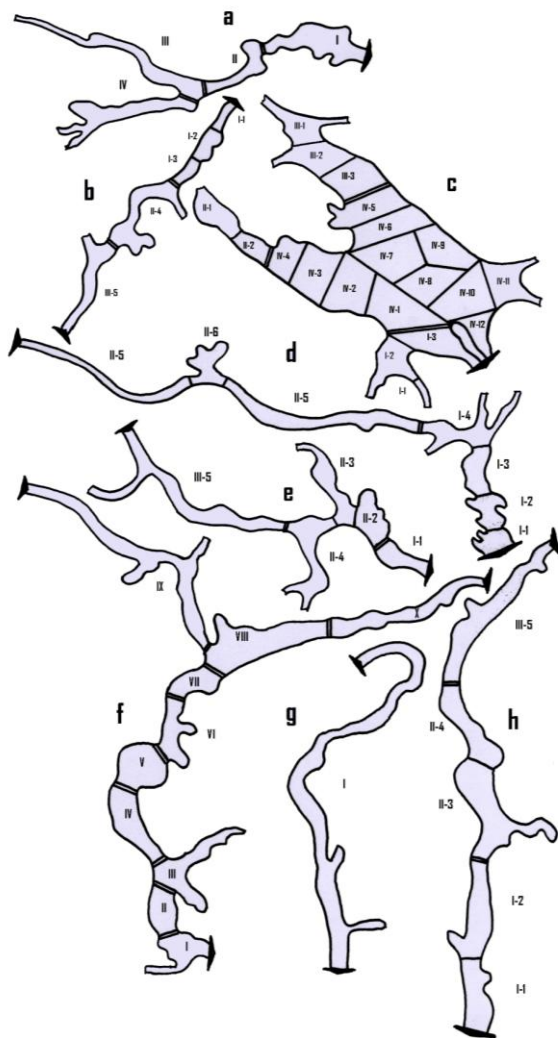


Рис. 1. Районирование водохранилищ Волги по условиям седиментации. а – Ивановское, б – Угличское, с – Рыбинское, д – Горьковское, е – Чебоксарское, ф – Куйбышевское, г – Саратовское, h – Волгоградское (римские цифры – плесы, районы; арабские – участки)

В Угличском водохранилище разбивка участков проведена от плотины Угличской ГЭС в километрах по судовому ходу: Нижний

район (I) – 1-й участок (0–17 км), 2-й (17–26) и 3-й (26–39); Средний (II) – 4-й (39–57); и Верхний (III) – 5-й участок (57–120 км).

В Рыбинском водохранилище выделены в Волжском плесе (I) три участка: 1-й – Угличская ГЭС – д. Сменцево; 2-й – д. Сменцево – д. Легково; 3-й – д. Легково – м. Рожновский – о. Святойской. В Моложском плесе (II) два участка: 1-й – устье р. Мологи – г. Вельегонск; 2-й – г. Вельегонск – Первомайские острова. В Шекснинском плесе (III) три участка: 1-й – г. Шексна – северная оконечность острова Раменский, 2-й – остров Раменский – п. Мякса (с Раменским заливом), 3-й – п. Мякса – с. Хвощевка. В Главном плесе (IV) – 12 участков.

Границы участков в Горьковском водохранилище проведены по траверзам от городов, расположенных на правом берегу к левобережью. Озерная часть (I): 1-й участок – г. Чкаловск; 2-й – г. Пучеж; 3-й – г. Юрьеvec; 4-й – г. Решма. Речная часть (II) – 5-й – от г. Решма до г. Рыбинска и 6-й участок – Костромское расширение [4].

В Чебоксарском водохранилище деление на участки проведено по населенным пунктам и притокам. Нижний район (I), участок 1-й – Чебоксарский (Приплотинный) – от плотины Чебоксарской ГЭС до д. Ильинка. Средний район (II), участки – 2-й – Козьмодемьянский (от д. Ильинка до г. Козьмодемьянска), 3-й – Ветлужский (от г. Козьмодемьянска до г. Юрино), 4-й – Сурский (от г. Юрино до д. Фокино). Верхний район (III), 5-й участок – Волжско-Окский (от д. Фокино до г. Городец по р. Волга и до г. Дзержинск на р. Ока).

В Куйбышевском водохранилище – по озеровидным расширениям и сужениям акватории выделено 10 плесов: I – Приплотинный (от плотины Волжской ГЭС до п. Климовка) с заливом р. Уса; II – Новодевичинский (от п. Климовка до д. Мордово); III – Волго-Черемшано-Сусканский (от д. Мордово до г. Сенгилей); IV – Нижнеульяновский (от г. Сенгилей до г. Ульяновска); V – Верхнеульяновский (от г. Ульяновска до д. Старая Майна); VI – Нижнететюшинский (от д. Старая Майна до г. Тетюши); VII – Верхнететюшинский (от г. Тетюши до п. Камское Устье); VIII – Волжско-Камский (от п. Камское Устье до п. Рыбная Слобода); IX – Волжский, «Казанский» (от п. Камское Устье до г. Новочебоксарск); X – Камский, «Чистопольский» (от п. Рыбная Слобода до г. Набережные Челны).

В Саратовском водохранилище деление на участки не проводилось в связи с недоступностью проектной документации.

Волгоградское водохранилище состоит из 3-х районов и 5 участков: Нижний район (I), участки 1-й – (плотина Волжской ГЭС – п. Горный Балыклей), 2-й – (п. Горный Балыклей – г. Камышин); Средний район (II), участки 3-й – (г. Камышин – с. Ровное), 4-й – (с. Ровное – г. Саратов); и Верхний район (III), участок 5-й – (г. Саратов – г. Баково).

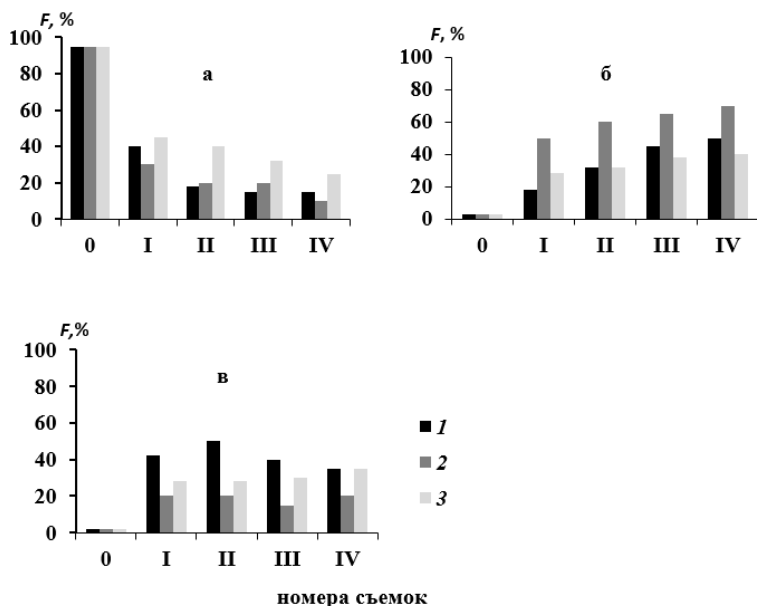


Рис. 2. Трансформация площадей основных типов грунтов в водохранилищах Волги (1), нижних бьефах гидроузлов (2) и крупных заливах (3). а – трансформированные грунты, б – крупнозернистые наносы, в – тонкодисперсные отложения

На основании материалов мониторинга дна водохранилищ Волги (четыре гидрологических съемки через 10–20 лет) установлено, что несмотря на многофакторность стохастических воздействий гидродинамических процессов в подпертых или речных секциях водохранилищ – нижних бьефах гидроузлов и заливах, имеющих индивидуальные особенности, в них сложились определенные закономерности распределения грунтового комплекса, свойственные в целом крупным равнинным водохранилищам (рис. 2):

- сокращение площадей трансформированных и реликтовых грунтов, которые представлены размытыми (обнаженными) почвами и выходами доводохранилищных аллювиальных отложений Палеоволги;
- увеличение площадей крупнозернистых наносов, в основном песков различной крупности, с хорошей гидравлической сортировкой;
- сохранение ареалов тонкодисперсных отложений (песчаных и глинистых илов) или слабая их флуктуация в результате воздействия сезонных природных и антропогенных факторов [6].

Секционный подход в районировании водохранилищ Верхней Волги по условиям седиментации с учетом изобатной структуры дна

[3] успешно использовался на Средней и Нижней Волге и оказался перспективным [4].

Формирование донных осадков водохранилищ Волги в начальный период (10–30 лет) их существования соответствует стадии активизации эрозионно-абразионных процессов и повышенных темпов седиментации, а затем их понижение. К концу этого периода закладываются основные ареалы грунтов, площади которых впоследствии изменяются незначительно (пассивная стадия), а скорости осадкообразования стабилизируются.

Увеличение сроков эксплуатации водохранилищ Волги привело к уменьшению и дифференциации темпов осадконакопления. Вытянутость каскада в меридиональном направлении и пересечение нескольких природно-климатических зон определило географическую зональность осадкообразования, выраженную в увеличении темпов седиментации не только в среднем по водохранилищам, но и по участкам затопленного русла Волги от г. Твери до плотины Волгоградской ГЭС (рис. 3) [5].

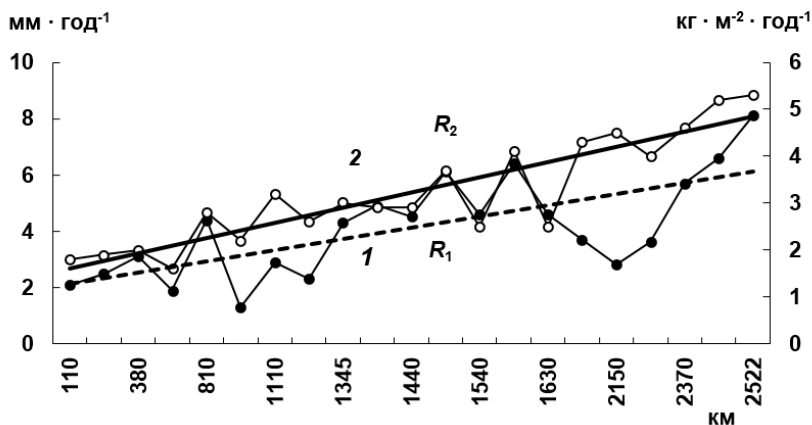


Рис. 3. Интенсивность осадконакопления в каскаде волжских водохранилищ по участкам. 1 – мм · год⁻¹, 2 – кг · м⁻² · год⁻¹, R₁, R₂ – линии тренда (R₁² = 0,49, R₂² = 0,79)

Таким образом, районирование водохранилищ Волги по условиям седиментации позволило установить закономерности формирования, распределения и накопления донных отложений, имеющие однонаправленные тренды как в целом по водоемам, так и по отдельным участкам. Полученные результаты исследования могут служить основой для разработки практических рекомендаций по снижению нега-

тивного влияния на экосистемы водоемов антропогенной деятельности и природных катаклизмов.

Библиографический список

1. Бакулин К.А. Морфометрические характеристики Рыбинского водохранилища // Биологические и гидрологические факторы местных перемещений рыб в водохранилищах. Л.: Гидрометеиздат, 1968. С. 72.
2. Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 348 с.
3. Буторин Н.В., Зимина Н.А., Курдин В.П. Донные отложения верхневолжских водохранилищ. Л.: Наука, 1975. 160 с.
4. Законнов В.В. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада: Автореф. дис. док. геогр. наук. Москва, 2007. 39 с.
5. Законнов В.В., Законнова А.В. Географическая зональность осадкообразования в системе волжских водохранилищ // Изв. РАН. Сер. географ. 2008. №2. С. 105.
6. Законнов В.В., Поддубный С.А., Законнова А.В., Касьянова В.В. Осадкообразование в зонах переменного подпора водохранилищ Волжского каскада // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. №4. С. 425.
7. Литвинов А.С., Законнова А.В. Характеристика гидрологических условий в Чебоксарском водохранилище в первые годы заполнения // Водные ресурсы. 1994. Т. 21. № 3. С. 365.

ZONING OF THE VOLGA RESERVOIRS ACCORDING TO SEDIMENTATION CONDITIONS

V.V. Zakonnov

Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,
152742, Yaroslavl region, Nekouz district, Borok, e-mail: zak@ibiw.yaroslavl.ru

This study substantiates a methodological approach for zoning of the Volga reservoirs according to sedimentation conditions. The obtained results can be used to develop practical recommendations for reducing negative impacts of human activities and natural cataclysms on the reservoir ecosystems in the region.

Key words: Volga reservoirs; zoning; sedimentation; monitoring; geographical zoning.

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЗЕР ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Г. Захаров

Челябинский государственный педагогический университет,
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69,
e-mail: s_zakcharov5@mail.ru

Озера Челябинской области имеют высокое природное разнообразие гидрохимических характеристик. Геолого-климатические факторы обусловили широчайший диапазон общей минерализации озерных вод – от 50 мг/л до 200 г/л. Наблюдения за режимом минерализации выявили годовую и межгодовую изменчивость, возрастающую на озерах, имеющих солоноватые и соленые воды. Изменчивость минерализации обладает выраженной цикличностью, говорить о направленных трендах пока не позволяют малые ряды наблюдений. В отдельных случаях на формирование состава основных ионов значимое воздействие оказывает техногенный фактор.

Ключевые слова: гидрохимия, минерализация, озерные воды.

Озера Челябинской области имеют высокое разнообразие гидрохимических характеристик. Это обусловлено рядом природных причин: пестротой геологического состава, разнообразие почв и геохимических обстановок, месторасположение земель Челябинской области в пределах горных участков Среднего и Южного Урала и Зауральских равнин. В Челябинской области распространены ландшафты 3 природных зон (таежной, лесостепной и степной). Климатические причины обусловили диапазон слоя стока по территории Челябинской области от 400 мм до 10 мм (изменение в 40 раз); совокупность геолого-климатических факторов обусловило диапазон минерализации озерных вод от 50 мг/л до 200 г/л (изменение в 4000 раз) [4].

Наблюдения за режимом минерализации озер и составом основных ионов позволяют сделать вывод о существенной динамике минерализации вод некоторых озер (таблица). Можно выделить сезонные колебания минерализации, связанные с явлением концентрирования в подледный период и снижения в период вскрытия и снеготаяния. Выделяются и многолетние колебания, циклические, связанные с увлажнением и особенностями геохимического стока. Некоторые авторы [2] усматривают тенденцию к повышению минерализации для озер южной тайги и связывают этот процесс с потеплением климата при участии техногенного фактора.

На наш взгляд, для выявления тренда межгодовой и вековой минерализации озерных вод еще недостаточны ряды и полнота наблюдений. Для многих озер четко прослеживается ритмическая динамика общей минерализации, тесно связанная с режимом увлажнения (1995 – 1998 гг. – засушливые; 2004 – 2008 гг. – повышенной водности) (таблица).

Таблица
Динамика минерализации некоторых озер Челябинской области, мг/дм³

<i>Природная зона</i>	<i>Озеро</i>	<i>1960 – 1970 гг.</i>	<i>1995 – 1998 гг.</i>	<i>2004 – 2008 гг.</i>
Горно-таежная	Зюраткуль	55,2* 53,7**	60	35 – 45
	Тургояк	116,2* 99,7 – 100**	115 – 119	129 – 143
Предгорно-таежная	Б. Миассово	198,3* 200 – 221**	232	230
	Б. Кисегач	121,6* 395**	229 – 249	248 – 294 (275)
	Еловое	171,6* 340**	220 – 278	240 – 243
Таежно-лесостепной экотон	Б. Касли	163**	--	254 – 326
	М. Миассово	184,4* 170**	222	220
	Чибаркуль	368* 335**	536	384 – 406
	Мисяш	1223* 1560**	1740 – 1913	867 – 1684 (1342)
Лесостепная	Шаблиш	744* 722**	--	398 – 552 (450)
	Куяш	121 – 725**	--	635 – 700
	Чебакуль	4930**	--	4650
	Горькое (Хомутин.)	8437* 10000**	--	10419 – 11283

* -- по данным Андреевой (1973) [1]; ** -- по данным Черняевой (1977) [8]; в скобках представлены средние значения (при n>5); прочерк – нет данных.

Техногенный фактор действительно может значительно изменить природные параметры минерализации. В солоноватых озерах окрестностей г. Челябинска, долгое время принимавших сточные воды (по существу – трансформированные пресные воды р. Миасс) наблюдается 4–6-кратное распреснение (всегда проходившее при значительном увеличении размеров озера) [5]. Но при этом значительном распреснении и общем изменении морфометрических параметров озер Челябинской группы остается удивительным сохранение хлоридного гидрохимического класса озерных вод даже при переходе водоема в разряд пресного (т.е. снижении минерализации ниже 1,0 г/л).

При длительном воздействии (более 80 лет) сброса сточных вод в систему Табанкуль – М. Теренкуль – Б. Кисегач воды озер Табанкуль и М. Теренкуль имеющие минерализацию 350 – 430 мг/л попадают в озеро Б. Кисегач имеющее минерализацию 200 – 220 мг/л, что приводит к постепенному нарастанию солесодержания в оз. Б. Кисегач.

Обнаружена постепенная смена гидрохимического класса с гидрокарбонатного на сульфатный у озера-водохранилища Зюраткуль [6].

Интересные данные были получены в 2007 г. (окончание периода повышенной водности на озерах Урала и Зауралья 1999 – 2007) на озерах Горькое и Подборное [3]. Был установлен любопытный местный феномен – в годы повышенной водности не происходит значительного подъема уровня и общая минерализация в целом не понижается. В сентябре 1999 г. минерализация поверхностного 2-см слоя оз. Горькое составила 3370 мг/л при общей минерализации водной толщи порядка 8 -9 г/л. Вероятно, вследствие провальной водопроницаемости засоленных почвогрунтов и общего повышения уровня соленых подземных вод, питающих эти озера, общая минерализация не изменилась.

И, напротив, для соленых озер Большой и Малый Алекай в годы повышенной водности вместе с увеличением их площади и объема фиксировались и значительные изменения минерализации – с 60 г/л до 27 г/л (Б. Алекай) и с 40,6 г/л до 13,8 г/л (М. Алекай). Рекордсмен Челябинской области по солёности, озеро Таузаткуль, в 1960-70 гг. имело воды (рапу) с минерализацией до 200 г/л. В 2007 г. минерализация в оз. Таузаткуль снизилась до 140 г/л.

Выраженные межгодовые колебания минерализации отмечают в гидрокарбонатных озерах пограничных ландшафтных экотонов (граница южной тайги – лесостепи), например, озерах Чебаркуль и Мисяш (вариации в пределах 15 – 25%).

Также значительные колебания минерализации отмечены нами в 2013 – 2015 гг. для малых озер Челябинской группы: Курочкино и озеро Третье (вариации в пределах 225 – 400%). Столь значительное повышение концентраций без видимого техногенного вмешательства (у озера Курочкино – с 4 г/л до 16 – 17 г/л [7]; у озера Третье – с 13 до 29 г/л) пока не получило объяснения. Не исключено, что в озера каким-либо образом могли поступить минерализованные шахтные воды (на водосборе озер есть заброшенные угольные шахты).

Состав основных ионов – одна из самых консервативных характеристик озерной геосистемы. Изучение ритмики колебаний минерализации озер поможет определить долгопериодические климатические колебания, связанные не только с режимом осадков и испарения, но и

с условиями поступления вещества с водосбора с поверхностным и подземным стоком, выявить особенности местной геохимической обстановки, определить последствия долговременного воздействия человека на водоем и окружающий его ландшафт.

Библиографический список

1. *Андреева М.А.* Озера Среднего и Южного Урала. Челябинск: ЮУКИ, 1973. 270 с.
2. *Гаврилкина С.В.* Минерализация озер восточного склона Южного Урала // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.16. № 1-4. С. 947-950.
3. *Захаров С.Г.* Вариации основных гидрохимических параметров озер Хомутининской группы (Южный Урал) // Геология, география и глобальная энергия. 2008. № 1 С. 124–127.
4. *Захаров С.Г.* Озера Челябинской области: учеб. пос. Челябинск: «Абрис», 2010. 128 с.
5. *Захаров С.Г.* Особенности природно-техногенных водоемов окрестностей мегаполиса // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Пермь, 2013. Т.2. Химический состав и качество воды. С. 89–92.
6. *Захаров С.Г.* Изменение гидрохимических характеристик озера-водохранилища Зюраткуль // Комплексные исследования водохранилищ. Пермь, 2014. С. 36–40.
7. *Мартышова А.А., Захаров С.Г.* Вариации гидрохимического режима озера Курочкино // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. Челябинск: «Край Ра», 2014. С. 93–96.
8. *Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева Т.Н.* Гидрохимия озер (Урал и Приуралье). Л.: Гидрометеиздат, 1977. 335 с.

ABOUT VARIABILITY OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS LAKES OF CHELYABINSK REGION

S.G. Zakharov

Chelyabinsk State Pedagogical University,

454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 69, e-mail: s_zakharov5@mail.ru

Lakes of the Chelyabinsk region have high natural diversity hydrochemical characteristics. Geological and climatic factors resulted in a wide range of total mineralization of lake water - from 50 ppm to 200 ‰. Observations on the mode of mineralization identified annual and interannual variability, increasing in lakes with salt water. The variability of the mineralization has a pronounced cyclical, talk about the direction of the trend is not yet allow small series of observations. In some cases, the formation of the composition of major ions exerts significant influence technogenic factor.

Key words: hydrochemistry; mineralization; lake water.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МНОГОЛЕТНЕГО ХОДА ЗИМНИХ И ЛЕТНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Ф. Иванова¹, Н.Г. Левицкая², И.И. Демакина²

¹Саратовский государственный университет,
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, e-mail: kafmeteo@sgu.ru

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, 410000, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7,
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

В статье показаны тенденции изменения зимних и летних температур воздуха на территории Саратовской области, приведена скорость и значимость этих изменений. Дано изменение показателей экстремальности зимних и летних температур за 1991-2014 гг. по сравнению с 1961-1990 гг. по станции Саратов ЮВ.

Ключевые слова: коэффициент линейного тренда; абсолютный максимум и минимум температуры; жаркие дни; оттепели.

Температура воздуха является одним из основных метеорологических элементов, отражающих климатические и физико-географические особенности того или иного региона, направленность многих природных процессов и эффективность развития метеозависимых отраслей народного хозяйства. Поэтому исследование многолетних изменений температуры имеет большое научное и практическое значение. Особую актуальность такие исследования приобрели в условиях глобального потепления климата.

Цель исследования – установить закономерности многолетнего хода средних сезонных и месячных значений температуры воздуха, а также оценить изменчивость показателей экстремальности зимних и летних температур на территории Саратовской области.

Исходным материалом для исследований послужили данные наблюдений за температурой воздуха по 6 метеостанциям, расположенным в различных природных зонах региона за 1930-2014 гг.

Многолетний ход температур изучался с привлечением методов статистического анализа и расчета коэффициентов линейного тренда с оценкой их значимости.

Проведенный анализ показал, что в течение исследуемого периода на всей территории области отмечается рост средней, максимальной и минимальной за год температуры воздуха. Изменения средних за зиму температур воздуха составляют $0,4-0,6^{\circ}/10$ лет, что превышает аналогичные значения летних температур, скорость роста ко-

торых составляет около $0,1^0/10$ лет (табл.1). При этом в зимний период наибольшие темпы роста температуры отмечаются в январе ($0,6-0,8^0/10$ лет), а в летний – в июне ($0,17-0,19^0/10$ лет).

Таблица 1

Линейные тренды среднемесячной температуры воздуха (град. С/10 лет) по станциям Саратовской области за период 1930-2014 гг. и 1981-2014 гг.

Период	Саратов	Балашихов	Ершов	Ново-узенск	Карабулак	Пугачев
1930-2014 гг.						
Декабрь	0,42	0,40	0,27	0,54	0,23	0,46
Январь	0,59	0,53	0,69	0,76	0,64	0,68
Февраль	0,52	0,45	0,41	0,49	0,39	0,49
Зима	0,52	0,47	0,47	0,61	0,40	0,55
Июнь	0,17	0,11	0,13	0,19	0,12	0,17
Июль	0,08	0,07	0,05	0,05	0,07	0,03
Август	0,04	0,05	0,03	0,08	0,07	-0,02
Лето	0,10	0,10	0,07	0,11	0,09	0,06
1981-2014 гг.						
Декабрь	-1,01	0,59	0,39	0,41	0,56	0,36
Январь	-0,29	-0,34	-0,02	-0,22	-0,24	-0,35
Февраль	-0,22	0,07	-0,35	-0,29	-0,22	-0,51
Зима	-0,55	0,02	-0,17	-0,12	-0,05	-0,17
Июнь	0,22	0,16	0,25	0,22	0,15	0,15
Июль	0,53	0,70	0,49	0,29	0,56	0,28
Август	0,93	0,94	1,14	1,12	0,97	0,80
Лето	0,56	0,60	0,63	0,54	0,56	0,41

Примечание: Подчеркнуты тренды статистически значимые на 5% -ном уровне значимости

Существенный рост средней температуры самого холодного месяца указывает на уменьшение суровости зимы [1]. Повышение средней температуры января в период 1991-2014 гг. по отношению к стандартному климатическому периоду (1961-1990 гг.) на $2,3-2,5^0$ свидетельствует о повсеместном переходе зимы из категории умеренно холодной в умеренно мягкую. На фоне роста средней температуры воздуха в теплый период увеличивается продолжительность вегетационного периода [2].

За 1991-2014 гг. она увеличилась по сравнению с климатической нормой за 1961-1990 гг. на 9 дней, а продолжительность летнего периода увеличилась на 3 дня.

Необходимо отметить, что расчет коэффициентов линейного тренда зимних и летних температур за период 1981-2014 гг., признанный как период наиболее интенсивного потепления климата, свидетельствует о существенном увеличении скорости роста летних температур (до $0,4-0,6^0/10$ лет) и снижении темпов роста зимних температур. В большинстве случаев тренд зимних температур стал отрицательным

-0,1-0,2⁰/10 лет, но статистически он не значим. В летний период наиболее быстрые темпы роста температуры наблюдаются в августе. На большинстве станций они достигают 0,9-1,1⁰/10 лет.

Для оценки изменения экстремальных явлений погоды, связанных с температурой, был проведен детальный анализ показателей экстремальности зимних и летних температур по метеостанции (м/с) Саратов ЮВ за 1991 - 2014 гг. по отношению к стандартному климатическому периоду 1961-1990 гг., рекомендуемому ВМО для оценки современного климата и выявлены региональные особенности их изменения. В качестве показателей экстремальности температурного режима были рассмотрены максимальные и минимальные температуры воздуха, количество морозных дней с минимальной температурой воздуха ниже -20⁰, количество дней с оттепелями, максимальная продолжительность оттепельных периодов, количество жарких дней с максимальной температурой воздуха более 30⁰ и максимальная продолжительность периодов с жарой.

Исследованиями установлено, что в последние десятилетия наблюдается рост как максимальных, так и минимальных температур. При этом в холодный период отмечается наиболее существенный рост минимальных температур воздуха, а в теплый период – максимальных температур. Так, в январе-феврале увеличение среднего из абсолютных минимумов температуры составило 2,3-1,8⁰, в то время как в летний период оно не превышало 1,5⁰ в июне, а в целом за лето составило 0,9⁰. Наибольший рост среднего из абсолютных максимумов температуры наблюдается в августе (1,8⁰) и в июле (1,4⁰). Зимой рост абсолютных максимумов температуры в среднем за зиму составил 0,4⁰, а максимальные его изменения (0,9⁰) отмечены в январе (табл.2).

Таблица 2

Изменение среднего из абсолютных минимумов и максимумов температуры воздуха зимой и летом по м/с Саратов ЮВ за периоды 1991-2014 гг. и 1961-1990 гг.

Период	Зима	Декабрь	Январь	Февраль	Лето	Июнь	Июль	Август
Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха								
1991-2014 гг.	-21,9	-20,0	-22,6	-23,0	9,5	8,4	11,5	8,6
1961-1990 гг.	-23,4	-21,0	-24,9	-24,2	8,6	6,9	10,9	8,0
Δ	1,5	1	2,3	1,8	0,9	1,5	0,6	0,6
Средний из абсолютных максимумов температуры воздуха								
1991-2014 гг.	3,0	4,1	2,5	2,4	34,1	33,2	34,6	34,5
1961-1990 гг.	2,6	3,9	1,6	2,3	32,6	31,9	33,2	32,7
Δ	0,4	0,2	0,9	0,1	1,5	1,1	1,4	1,8

Результаты проведенных исследований показывают также, что в зимний период наблюдается заметное уменьшение числа морозных дней с минимальной температурой воздуха ниже -20° и значительный рост числа дней с оттепелями. В период 1991-2014 гг. по сравнению с 1961-1990 гг. число морозных дней уменьшилось на 3,2 дня, а число дней с оттепелями увеличилось на 4,6 дня. Максимальная продолжительность периода с оттепелью в целом за зиму увеличилась на 4,8 дня. В летний период отмечается рост количества жарких дней, когда максимальная температура воздуха за сутки превышает 30°C . В последние годы этот показатель увеличился на 8,2 дня. Максимальная продолжительность периода с такой температурой увеличилась в среднем на 5,5 дней (табл.3).

Таблица 3

Изменение (Δ) показателей экстремальности зимних и летних температур за различные периоды 1991-2014 гг. и 1961-1990 гг. по станции Саратов ЮВ

<i>Показатель</i>	<i>1991-2014 гг.</i>	<i>1961-1990 гг.</i>	Δ
Число морозных дней с минимальной температурой воздуха ниже -20°C	9,3	12,5	-3,2
Число дней с оттепелью	24,0	19,4	4,6
Максимальная продолжительность оттепельных периодов за зиму, дни	15,6	10,8	4,8
Количество жарких дней с максимальной температурой воздуха выше 30°C	26,8	18,6	8,2
Максимальная продолжительность периода с жарой за лето, дни	17,3	11,8	5,5

Таким образом, в исследуемый период на территории Саратовской области отмечались существенные изменения в ходе зимних и летних температур, которые выражаются:

- в росте средней, максимальной и минимальной температуры воздуха;
- в уменьшении суровости зимы и числа дней с сильными морозами;
- в увеличении числа дней с оттепелями и максимальной продолжительности оттепельных периодов;
- в увеличении количества жарких дней и максимальной продолжительности периода с жарой;
- в увеличении продолжительности вегетационного и летнего периодов.

Библиографический список

1. *Иванова Г.Ф., Лезицкая Н.Г., Шаталова О.В.* Аномальность зим на территории Саратовской области в конце XX – начале XXI вв. //

Климат, макроциркуляционные процессы и экология атмосферы. Казань: Изд-во «Отечество». 2009. С. 101–105.

2. *Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г., Орлова И.А.* Изменчивость климатических норм за период инструментальных наблюдений в Саратове // *Известия Сарат. ун-та. Новая серия. Серия Науки о Земле.* 2013. Т. 13. Вып.1. С. 20–22.

VARIABILITY OF THE LONG-TERM COURSE OF WINTER AND SUMMER AIR TEMPERATURES IN THE SARATOV REGION

G.F. Ivanova¹, N.G. Levitskaya², I. I. Demakina²

¹Saratov State University, 410012, Saratov, Astrakhan Street, 83,
e-mail: kafmeteo@sgu.ru

²Research Institute of Agriculture of the Southeast, 410000, Saratov, Tulajkova Street, 7,
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Tendencies of change of winter and summer air temperatures in the territory of the Saratov region are shown in article, the speed and the importance of these changes is specified. Change of indicators of extremeness of winter and summer temperatures for 1991-2014 in comparison with 1961-1990 on station Saratov is given.

Key words: coefficient of a linear trend; absolute maximum and minimum of temperature; hot days; thaws.

УДК 551.578.7: 551.515.4

СИЛЬНЫЕ СНЕГОПАДЫ НА УРАЛЕ В ОКТЯБРЕ 2014 ГОДА

Н.А. Калинин, А.Л. Ветров, Е.В. Пищальникова, Е.М. Связов, А.Н.
Шихов

Пермский государственный национальный исследовательский
университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: kalinin@psu.ru

Рассматривается применение численной мезомасштабной модели WRF для прогноза сильного и очень сильного снегопада в южных районах Среднего Урала в октябре 2014 года. Описаны синоптические условия, выявлены особенности и причины формирования интенсивных снегопадов, произведены расчеты с помощью модели и выполнена оценка успешности прогноза осадков.

Ключевые слова: сильный снегопад; синоптические условия; модель WRF.

На Урале сильный (сумма осадков от 6 до 19 мм за период времени не более 12 ч) и очень сильный (сумма осадков не менее 20 мм за период времени не более 12 ч) снегопад является часто встречающимся опасным метеорологическим явлением, что обусловлено значитель-

© Калинин Н.А., Ветров А.Л., Пищальникова Е.В., Связов Е.М., Шихов А.Н., 2015

ной продолжительностью холодного периода, активной циклонической деятельностью, а также близостью к Арктическим морям и Атлантике [12]. Гидродинамические модели атмосферы различного масштаба широко используются для прогноза осадков, в том числе в холодный период года [3, 6–8, 13 и др.]. К числу наиболее распространенных инструментов моделирования мезомасштабных атмосферных процессов относится модель WRF [1, 2, 4, 5, 9, 10, 14–17 и др.].

В данной статье представлены результаты прогноза двух случаев сильного снегопада, отмечавшегося 18 и 23 октября 2014 г. на территории Урала, с использованием модели WRF.

Прогнозы по модели WRF с динамическим ядром ARW составлялись на срок 48 ч от 0 ч текущих суток по всемирному согласованному времени. Модель запускалась с шагом, равным 10 км по пространству и 60 с по времени с выдачей данных через каждые 3 ч. Для дальнейшего анализа использовались результаты счета на срок 15, 27 и 39 ч от начала прогноза, чтобы обеспечить совпадение со сроками измерения выпавших осадков на метеостанциях.

С целью оценки достоверности прогноза осадков по модели были использованы данные 46 метеостанций, расположенных на территории Пермского края, Республики Удмуртия, Свердловской и Кировской областей. Сравнение модельных и фактических сумм осадков проводилось на полусуточном интервале. Модельные значения осадков для каждой метеостанции были получены путем интерполяции между узлами модельной сетки.

Сильные снегопады, наблюдавшиеся с 16 по 24 октября 2014 г. на Урале, были обусловлены процессами синоптического масштаба, поэтому для определения эффективности работы мезомасштабной модели WRF-ARW кроме традиционных подходов, основанных на расчете оправдываемости прогноза твердых осадков с использованием Наставления [11] и определения абсолютной ошибки прогноза, в качестве дополнительного критерия использовалась глобальная модель GFS NCEP (США), прогностические поля которой были представлены данными в узлах регулярной сетки $0,5 \times 0,5^\circ$.

Оценка процесса формирования обложных осадков с помощью моделей WRF-ARW и GFS показала, что они адекватно воспроизводят возникновение крупномасштабных систем зон осадков. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что незначительное улучшение качества прогнозов при переходе от модели GFS к мезомасштабной модели отмечается только по данным абсолютных ошибок, т. е. существенно улучшения качества прогноза от перехода к мезомасштабной модели,

кроме случаев выпадения очень сильного снега, не выявлено. Обе модели хуже прогнозируют осадки в тыловой части циклона.

Авторы благодарят директора Научно-образовательного центра «Параллельные и распределенные вычисления» Пермского государственного национального исследовательского университета А.Г. Деменева за предоставленные вычислительные мощности для реализации счета модели WRF.

Работа выполнена в рамках государственного задания на научные исследования (проект № 271), а также при поддержке РФФИ (проект № 14-05-96000-р-Урал-а).

Библиографический список

1. Бычкова В.И., Рубинштейн К.Г. Предварительные результаты испытания алгоритма краткосрочного прогноза метелей // Метеорология и гидрология. 2013. № 6. С. 30–42.

2. Гончуков Л.В., Ламаш Б.Е. Численный прогноз опасных явлений погоды по северу Приморского края // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2010. № 6. С. 17–23.

3. Калинин Н.А., Ветров А.Л. Генерация доступной потенциальной энергии вследствие крупномасштабной конденсации в циклонах умеренных широт // Метеорология и гидрология. 2002. № 4. С. 17–27.

4. Калинин Н.А., Ветров А.Л., Связов Е.М., Попова Е.В. Изучение интенсивной конвекции в Пермском крае с помощью модели WRF // Метеорология и гидрология. 2013. № 9. С. 21–30.

5. Калинин Н.А., Попова Е.В. Численный прогноз опасных и неблагоприятных снегопадов в Пермском крае 15 – 16 марта 2013 года // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2013. № 32. С. 7–16.

6. Калинин Н.А., Смирнова А.А. Численный анализ данных радиолокационных и станционных измерений облачности // Метеорология и гидрология. 2003. № 7. С. 31–39.

7. Калинин Н.А., Смирнова А.А., Ветров А.Л. Мезомасштабный анализ и сверхкраткосрочный прогноз погоды // Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Естественные науки. 2009. Том 151. Книга 4. С. 209–216.

8. Калинин Н.А., Смородин Б.Л. Редкое явление замерзающего дождя в Пермском крае // Метеорология и гидрология. 2012. № 8. С. 27–35.

9. Макитас А.П., Рубинштейн К.Г., Бычкова В.И., Игнатов Р.Ю., Шутилин С.В. Предварительная оценка качества воспроизведения метеорологических параметров в Арктическом районе полярной версии модели WRF // Труды Гидрометцентра России. 2010. Вып. 344. С. 144–156.

10. Мартынова Ю.В., Заринов Р.Б., Крупчатников В.Н., Петров А.П. Оценка качества прогноза динамики атмосферы в Сибирском регионе мезомасштабной моделью WRF-ARW // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 14–24.

11. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения /Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Руководящий документ РД 52.27.724–2009. Обнинск. ИГ-СОЦИН. 2009. 50 с.

12. Пищальникова Е.В. Динамика опасных снегопадов в Пермском крае за период 1969—2013 гг. // Вестник Удмуртского ун-та. 2014. Вып. 3. С. 119–124.

13. Смородин Б.Л., Калинин Н.А., Давыдов Д.В. Моделирование процесса изменения температуры капель при выпадении замерзающих осадков // Метеорология и гидрология. 2014. № 9. С. 34–40.

14. Торопов П.А., Шестакова А.А. Оценка качества моделирования новороссийской боры с помощью модели WRF-ARW // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 38–51.

15. Gascón E., Sanchez J.L., Charalambous D., Fernández-González S., Lopez L., García-Ortega E., Merino A. Numerical diagnosis of a heavy snowfall event in the center of the Iberian Peninsula // Atmos. Res. 2015. Vol. 153. PP. 250–263.

16. Mailhot J., Milbrandt J.A., Giguère A., McTaggart-Cowan R., Erfani A., Denis B., Glazer A., Vallée M. An Experimental High-Resolution Forecast System During the Vancouver 2010 Winter Olympic and Paralympic Games // Pure and Applied Geophys. 2014. Vol. 171. Issue 1–2. PP. 209–229.

17. Wang H., Yu E., Yang S. An exceptionally heavy snowfall in Northeast China: Large-scale circulation anomalies and hindcast of the NCAR WRF model // Meteorol. and Atmos. Phys. 2011. Vol. 113. Issue 1. PP. 11–25.

HEAVY SNOWFALLS IN THE URALS IN OCTOBER, 2014

N.A. Kalinin, A.L. Vetrov, E.V. Pishchalnikova, E.M. Sviyazov, A.N. Shikhov
Perm State University,
614990, Perm, Bukirev Street, 15, e-mail: kalinin@psu.ru

Application of the numerical mesolarge-scale WRF model for the forecast of strong and very heavy snowfall in the southern regions of Central Ural Mountains in October, 2014 is considered. Synoptic conditions are described, features and the reasons of formation of intensive snowfalls are established, calculations by means of model are made and the assessment of success of the forecast of rainfall is executed.

Key words: heavy snowfall; synoptic conditions; WRF model.

ОБМЕН ВОД КАК ПОКАЗАТЕЛЬ САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОЕМА (НА ПРИМЕРЕ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

А.Б. Китаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: hydrology@psu.ru

Выявлены особенности изменения внешнего водообмена и проточности в Камском водохранилище в годовом и многолетнем аспектах. Определены участки исследуемого водоема наиболее подверженные гидрологическому риску.

Ключевые слова: водохранилище; водообмен; проточность; риск; самоочищающая способность.

Введение

Интенсивность водообмена является важнейшей характеристикой состояния экосистемы любого водного объекта, в том числе и искусственных водоемов, каковыми являются водохранилища. Объясняется это тем, что от интенсивности водообмена зависят многие процессы, определяющие условия «жизни» экосистем: накопление загрязняющих веществ, насыщение водной массы кислородом, интенсивность обменных процессов и пр. Большую роль водообмен играет в процессах самоочищения водоемов, которые находятся в прямой зависимости от его интенсивности. С уменьшением водообмена возрастает риск существования самой экосистемы. С водообменом тесно связана такая характеристика водохранилищ как проточность, которая определяет скорость перемещения водных масс в пределах изучаемых участков [7-9].

Внешний водообмен

В период наполнения водохранилища весной интенсивность водообмена на всех морфометрических участках заметно выше (в 3-15 раз), чем в зимнее и летнее время. При этом максимальные величины относятся к верхней части водоема, минимальные – к приплотинному участку. На водохранилище отмечается некоторое увеличение величин водообмена во время прохождения дождей паводков в летне-осенний период. Максимальные его величины отмечаются в многоводные годы, минимальные – в маловодные. Так, внешний водообмен в период весеннего наполнения (май) на 1-м участке водохранилища (Березники-Быстрая) (рисунок) в многоводном году составил 36,3; в то время как в маловодном году на этом же участке он был заметен ниже

– 16,3; на 6-м участке водоема (Чермоз-Слудка) эти величины были равны соответственно – 15,2 и 3,7; в приплотинной части водоема (Добрянка-КамГЭС) – 19,6 и 4,9. Водность лет влияет на внешний водообмен в период весеннего наполнения водохранилища и почти не сказывается в другие фазы водного режима водоема.

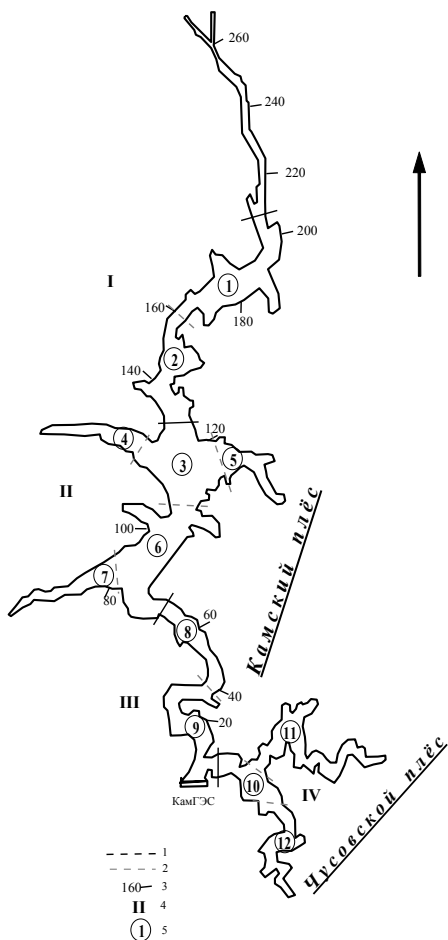


Схема морфологических таксономов Камского водохранилища: 1 - границы районов; 2 - границы участков; 3 - расстояние (км) от плотины (по судовому ходу); 4 - номера районов; 5 - номера участков: Камский плес – 0 – Тюлькино - Березники, 1 – Березники - Быстрая, 2 – Быстрая - Пожва, 3 – Пожва - Чермоз, 6 – Чермоз - Усть-Гаревая, 8 - Усть-Гаревая - Добрянка, 9-Добрянка – КамГЭС

Исследования показали существенное отличие в обмене вод отдельных частей водоема. Максимальный водообмен отмечается в верхней части водохранилища, минимальный – в центральной расширенной части водоема, далее к плотине КамГЭС он несколько возрастает. Так, в весенний период (май) среднего по водности года (1966) обмен вод на 1-м участке водохранилища составил 16,0 раз, в центральной части (6-й участок) – 4,9 раза, на приплотинном участке – 11,1 раза. В другие периоды года картина почти аналогична. В летне-осенний период (август) в различных частях водохранилища (те же участки) обмен вод составил – 1,6; 0,6; 1,6 раза; зимой (февраль) – 2,6 (1-й), 1,0 (6-й) и 2,6 (9-й) раза [4-6].

Проточность

Способы оценки величины проточности разработаны Н.В. Пикушем [10] и Т.П. Девятковой [1]. Первый показатель – это характеристика скоростного режима водоема. Он характеризует современное состояние водоема и может рассматриваться как коэффициент транзитного водообмена, т.е. как показатель транзитного движения водных масс внутри водоема. Вторым показателем ($K_n = V_v/V_p$) представляет собой отношение скоростей проточного течения (по автору коэффициента) в условиях водохранилища и в условиях реки (на которой создан водоем) при одном и том же расходе воды, т.е. он показывает изменение скоростного режима в условиях искусственного водоема по сравнению с бытовыми (речными) условиям. Как правило скорости течений на водохранилище меньше, чем в реке (K_n меньше 1), что свидетельствует о уменьшении самоочищающей способности водохранилища.

Внутригодовой ход коэффициента проточности (K_n) на Камском водохранилище аналогичен годовому ходу других важнейших гидродинамических характеристик водоема. Максимальная проточность отмечается в апреле-мае (таблица). Она характерна для периода конца зимней сработки и начала интенсивного наполнения водоема. После полного наполнения водохранилища проточность существенно снижается и в течение всего летне-осеннего периода она заметно ниже, чем в весенний период. Некоторый рост проточности происходит во время осенних дождевых паводков. Значения коэффициентов K_n в зимний период на границах всех морфометрических участков водохранилища в различные по водности годы несколько выше, чем летом. Годовой ход проточности на различных участках водоема аналогичен, амплитуда же колебаний коэффициента K_n не одинакова. Максимальна она в верхних частях водоема, в центральных и нижних районах она заметно меньше.

В многолетнем разрезе отмечается зависимость проточности водохранилища и его отдельных частей от водности лет. Максимальные ее величины характерны для многоводных лет, минимальные – для маловодных. Влияние водности обнаруживается в весенний период, в другое время оно почти полностью отсутствует. Так, в апреле–мае многоводного года в приплотинной части Камского водохранилища величина K_p составляла 0,12, в маловодном году она была 0,09.

Внутригодовой ход коэффициента проточности на границах морфометрических участков Камского водохранилища в средний по водности год

Створ	М е с я ц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тюлькино	0,40	0,46	0,46	0,78	1,06	0,56	0,36	0,36	0,41	0,62	0,39	0,42
Березники	0,15	0,26	0,57	0,59	0,45	0,17	0,10	0,10	0,12	0,19	0,11	0,14
Быстрая	0,14	0,21	0,36	0,68	0,48	0,17	0,10	0,10	0,11	0,18	0,12	0,13
Пожва	0,11	0,20	0,38	0,77	0,40	0,13	0,08	0,07	0,09	0,15	0,10	0,10
Чермоз	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
Слудка	0,04	0,05	0,05	0,08	0,08	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05
Добрянка	0,12	0,19	0,22	0,29	0,24	0,11	0,09	0,08	0,09	0,12	0,10	0,11
КамГЭС	0,08	0,09	0,10	0,15	0,16	0,09	0,05	0,05	0,05	0,09	0,06	0,06

Проточность в различных частях водохранилища не одинакова. Для водоема характерна общая тенденция уменьшения K_p от района выклинивания подпора к плотине ГЭС. Максимальные величины отмечаются в верхних частях водоема. При этом в районе выклинивания подпора в многоводные годы величины коэффициентов превышают 1,0 (теоретически K_p изменяется от 0 (совершенно непроточное озеро) до 1,0 (река), т.е. создаются более благоприятные условия для проточности (водообмена), чем в бытовых условиях (т.е. до создания водохранилищ).

Для Камского водохранилища характерен сложный характер изменения проточности по его длине – уменьшение от входного створа к центральной части и некоторое увеличение к плотине ГЭС. Такая картина изменения K_p по длине водоема каскада характерна для всех периодов года (весна, лето–осень и зима). Наиболее заметные колебания проточности отмечаются в весенний период, в летне-осенний и зимний периоды они значительно ниже. Так, в средний по водности год (1966) в весенний период (май) проточность по длине Камского

водохранилища изменялась следующим образом: Тюлькино (входной створ) – 1,06; Пожва (вход в центральную часть) – 0,40; Чермоз – 0,04; Добрянка – 0,24; КамГЭС – 0,16. В летне-осенний период (август) в этих же створах они были: 0,36; 0,07; 0,03; 0,08; 0,05; зимой (февраль) – 0,46; 0,20; 0,03; 0,19 и 0,09 [2, 3].

Выводы

Наиболее вероятно возникновение экологического риска, связанного с замедленным водообменом и проточностью, а, следовательно, слабой самоочищающей способностью водоема, малым смешением промышленных стоков, поступающих из района Соликамско-Березниковского промузла, на участках центральной части водоема (Пожва-Чермоз, Чермоз-Слудка). Из фаз водного режима водоема риск возможен, прежде всего, в период зимней сработки водохранилища (февраль-март).

Библиографический список

1. *Девяткова Т.П.* Проточность как специфическая черта гидрологического режима водохранилищ // Методы изучения расчетов и прогнозов водных и климатических ресурсов. Перм. ун-т. Пермь, 1978. С. 26–33.
2. *Китаев А.Б.* Роль гидродинамических факторов в формировании гидрохимического режима долинных водохранилищ (на примере камского каскада): автореф. дис... канд. геогр. наук. Пермь, 1983. 22 с.
3. *Китаев А.Б., Девяткова Т.П.* Важнейшие гидродинамические характеристики Камских водохранилищ. Перм. ун-т. Пермь, 1985. 17 с. Деп. в ВИНТИ 06.12.85, № 8399.
4. *Китаев А.Б.* Внешний водообмен искусственных водоемов и методы его оценки // Гидрологические исследования на Западном Урале. Перм. ун-т. Пермь, 2003. С. 2–15. Деп. в ВИНТИ 23.10.2003 г., № 1857.
5. *Китаев А.Б.* Внешний водообмен и проточность // Актуальные вопросы гидрологии и гидрохимии Камского водохранилища. Перм. ун-т. Пермь, 2004. С. 80–85.
6. *Китаев А.Б.* Внешний водообмен и проточность морфоучастков Камского водохранилища как показатели экологического риска // Современные проблемы исследований водохранилищ: мат. Всеросс. научно-прак. конф. Пермь, 2005. С. 53–58.
7. *Китаев А.Б.* Обмен вод в искусственных водоемах (на примере водохранилищ Камского каскада). Перм. ун-т. Пермь, 2005. 112 с.
8. *Китаев А.Б.* Методы оценки внешнего водообмена водохранилищ // Географический вестник. Пермь, 2005. № 1-2. С 73–81.

9. *Китаев А.Б.* Важнейшие гидродинамические характеристики водохранилищ (на примере Камского каскада). Перм. ун-т. Пермь, 2006. 260 с.

10. *Пикуш Н.В.* Расчет водообмена и проточности водоемов // Гидробиол. журн. 1972. Т. 8. № 4. С. 97–100.

EXCHANGE OF WATERS AS AN INDICATOR OF SELF-PURIFICATION CAPACITY OF A RESERVOIR (ON EXAMPLE OF KAMA RESERVOIR)

A.B. Kitaev

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15, e-mail: hydrology@psu.ru

Features of change of external water exchange and pro-accuracy in Kama reservoir in annual and long-term aspects are revealed. Sites of the studied reservoir the most subject to hydrological risk are defined.

Key words: reservoir; water exchange; flow; the risk; self-purification capacity.

УДК 556.552

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛНЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БЕРЕГАХ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

А.Б. Китаев, А.В. Михайлов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,

e-mail: hydrology@psu.ru

На основе расчета энергии волнения для Камского и Воткинского водохранилищ дана оценка интенсивности отступления берега в результате абразионных процессов.

Ключевые слова: водохранилище; энергия волн; берег; абразия.

Введение

В общем процессе формирования водохранилищ ветровое волнение наряду с процессами внешней геодинамики, протекающими в прибрежной зоне, играют очень важную роль. Они привлекают внимание широкого круга исследователей. Интерес объясняется не только научным познанием процессов, но и запросами практики, требующими решения конкретных задач, связанных с освоением побережий созданных водоемов.

Формирование берегов водохранилищ — это сложный и многогранный процесс, который может рассматриваться под различными аспектами. В данной работе он излагается с точки зрения активизации

экзогенных геологических процессов под действием ветрового волнения.

Очень важными и сложными с позиций инженерной геологии являются вопросы устойчивости оползневых берегов, активизации овражной и склоновой эрозии, влияния выветривания на прочность и другие свойства горных пород. Создание нового природного объекта — водохранилища является главной причиной активизации процессов внешней геодинамики. Порода, разрушенная выветриванием, легко размывается волнами и текучей водой. В свою очередь абразия и эрозия интенсифицируют выветривание. Последнее поставляет свои продукты в оползневые тела и способствует проявлению оползней.

Изучение берегов и акваторий камских водохранилищ в последние десятилетия было направлено на решение нескольких крупных проблем. Первая — это установление современной активности экзогенных геодинамических процессов (ЭГП). Важное место в исследовании заняло решение вопросов о характере и направленности общей активности рельефообразования в различных частях (районах) водоемов. Вторая проблема, которая в последние годы стала одной из приоритетных — это определение степени экзодинамического риска, в населенных пунктах, расположенных на берегах водоемов. Результаты работ, выполняемых для краевой администрации, явились основой для планирования и проведения многих мероприятий по защите населения и производственно-хозяйственных объектов региона от воздействия ЭГП. В качестве таких примеров можно назвать строительство берегозащитных сооружений в п. Новоильинский, с. Частые (Воткинское водохранилище), с. Посер и п. Майкор (Камское водохранилище).

Исходные материалы и методика исследований

Для анализа влияния ветрового волнения на переработку берегов камских водохранилищ были использованы данные за величиной волнения из «Материалов наблюдений на озерах и водохранилищах» [3] и «Ресурсов поверхностных вод СССР» [4]. Временной интервал составил период 1961-1981 гг. Эти материалы могут считаться репрезентативными как по причине малой изменчивости многолетних метеорологических условий, а также наличия требуемого объема информации за волнением на изучаемых водных объектах. Величина переработки берегов водохранилищ (в % от среднемноголетних величин) представлена в работах авторов настоящего исследования [1, 2].

Для оценки силы воздействия волн на берег, была использована такая характеристика как энергия волнения. При этом была реализована широко используемая формула для вычисления энергии волнения по В.В. Шулейкину:

$$E_w = 1/8 \rho g h^2,$$

где E_w — суммарная энергия, приходящаяся на единицу площади взволнованной морской поверхности, ρ — плотность воды, h — высота волн.

Результаты исследования

Зависимости переработки берега от энергии волнения при различных направлениях ветра представлены на рис. 1-4.

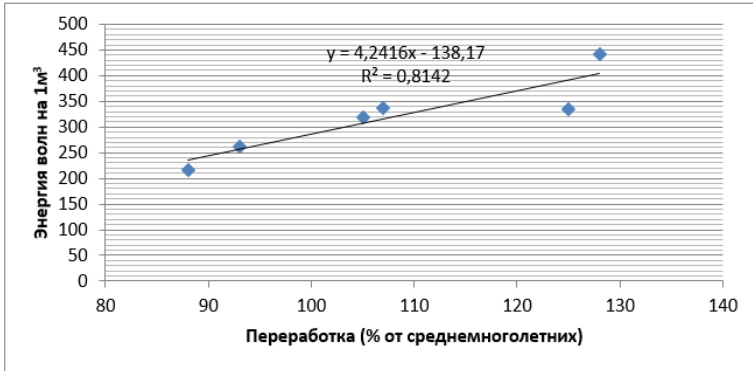


Рис. 1. Зависимость переработки от энергии волн при северном ветре

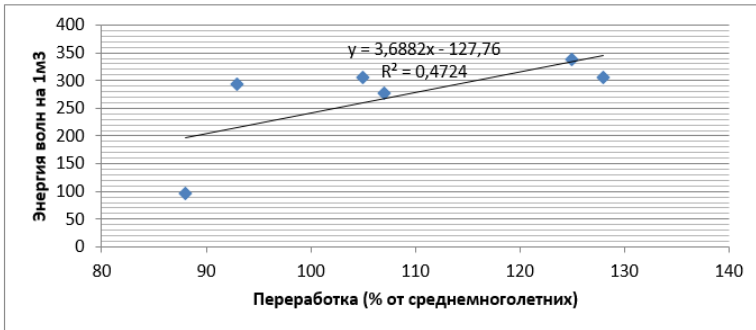


Рис.2. Зависимость переработки от энергии волн при южном ветре

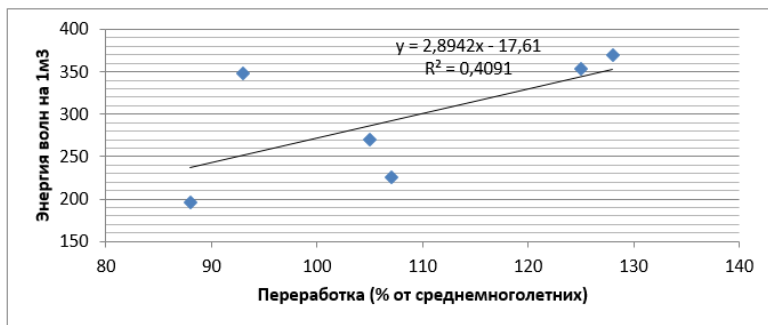


Рис. 3. Зависимость переработки от энергии волн при западном ветре

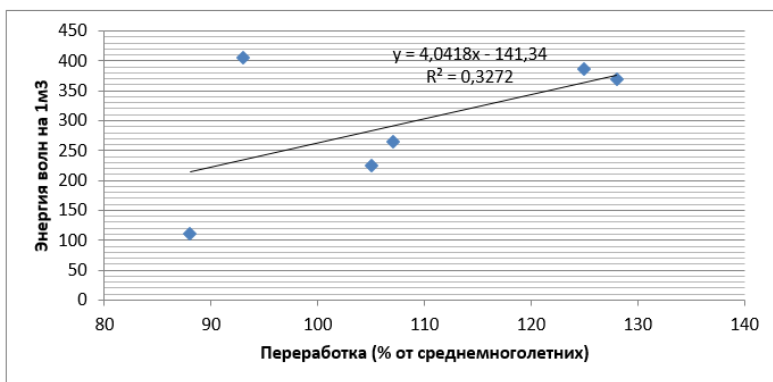


Рис. 4. Зависимость переработки от энергии волн при восточном ветре

На всех графиках наблюдается прямая зависимость переработки берега от энергии волн при всех направлениях ветра. Коэффициенты корреляции составили: 0,90 для северного, 0,68 для южного; 0,64 для западного; 0,57 для восточного ветра. Тесная зависимость при северном ветре может быть обусловлена наибольшими значениями высот и энергии волн, которые вызывают наиболее вероятное разрушение берега в процессе абразии.

При восточном и западном направлениях ветров значение энергии, соответствующее 1-й зоне Воткинского водохранилища, очень велико и выбивается из общего ряда. Это может быть обусловлено протяженностью водохранилища в этой зоне с востока на запад, что создает условия для развития волн большой высоты из-за большой длины разгона волн.

Максимальные значения переработки (128 и 125% от среднелетних значений переработки) приходится на вторую и третью зоны Камского водохранилища и третью зону Воткинского (107%) (рис. 5). Наименьшие значения переработки (88 и 93%) приходятся на глубоководные приплотинные участки (1-я зона Камского и Воткинского водохранилищ).



Рис. 5. Границы гидрологических зон Камских водохранилищ

Значения энергий волн соответственно максимальные в 3-й и 2-й зонах – от 310 Дж до 440 Дж и понижаются к приплотинным зонам (100 – 220 Дж) на Камском водохранилище.

На Воткинском водохранилище, в целом, схожая картина – 220-340 Дж на третью зону и до 290 Дж при северном и южном ветрах. Наблюдается повышение энергии волн к приплотинному участку при

восточном и западном ветре (до 400 Дж), однако значение абразионной переработки снижается.

Выводы

Особенностью полученных зависимостей, как выраженных в виде уравнений, так и найденных по длине водохранилищ, является их региональная принадлежность. С помощью уравнений, описывающих зависимости, можно сделать приближенную оценку темпов будущих абразионных изменений берегов Камского и Воткинского водохранилищ.

Библиографический список

1. Михайлов А.В., Китаев А.Б. Защитные и берегоукрепительные сооружения Пермского края. Учебное пособие. Пермь, Перм. ун-т, 2008. 175 с.
2. Михайлов А.В., Китаев А.Б. Защитные и берегоукрепительные сооружения Пермского края. Учебное пособие (2-е изд.). Пермь: Изд-во «ОТ и ДО», 2009. 142 с.
3. Материалы наблюдений на озерах и водохранилищах (дополнение к гидрологическому ежегоднику, т.4, вып.5-7). Свердловск, 1961-1981 гг.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1973. Т.2. 853 с.

RESEARCH OF IMPACT OF EXCITEMENT ON INTENSITY OF ABRASION PROCESSES ON COAST OF THE KAMA RESERVOIRS

A.B. Kitaev, A.V. Mikhailov

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15, e-mail: hydrology@psu.ru

On the basis of calculation of energy of excitement for Kama and Votkinsk reservoirs the assessment of intensity of retreat of the coast as a result of abrasion processes is given.

Key words: reservoir; wave energy; bank erosion.

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ВОДЫ ОЗЁР ГРАНИЦЫ СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО УРАЛА

И.В. Кулик

Челябинский государственный педагогический университет
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69, e-mail: ptica_fogel@mail.ru
Научный руководитель – к.г.н., доцент Захаров С.Г.

В данной работе на основе оригинальных, архивных и литературных данных проанализировано изменение прозрачности воды в летний период в восьми водоёмах северной части Челябинской области за многолетний период (1939-2014 гг.), выявлены тенденции в изменении их трофического статуса и оптических свойств воды.

Ключевые слова: прозрачность озёр; трофический тип; подводная освещённость; оптический класс; оптические свойства воды; коэффициент относительной прозрачности.

Прозрачность воды как оптическое свойство водоёма играет в его жизни огромную роль и служит одним из основных признаков, характеризующих тип водоёма. Это один из важнейших факторов, определяющих световые условия фотосинтеза в водной толще. В условиях умеренного пояса прозрачность находится в обратной зависимости от биомассы и продукции планктона в водоёме [5].

В основу данной работы легли архивные материалы Уральского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр» 1932-1977 гг., лабораторий отдела промышленной экологии РФЯЦ-ВНИИТФ и ОАО «Трансэнерго» (г. Снежинск), литературные [2, 3, 4, 9] и оригинальные данные 2013-2014 гг. для восьми озёр северной части Челябинской области: оз. Аракуль, Силач, Сунгуль, Киреты, Большие Касли, Окункуль, Иткуль, Синара.

Все объекты исследования расположены на восточном склоне Уральского хребта в горно-лесной ландшафтной зоне, в горной светлохвойной провинции, на севере Челябинской области, у самой границы со Свердловской областью, являющейся также и границей между Южным и Средним Уралом [8]. Район исследования отличается высокой озёрностью (10-14%) [1]. Все озёра проточные, относятся к правым притокам р. Исеть – бассейн реки Тобол – Карское море. Оз. Силач, Сунгуль, Киреты и Большие Касли соединены между собой системой проток в один каскад – Каслинскую группу, имеющую общий сток в оз. Иртяш (бассейн р. Теча). Оз. Иткуль, Окункуль, Синара объединены в Синарскую группу озёр (бассейн р. Синара). Оз. Аракуль относится к бассейну р. Большая Вязовка, которая питает оз. Силач. Котловины исследуемых озёр эрозионно-тектонического происхождения и

по форме приближаются к параболоиду [9]. По соотношению элементов водного баланса озёра относятся к испарительно-дождевым и испарительно-приточным. Тип водообмена аккумулятивно-транзитный. Достаточная увлажнённость территории определяет устойчивость уровневого режима озёр [1]. Основные морфометрические характеристики озёр по [7] представлены в таблице.

Морфометрические характеристики озёр [7]

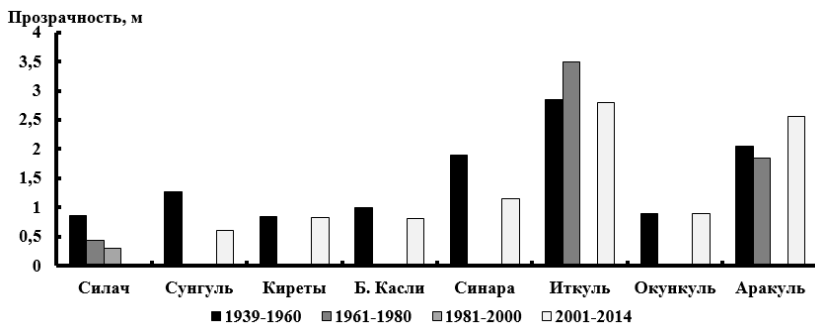
<i>Озеро</i>	<i>S - площадь зеркала, км²</i>	<i>V - объём водной массы, млн.м³</i>	<i>F - площадь водосбора, км²</i>	<i>V/S - средняя глубина, м</i>	<i>H_{max} - максимальная глубина, м</i>	<i>S/F- коэффициент озёрности</i>	<i>Высота над уровнем моря, Бм</i>
Синара	23,6	148	196	6,2	11,4	0,12	246,5
Окункуль	13,8	39,9	178	2,9	3,2	0,08	249,0
Иткуль	30,4	220	163	7,2	11,3	0,19	276,5
Аракуль	3,0	21,9	21,6	6,3	11,0	0,14	299,0
Силач	18,4	40	276	2,2	4,2	0,07	233,3
Сунгуль	11,7	42	330	3,6	7,8	0,03	233,3
Киреты	8,0	19	556	2,4	5,8	0,01	233,3
Б. Касли	19,0	82	590	4,3	8,1	0,03	233,3

Территория района исследования хорошо освоена в промышленном и сельскохозяйственном отношении. На водосборе озёр (кроме оз. Киреты) расположены населённые пункты: деревни на оз. Окункуль и Иткуль, посёлки на оз. Силач, Сунгуль, Аракуль, садоводческие товарищества, города на оз. Синара и Б. Касли. Все озёра испытывают разные виды и степень антропогенной нагрузки. Оз. Синара, Иткуль, Аракуль, Сунгуль используются для питьевого водоснабжения г. Снежинск, пос. Вишневогорск, пос. Сокол. Оз. Силач и Сунгуль используются для сброса очищенных хозяйственно-бытовых и производственных вод г. Снежинска, пос. Вишневогорск и Сокол [6, 7].

За многолетний период выявлено снижение прозрачности воды по диску Секки в оз. Силач, Сунгуль, Б. Касли и Синара (рисунок).

По прозрачности воды оз. Силач, первое в каскаде Каслинских озёр, уже в 1939 г., до возникновения г. Снежинск и пос. Вишневогорск, по классификации С.П. Китаева [5] можно отнести к поликумулятивным водоёмам эвтрофного типа (трофический индекс Карлсона – TSI-индекс – 61,5) с очень малой прозрачностью (до 0,9 м). Коэффициент относительной прозрачности (отношение прозрачности к средней глубине озера) в 1939-1960 гг. соответствовал низкому оптическому классу ($K=0,364-0,409$) с олигомезофотобатным оптическим классом световых условий (оптически мелководный водоем), который в последующие годы сменился на очень низкий оптический класс ($K < 0,25$) и олигофотобатный класс световых условий (оптически очень мелко-

водный водоем) с регистрируемой прозрачностью 0,3 м. При этом тип трофии в соответствии с трофическим индексом Карлсона сменился с эвтрофного на гипертрофный (TSI-индекс >77).



Многолетняя динамика прозрачности воды в озерах (средняя за лето)

Оз. Сунгуль в 1939 г. имело низкий класс прозрачности (малая прозрачность) с коэффициентом относительной прозрачности, входящим в диапазон низкого оптического класса световых условий (оптически мелководное, т.е. олигомезофотобатное). Трофический статус водоема соответствовал мезотрофному типу (TSI – индекс 52,3). В последующие годы класс прозрачности стабильно снижался до очень низкого, как и коэффициент относительной прозрачности. В настоящее время водоём является олигофотобатным, т.е. оптически очень мелководным. Трофический статус повысился до эвтрофно-гипертрофного (TSI-индекс до 70-73).

Оз. Киреты с 1939 г. сохраняет свою прозрачность в одних пределах – до 1 м. По классификации Китаева характеризуется как водоем с очень малой прозрачностью. По коэффициенту относительной прозрачности озеро относится ко второй оптической группе – олигомезофотобатное, т.е. оптически мелководное. По TSI-индексу водоём эвтрофного типа.

Оз. Б. Касли в 1939 г. соответствовало низкому классу прозрачности (малая прозрачность). Водоем был оптически мелководным (олигомезофотобатным), с низким коэффициентом относительной прозрачности, мезотрофного типа (TSI – индекс 58,6). В 2001-2014 гг. прозрачность озера снизилась (коэффициент относительной прозрачности менее 0,250), что характеризует водоём как олигофотобатный (оптически очень мелководный). По TSI-индексу (>60) озеро эвтрофного типа.

Оз. Синара с 1939 по 2014 г. сменило трофический тип с мезотрофного на эвтрофный (TSI-индекс 45-57 и 60 соответственно), что свидетельствует об увеличении продукционной способности водоёма. Оптический класс изменился с низкого до очень низкого, что отразилось на изменении световых условий (водоем из оптически мелководного (олигомезофотобатного) стал оптически очень мелководным (олигофотобатным)).

Оз. Иткуль в течение всего периода наблюдений остается олигомезофотобатным мезогумозным водоемом мезотрофного типа (TSI-индекс 40-50). В 1939 и 1966 гг. озеро было оптически среднеглубоким, что связано с повышением уровня воды. В остальные годы оз. Иткуль относится к оптически мелководным (коэффициент относительной прозрачности 0,280-0,473).

Оз. Окункуль по имеющимся данным с 1939 г. сохраняет оптический класс с очень низкой прозрачностью и эвтрофный тип (TSI-индекс 61-63). Водоём относится к полигумозным олигомезофотобатным озёрам.

В оз. Аракуль с 1939 по 2014 г. регистрируется средняя прозрачность с незначительным ее снижением в 1961-1980 гг. В настоящее время это оптически мелководный водоем мезотрофного типа (TSI – индекс 43-51).

По коэффициенту относительной прозрачности ($K=0,137-0,492$) все исследуемые озёра являются планктотрофными, т.е. в создании автохтонной первичной продукции главная роль принадлежит фитопланктону [5].

Таким образом, в группе Синарских озёр только в оз. Синара за многолетний период отмечено снижение прозрачности воды с понижением оптического класса, класса световых условий и увеличением TSI-индекса и, соответственно, сменой трофического статуса. Выявленные изменения связаны с антропогенной нагрузкой на водоём, резкое увеличение которой произошло с 1957 г. в результате строительства и развития г. Снежинска.

Система Каслинских озёр претерпела более существенные изменения. Все водоемы этой группы, кроме оз. Киреты, имеют тенденцию к снижению прозрачности с понижением оптического класса, коэффициента оптической прозрачности, класса световых условий и увеличением TSI-индекса со сменой типа трофии, что обусловлено увеличением антропогенной нагрузки на каскад озёр, начиная с 1950-х гг. Отсутствие поселений и прямого хозяйственно-бытового и производственного использования, а также разбавление воды из оз. Карасьего,

по-видимому, позволяет снизить антропогенный пресс на оз. Киреты и способствует сохранению его оптических свойств.

Библиографический список

1. *Андреева М.А.* Озера Среднего и Южного Урала (Гидрологический режим и влияние на него атмосферной циркуляции). Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1973. 271 с.

2. *Антошенок Ю.П.* Геосистемные начала водных экотехнологий Южного Урала. Челябинск: «Фрегат», 1995. 169 с.

3. *Балабанова З.М.* К гидрохимии Уфалейских озер // Труды УралВ-НИОРХ. Т. 3. Свердловск, 1941. С.14-24.

4. *Еремкина Т.В.* Структура и функционирование фитопланктона озёр северной части Увильдинской зоны (Челябинская область) в условиях антропогенного эвтрофирования: Дис. канд. биол. наук. Екатеринбург, 2010. 179 с.

5. *Китаев С.П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, 2007. 395 с.

6. *Кулик И.В.* Историческая ретроспектива хозяйственного освоения озера Синара и его водосборной территории // Краеведческие поиски и находки. Челябинск, 2013. №20. С. 348-354.

7. *Кулик И.В.* Современное состояние озёрных экосистем северной части Челябинской области в условиях антропогенного воздействия // Современное состояние водных биоресурсов. Новосибирск, 2014. №3. С.158-161.

8. *Рундквист Н.А., Задорина О.В.* Урал. Екатеринбург: Иллюстрированная краеведческая энциклопедия. 2013. 592 с.

9. *Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева М.Н.* Гидрохимия озер: Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 336 с.

TO THE QUESTION ABOUT OPTICAL PROPERTIES OF WATER LAKES BORDER OF THE MIDDLE AND SOUTHERN URALS

I.V. Kulik

Chelyabinsk State Pedagogical University,

454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 69, e-mail: ptica_fogel@mail.ru

In this paper, based on original, archival and literature data analyzes changes in water transparency during the summer period in eight ponds North of the Chelyabinsk region in the period 1939-2014, identified trends in in trophic status and optical properties of water.

Key words: transparency of lakes; trophic type; underwater illumination; optical class optical properties of water; the coefficient of relative transparency.

СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ ОСКОЛ

М.Г. Лебедева¹, М.А. Петина¹, Л.К. Решетникова²

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85,
e-mail: lebedeva_m@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru

²Белгородский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 308014, г. Белгород, ул. Чумичева 126,
e-mail: fialka.lid@mail.ru

Выявлена изменчивость водного режима реки Оскол в условиях меняющегося климата и возрастающей хозяйственной деятельности человека. С середины XX века годовой сток реки уменьшился на 32% у г. Старый Оскол – где максимально сказался антропогенный фактор, ниже по течению – на 28% у сл. Ниновка и на 26 % у р.п.Раздолье – за счет изменения климатических параметров. Максимальный сток значительно изменился. Слой стока половодья уменьшился в 2 раза, а максимальные расходы воды – в 6 раз у г.Старый Оскол за счет регулирования стока. Ниже по течению у сл.Ниновка максимальный сток уменьшился в 5 раз, а у р.п.Раздолье в 3 раза. Минимальный сток зимней межени у г. Старый Оскол уменьшился на 23%, а минимальный сток за период летне-осенней межени соответствует среднеголетним значениям. Минимальный сток зимней межени у сл. Ниновка возрос на 34%, а минимальный сток летне-осенней межени на 19%, у р.п. Раздолье минимальный сток зимней межени увеличился на 39%.

Ключевые слова: водный режим; годовой, максимальный и минимальный сток; изменение климата; антропогенная нагрузка.

Изменчивость водного режима определяется двумя основными факторами: изменением климата и хозяйственной деятельностью человека. Для территории Белгородской области за последние 30-40 лет оба эти фактора претерпели весьма существенные изменения в результате процессов глобального и регионального изменения климата и кардинальных преобразований в социально-экономической сфере, что в значительной степени повлияло на водные ресурсы, водопотребление и режим водных объектов. Причем все эти процессы имеют яркую тенденцию к нарастанию, и в перспективе следует ожидать усиление негативных последствий, с которыми нельзя не считаться при планировании развития экономики [3, 4]. Учитывая гидрографические особенности территории, специалисты Государственного Гидрологического института прогнозируют на территории Белгородской области уже в ближайшие годы острый дефицит водных ресурсов. Причиной является преобладание в регионе малых рек и интенсивная антропогенная нагрузка. Регион, по потенциальной водообеспеченности на

одного жителя и суммарным водным ресурсам, относится к территориям с экстремально низкими условиями. Водообеспеченность территории Белгородской области в маловодные годы (1000–1500 м³ в год на одного человека) по международной классификации рассматривается как очень низкая или критически низкая водообеспеченность [6].

Главными климатическими элементами, влияющими на распределение стока, являются ход осадков и температуры воздуха, которая в свою очередь определяет величину потерь на испарение с поверхности водосбора [1].

В изменениях температуры и особенно осадков по годам прослеживаются существенные отклонения от нормы. Можно выделить циклы повышения и понижения тепла и увлажнения. Но главное, что отчетливо выражены многолетние тенденции роста, как температур, так и осадков за период имеющихся наблюдений. Средняя годовая температура возросла более чем на 1°C, то есть климат становится теплее. Если в последней трети XX в потепление происходило по так называемому «зимнему типу», то в последние 15 лет наблюдается рост температур теплого периода. Возросло за последние 50 лет наблюдений среднеобластное годовое количество атмосферных осадков более чем на 50 мм, то есть климат стал несколько влажнее.

Для определения колебаний и изменений гидрологических характеристик стока нами использованы данные наблюдений действующих постов Росгидромета на р. Оскол – г. Старый Оскол (с максимальным антропогенным влиянием), и далее ниже по течению на р. Оскол – сл. Ниновка и на р. Оскол – р. п Раздолье. Колебания климата рассмотрены по данным репрезентативной для водосбора р. Оскол и его притоков метеостанции в г. Старый Оскол. Для статистического анализа использованы данные за период непрерывных и одновременных наблюдений за стоком и климатом. На рис. 1 показаны колебания стока этой реки в створе у сл. Ниновка за многолетний период [2, 5].

На графике четко видно, что за период наблюдений средний годовой сток снизился на 9 м³/с, а минимальные среднемесячные зимние и летние расходы воды возросли на 5 м³/с. При этом, в режиме стока, как и в режиме осадков тенденции изменения стока проявляются на фоне годовых и многолетних циклических колебаний.

За период активного строительства и эксплуатации Лебединского и Стойленского ГОКов, максимальные расходы воды и стока весеннего половодья претерпели существенные изменения. Наглядно этот процесс отражают разностные интегральные кривые (РИК) на рис. 2.

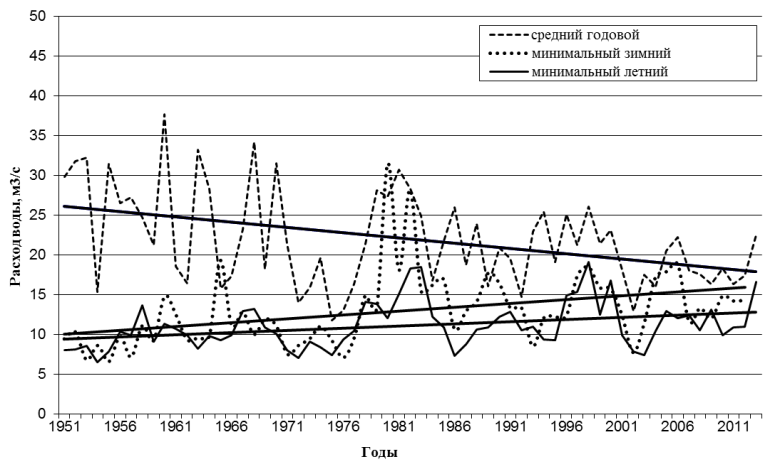


Рис.1. Тенденции изменения годового, минимального зимнего и летнего стока на р. Оскол – сл. Ниновка

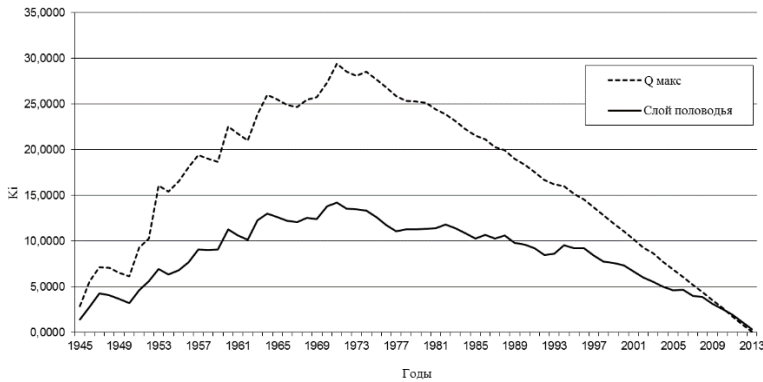


Рис.2. Разностные интегральные кривые максимальных расходов воды и слоя стока весеннего половодья по р. Оскол – г. Старый Оскол 1945-2013 гг.

Для анализа минимального зимнего и летнего стока (в расчет были приняты минимальные 30-суточные расходы воды за период зимней и летне-осенней межени) использованы данные наблюдений на р. Оскол у г. Старый Оскол (1945-2013 гг.) и расположенных ниже по течению гидрологических постах на р. Оскол у сл. Ниновка (1951-2013 гг.) и на р.Оскол у р.п. Раздолье (1949-2013гг). В процессе формирования минимального стока можно отметить два основных периода с раз-

личной водностью. В начале изучаемого периода с 1945 по 1971 г. по р. Оскол г. Старый Оскол минимальный сток зимней межени выше средних многолетних значений, а в период с 1972 по 2013 г. ниже нормы. Резкий перелом для РИК отмечен в 1971 году. До этого времени и слою стока, и максимальные расходы воды весеннего половодья были выше средних многолетних значений, а с 1972 г. величины слоя стока весеннего половодья уменьшились в 2 раза, а максимальные расходы воды в 6 раз.

Минимальный сток летне-осенней межени практически не изменился за весь период наблюдений. Минимальный сток зимней и летне-осенней межени по р. Оскол – сл. Ниновка в период с 1951 по 1971 г. наблюдался меньше среднего многолетнего значения, а после этого выше нормы. Увеличение зимнего стока является необычным по своей природе, не имеет аналогов за весь период наблюдений и по эффективности воздействия на сток сопоставим с регулирующим влиянием водохранилищ. Как и для максимального стока, здесь могут проявляться как природные, так и антропогенные факторы.

Минимальный сток зимней и летне-осенней межени по р. Оскол – р.п. Раздолье в период с 1958 по 1971 г. ниже среднего многолетнего значения, а с 1972 г. наблюдается увеличение минимального стока.

Выводы. Водный режим реки Оскол на рубеже XX-XXI столетий изменился следующим образом:

1. Годовой сток реки уменьшился на 32% у г. Старый Оскол – где максимально сказался антропогенный фактор, ниже по течению на 28% у сл. Ниновка и на 26 % у р.п.Раздолье – за счет изменения климатических параметров.

2. Максимальный сток значительно изменился. Слой стока половодья уменьшился в 2 раза, а максимальные расходы воды в 6 раз у г.Старый Оскол. Произошло это за счет регулирования стока, ниже по течению у сл. Ниновка максимальный сток уменьшился в 5 раз, а у р.п. Раздолье в 3 раза. Меньшее снижение максимального стока на участке от сл. Ниновка до р. п. Раздолье связано с впадением в реку притоков, испытывающих незначительное техногенное влияние. Наблюдаемые тенденции свидетельствуют об уменьшении водообеспеченности территории юга Черноземья.

3. Минимальный сток зимней межени у г. Старый Оскол уменьшился на 23%, а минимальный сток за период летне-осенней межени соответствует среднемноголетним значениям. Минимальный сток зимней межени у сл. Ниновка возрос на 34%, а минимальный сток летне-осенней межени на 19%, у р.п. Раздолье минимальный сток зим-

ней межени увеличился на 39%, а минимальный сток летне-осенней межени на 46%.

Полученные результаты согласуются с исследованиями ГГИ по изменению годового и сезонного стока рек в условиях меняющегося климата и усиливающейся антропогенной нагрузки. В условиях высокой техногенной нагрузки антропогенный фактор по степени влияния на водный режим сопоставим с изменениями, обусловленными природными причинами. Существующее прогнозирование оценки климатических изменений дают в качестве последствий уменьшение водности рек в Центрально-Черноземном районе, что может существенно ухудшить экологическую ситуацию в трансграничных водотоках в ближайшее десятилетие.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ № МК-6142.2014.5, 2014-2015 гг.

Библиографический список

1. *Лебедева М.Г., Дроздова Е.А., Корнилов А.Г.* Природные и антропогенные факторы, определяющие элементы водного баланса на территории Белгородской области // Проблемы природопользования и экологической ситуации в Европейской России и сопредельных странах. Москва-Белгород, 2013. С. 90-93
2. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101 2003. М: Государственный комитет по делам строительства, 2003. 70 с.
3. *Петин А.Н., Петина М.А., Новикова Ю.И.* Северский Донец: гидрологический режим и экологическое состояние вод. Белгород: Издательский дом «Белгород». НИУ «БелГУ», 2014. 184 с.
4. *Решетникова Л.К., Лебедева М.Г., Петина М.А.* Характеристики водного режима рек юга Центрально-Черноземного региона на рубеже XX-XXI веков // Известия Смоленского государственного университета. Смоленск, 2011. №4 (16). С. 30-37.
5. Фондовые материалы Белгородского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 1945-2013 гг.
6. *Шикломанов И.А., Балонишников Ж.А., Георгиевский В.Ю.* Гидрологические последствия изменений климата и их влияние на социально-экономические условия // Прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям. М.: Триада Лтд, 2007. С. 295-311.

MODERN CONDITIONS OF FORMATION OF THE ANNUAL FLOW OF THE RIVER OSKOL

M.G. Lebedeva¹, M.A. Petina¹, L.K. Reshetnikova²

¹Belgorod National Research University, 308015, Belgorod, Pobedy Street, 85,
e-mail: lebedeva_m@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru

²Belgorod Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring,
308015, Belgorod, Chumicheva, 126, e-mail: fialka.lid@mail.ru

Revealed the variability of the water regime of the river Oskol in the context of climate change and increasing human activities. Since the mid-twentieth century, annual river flow decreased by 32% in Stary Oskol – where the maximum impact of anthropogenic factor, downstream – by 28% in Ninovka and 26% near Razdolje – due to changes in climatic parameters. The maximum flow has changed significantly. A drain layer of floods has decreased in 2 times, and the maximum flow rates – 6 times in Stary Oskol at the expense of flow control. Downstream from Ninovka maximum runoff has decreased in 5 times, and near Razdolje in 3 times. The minimum winter low water flow in Stary Oskol decreased by 23%, and minimum flow for the period of summer-autumn low-water period corresponds to the long-term average. The minimum winter low water flow at Ninovka increased by 34%, and minimum flow summer-autumn low-water period by 19%, from Razdolje minimum winter low water flow increased by 39%.

Key words: water regime; annual, maximally and minimum flow; change of climate; anthropogenic load.

УДК 551.51

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

В.А. Лобанов, А.Е. Шадурский, Г.Г. Тошакова, К.С. Кириллина,
С.А. Лобанова, О.А. Шукри

Российский государственный гидрометеорологический университет,
195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский проспект, 98,
e-mail: lobanov@EL6309.spb.edu

В сообщении рассматриваются теоретические и практические вопросы применения статистических методов и моделей для исследования климатических изменений разных временных масштабов, включая и современное изменение климата. Сравниваются методологии стационарной выборки и нестационарных и неоднородных процессов. Даны примеры применения предлагаемых методов и моделей и полученных на их основе результатов.

Ключевые слова: изменение климата; статистические модели; нестационарность; неоднородность.

Современное изменение климата является одной из главных проблем человечества и стимулирует развитие научных исследований, разработку новых методов и моделей для решения этой одной из

© Лобанов В.А., Шадурский А.Е., Тошакова Г.Г., Кириллина К.С.,
Лобанова С.А., Шукри О.А., 2015

сложнейших задач современности. Существует два основных вида моделей и направлений решения проблемы:

- уравнения гидродинамики и физико-математическое моделирование климата;
- эмпирико-статистические методы выявления закономерностей и статистическое моделирование для описания динамики климата.

Настоящее сообщение посвящено второму подходу к исследованию и моделированию климата. До недавнего времени все колебания климатических характеристик за многолетний период рассматривались в рамках концепции стационарной и однородной выборки, с чем связано понятие климатической нормы и случайных отклонений от нее. Краеугольными камнями этой концепции являются:

- представление временного ряда в виде однородной выборки из одной генеральной совокупности;
- постулирование стационарности или неизменности во времени основных выборочных параметров: среднего значения и дисперсии;
- представление цикличности в виде одного генерализованного параметра – коэффициента внутрирядной корреляции;
- представление случайного события в виде погодичного (один раз в год) значения климатической характеристики.

При этой концепции моделью временного ряда является случайная выборка с двумя параметрами: среднее значение и дисперсия и иногда с включением коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда. Моделью статистического коллектива является функция распределения также с двумя или тремя (коэффициент асимметрии) параметрами.

Современное изменение климата дало основание рассмотреть проблему климатических колебаний более детально и представить их в виде композиции циклических составляющих разных временного масштабов, что можно выразить как:

$$Y_i = Y_{1i} + Y_{2i} + Y_{3i} + Y_{4i} + \dots + Y_{Ai} , \quad (1)$$

где: Y_i - многолетний ряд климатической характеристики (температура, осадки и т.п.), Y_{1i} , Y_{2i} , Y_{3i} , Y_{4i} - естественные процессы межгодового, десятилетнего, столетнего, тысячелетнего и других масштабов; Y_{Ai} - климатические изменения, обусловленные антропогенным воздействием.

Для разделения сложного композиционного процесса колебаний климатической характеристики (температуры воздуха, осадков и других) на однородные составляющие разных временных масштабов были разработаны специальные статистические методы декомпозиции, та-

кие как: метод «срезки» и метод сглаживания амплитуд циклов. Эти методы в отличие от существующих методов гармонического, спектрального анализа и методов последовательного и скользящего осреднения не содержат специальные ограничения и допущения, например, на постоянство периодов и амплитуд циклов каждого из процессов во времени, и тем самым не навязывают вид «модели» природному процессу. Разработанные методы, поэтому, позволяют выделять однородный процесс в том виде, в котором он существует в природе, т.е. с переменными периодами и амплитудами циклов. Так, если, например, выделен отдельно процесс десятилетнего масштаба, то это не означает, что все периоды циклов в нем постоянны, нет, они могут быть переменными и варьировать, например, от 8-9 лет до 20 лет и более, так же, как и амплитуды циклов. После разделения процессов на квазиоднородные по периодам циклов составляющие, осуществляется исследование закономерностей параметров циклов, к которым относятся период, амплитуда цикла, продолжительность подъема и спада, средняя скорость подъема и спада, объем цикла и другие показатели. Именно цикл и его параметры являются случайным событием, и поиск их закономерностей во времени и является предметом исследования. Статистические модели как раз и предназначены для описания этих полученных закономерностей, как во времени, так и во взаимодействии с установленными факторами и во взаимосвязи между собой.

Предлагаемый подход исследования климатических изменений основан на новой концепции неоднородных и нестационарных природных процессов. Краеугольными камнями этой концепции являются:

- неоднородность многолетнего ряда климатической характеристики, который сформирован не из одной, а из разных генеральных совокупностей и является композицией процессов разных временных масштабов, сформированных разными факторами;
- случайным событие является цикл колебаний и его основные параметры, такие как период, амплитуда и другие;
- стационарность параметров циклов не постулируется, а должна быть подтверждена или отвергнута на основе анализа данных.

Поэтому моделью такого процесса во времени является система уравнений для всех параметров циклов и для процессов всех временных масштабов. При этом часть моделей в системе может быть стационарными, а часть нестационарными и стационарные модели объединяются в композицию распределений.

Применения предлагаемого подхода и методов к моделированию временных рядов было апробировано для разных природных ха-

рактических от солнечной активности до температуры воздуха, осадков и речного стока. При этом рассматривались как данные инструментальных наблюдений наиболее продолжительных рядов, начиная, например, с 1650 г. для рядов среднемесячных температур воздуха в Центральной Англии, так и восстановленные палеорекострукции температур воздуха и газовых компонент за периоды в 850 тыс. лет, 45 тыс. лет и 1000-1500 лет. В результате исследований получено:

1. Почти за 1 миллион лет истории Земли имели место колебания осредненной за период в несколько сот лет температуры воздуха с амплитудой $10-15^{\circ}\text{C}$ за 100 тыс. лет, при этом скорость изменений часто достигала $3-4^{\circ}\text{C}$ за столетие, что даже превышает современное потепление;

2. По палеоданным за голоцен в последние 12 тысяч лет уже можно более надежно получить численные значения периодов и амплитуд циклов процессов разных временных масштабов. Так, для процесса тысячелетнего масштаба средний период $T_{\text{cp}}=1010$ лет и средняя амплитуда $A_{\text{cp}}=1.3^{\circ}\text{C}$, а для процесса столетнего масштаба $T_{\text{cp}}=96$ лет и $A_{\text{cp}}=1.5^{\circ}\text{C}$, что при наложении процессов приводит к изменению температуры в $2-3^{\circ}\text{C}$ за столетие;

3. Ежегодные реконструкции глобальной температуры за последние 1000-1300 лет позволяют определить $T_{\text{cp}}=4$ года и $A_{\text{cp}}=0.16-0.26^{\circ}\text{C}$ для процесса межгодовой климатической изменчивости, $T_{\text{cp}}=24-28$ лет и $A_{\text{cp}}=0.15-0.27^{\circ}\text{C}$ для процесса десятилетней изменчивости и $T_{\text{cp}}=140-190$ лет и $A_{\text{cp}}=0.20-0.21^{\circ}\text{C}$ для процесса столетнего масштаба. При наложении процессов это приводит к изменению в $0.5-0.6^{\circ}\text{C}$ за столетие. При этом эпохи высокой температуры наблюдались 10-12 веках, а низкой – в 16-18 веках и перепады глобальной температуры между этими эпохами достигали 1.0°C ;

4. На основе анализа и моделирования наиболее продолжительных рядов инструментальных наблюдений за температурой, осадками, речным стоком, уровнем бессточных озер, солнечной активности получено:

– по данным инструментальных наблюдений в 1-2 сотни лет можно достаточно надежно выделить процессы масштабов межгодовой и десятилетней климатической изменчивости и от части цикла (тренда) до 1-2 циклов процессов климатических изменений столетнего масштаба;

– средний период процесса межгодовых колебаний равен 3-4 года, процесса десятилетнего масштаба – 11-17 лет при существенной их вариации, но при небольшом перекрытии периодов;

- отношение средних периодов процессов межгодового и десятилетнего масштабов варьирует всего от 4 до 6;

– показатели изменчивости амплитуд циклов для процесса межгодового масштаба близки к 6, для процесса десятилетнего масштаба – к 3, а их отношение для всех природных характеристик равно 2;

– вклад процесса столетнего масштаба в общие колебания возрастает с 18-24% в рядах годового стока до 70-80% в рядах осредненных по территории температур воздуха и уровнях бессточных озер;

– колебания периодов и амплитуд процессов межгодовой и десятилетней изменчивости носят, как правило, случайный характер.

Последний вывод позволяет направленные антропогенные и природные долгопериодные изменения климата выразить более простой моделью во времени: случайные изменения и возможная нестационарная составляющая. На уровне рассмотрения таких простых моделей проявление изменений климата в многолетних временных рядах может быть двух основных видов:

– монотонные изменения в виде тренда,

– ступенчатые изменения, характеризующие переходы от одного стационарного состояния к другому.

Моделирование временных рядов включает три основные стадии:

– расчет параметров моделей;

– оценка эффективности нестационарных моделей по отношению к стационарной;

– оценка статистической значимости нестационарных моделей по отношению к стационарной.

Параметрами стационарной модели являются среднее значение (Y_{cp}) и среднеквадратическое отклонение (σ), определяемые по ряду наблюдений. Модель ступенчатых изменений аналогична двум (или нескольким) стационарным моделям для двух (или нескольких) частей временного ряда, что характеризуется неизменностью во времени среднего значения и среднего квадратического отклонения для каждой части ряда:

$$\begin{aligned} Y_{1cp} &= \text{const1}, & Y_{2cp} &= \text{const1}, \\ \sigma_1 &= \text{const1}, & \sigma_2 &= \text{const2} \end{aligned} \quad (2)$$

Стандартное отклонение остатков ступенчатой модели для одной ступени и двух стационарных интервалов определяется по формуле:

$$\sigma_{cmyн} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 n_1 + \sigma_2^2 n_2}{(n_1 + n_2 - 1)}}, \quad (3)$$

где $\sigma_{cmyн}$ – стандартное отклонение остатков модели ступенчатых изменений; σ_1, σ_2 – стандартные отклонения стационарных отрезков временного ряда; n_1, n_2 – объемы стационарных отрезков.

Для модели линейного тренда стандартное отклонение остатков вычисляется по формуле:

$$\sigma_\varepsilon = \sigma_y \sqrt{1 - R^2} \quad (4)$$

где: σ_y – стандартное отклонение исходного ряда (модель стационарного среднего); σ_ε – стандартное отклонение остатков относительно модели линейного тренда; R – коэффициент корреляции уравнения линейного тренда.

Для количественной оценки отличий модели тренда и модели ступенчатых изменений от модели стационарного среднего рассчитываются относительные погрешности по формулам:

$$\Delta_{mp} = \left(\frac{\bar{b}y - \bar{b}\varepsilon}{\bar{b}y} \right) * 100\% \quad \Delta_{cmyн} = \left(\frac{\sigma_y - \sigma_{cmyн}}{\sigma_y} \right) * 100\% \quad (5)$$

где: $\Delta_{тр}, \Delta_{cmyн}$ – относительные погрешности или отличия (в %) модели тренда и модели ступенчатых изменений от модели стационарной выборки; $\sigma_y, \sigma_\varepsilon, \sigma_{cmyн}$ – стандартные отклонения остатков соответственно моделей случайной выборки, линейного тренда и ступенчатых изменений.

В первом приближении для вывода об эффективности нестационарной модели можно задать $\Delta > 10\%$, что существенно превышает погрешность измерений и свидетельствует о том, что нестационарность уже имеет место. Для оценки статистической значимости монотонных (трендовых) и ступенчатых изменений во временных рядах применяется критерий Фишера, количественно показывающий, насколько статистически значимо отличаются остаточные дисперсии выбранных моделей от дисперсии временного ряда (стационарной модели). Основные полученные выводы сводятся к следующим:

- при анализе изменений региональной температуры воздуха на территории России приоритет отдан модели ступенчатых изменений многолетних колебаний по сравнению с моделями стационарного среднего и тренда, что характеризует эпохальные и резкие изменения в атмосферной циркуляции;

- статистическая значимость ступенчатых изменений имеет место только для территории центра и юга Восточной Сибири;
- предварительные исследования многолетних рядов температур воздуха и осадков на станциях в отдельных районах России показали, что, хотя модель ступенчатых изменений имеет преимущество, но статистическая значимость ее всего от 7% до 17% от общего числа анализируемых рядов.

METHODS AND RESULTS OF STATISTICAL MODELING CLIMATE CHANGE

V.A. Lobanov, A.E. Shadursky, G.G. Toschakova, K.S. Kirillina, S.A. Lobanova, O.A. Shukri,
Russian State Hydrometeorological University,
195196, St. Petersburg, Malookhtinsky Avenue, 98, e-mail: lobanov@EL6309.spb.edu

The report examines the theoretical and practical issues of application of statistical methods and models for the study of climate change in different time scales, including the current climate change. A comparison methodology stationary and non-stationary sampling and heterogeneous processes. Examples of application of the proposed methods and models are given, and the results obtained on the their basis.

Key words: climate change; statistical models; nonstationarity; heterogeneity.

УДК [556.166:627.51+556.167.6+551.465.75]:556.54(262.81)

ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ В УСТЬЯХ РЕК КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Д.В. Магрицкий

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
119991, г. Москва, Ленинские горы, 1, e-mail: magdima@yandex.ru

В сообщении рассматриваются основные опасные гидрологические явления на побережье и в устьях рек Каспийского моря – наводнения различного генезиса, маловодья и дефицит пресноводных ресурсов. Установлена их территориальная принадлежность, иерархия, основные факторы, пространственно-временные закономерности. По большинству из опасных явлений получены оценки их основных характеристик, проведен анализ их многолетней динамики и эффективности применяемых защитных мер.

Ключевые слова: Каспийское море; устья рек; дельты; опасные гидрологические явления; наводнения, нагоны; маловодье.

Население, объекты экономики, биота и природные ландшафты в устьях рек, впадающих в Каспийское море, очень уязвимы и часто подвержены негативному воздействию внешних и местных природных факторов, непродуманной хозяйственной деятельности. Наибольший ущерб связан с опасными гидрологическими явлениями (ОГЯ) и неблагоприятным развитием морфологических процессов. Среди обширного перечня ОГЯ в устьях рек Каспийского региона наибольший

ущерб формируют наводнения, маловодья, опасные ледовые и морфодинамические явления, сгоны, подтопления и штормовое волнение на устьевом взморье. Состав ОГЯ и их характеристики зависят от местонахождения, размеров и строения устьевой области реки, от режима реки и моря, водохозяйственных мероприятий. На интенсивность ряда ОГЯ заметно влияют крупномасштабные и быстрые колебания уровня Каспия.

В ходе многолетних исследований режима устьев каспийских рек выяснено, что наводнения, связанные с разливами речных вод, чаще случались в прошлом и иногда происходят в современный период в низовьях и устьях практически каждой значимой реки региона. Особенностью является то, что к наводнениям здесь приводят не только максимальные расходы воды, но и, во-первых, интенсивные русловые переформирования, способствующие переформированию берегов и размыву дамб обвалования, подъему отметок дна русел и уровня; во-вторых, небольшие высотные отметки и уклоны речной и дельтовой поймы; в-третьих, формирование в ряде устьев мощных заторов льда и зажоров; в-четвертых, повышение уровня моря; в-пятых, нерациональная хозяйственная деятельность. Максимальные расходы воды сопутствуют волне половодья, многочисленным дождевым паводкам, экстремальным сбросам из водохранилищ и прорыву завальных озер. Образование и прорыв завальных озер эпизодически происходили в горной части бассейнов небольших рек, стекающих в море с северо-восточных склонов Большого Кавказа, а также в бассейне Терека. Для большинства устьев критические максимальные расходы воды установлены, а для устьев Терека и Волги есть эмпирические зависимости между ними и площадью затопления.

В устьях рек Каспийского региона, согласно авторской классификации [1], бывают *речные наводнения стоковые и смешанного типа* – стоково-заторные и стоково-морфодинамические. Стоковые опасные затопления, нередко переходившие в наводнения, присущи низовьям и устьям почти всех рек региона. Стоково-заторные затопления отмечены в дельте Терека, но заторы льда и зажоры периодически возникают в дельте Волги и на устьевом участке Урала, т.е. в северных районах Прикаспия. Стоково-морфодинамические наводнения – характерная черта низовьев и устьев рек со значительной мутностью речных вод и переносащих большое количество наносов, в частности Терека, Куры, Сефидруда и др. Возможность возникновения стоково-морфодинамических наводнений зависит также от положения уровня моря и его колебаний, от уклонов местности, морфометрии и морфо-

логического, литологического строения русловых и прирусловых участков.

Установлено, что борьба с опасными разливами речных вод начиналась еще в XVIII–XIX вв. с создания вначале локальных, вокруг населенных пунктов, систем защитных валов, а затем, со второй половины XIX в. и в XX в., дамб сплошного обвалования речных русел. Но обвалование было недостаточной мерой. Тем более что защитные дамбы представляли собой размываемые земляные валы. Одновременно обвалование водотоков способствовало аккумуляции наносов лишь в пределах междамбового участка и, как результат, повышению отметок дна и уровней в реке и дельтовых рукавах по сравнению с прилегающей местностью. В результате наводнения могли происходить реже, но при прорыве дамб – с большей катастрофичностью. Обвалование русел рек и дельтовых рукавов позже дополнили дноуглублением русел, например, с 1923 г. в дельте Терека. К 1980-м гг. оно уже на постоянной основе производилось в устьях Урала, Волги, Терека и Куры. Существенное ослабление угрозы наводнений в дельте Терека произошло после открытия в 1977 г. искусственной прорези через Аграханский п-ов. В 1950–1970-х гг. на реках Сефидруд, Кура, Сулак, Кума и Волга были построены крупные водохранилища, способные регулировать максимальный сток половодья и паводков. Положительный эффект создавали крупномасштабные и безвозвратные изъятия речных вод на водосборах, значительное снижение стока наносов у зарегулированных рек, меры по борьбе с ледяными заторами (в частности в устье Урала), понижение до 1977 г. уровня Каспия и др.

Перечисленные меры, как показали исследования, существенно уменьшили повторяемость и размеры опасных затоплений. Так, в дельте Терека опасные разливы речных вод происходили в условно-естественный период один раз в 1–2 года, а в отдельные годы, например, в 1898 и 1900 гг., – 2–3 раза за год [2]. Частота катастрофических наводнений, подобных тем, которые случились в 1863, 1900 и 1914 гг., до середины XX в. составляла приблизительно один раз в 15 лет. Во второй половине XX в., под влиянием защитных мероприятий, повторяемость наводнений в дельте уменьшилась. Значимых наводнений было четыре (в 1958, 1963, 1967 и 1970 гг.), а после 1977 г. – лишь в 2002 и 2005 гг. Масштабные наводнения в низовьях и устье Куры в условно-естественный период режима стока происходили с частотой примерно 1 раз в 5–10 лет. Менее значительные затопления могли происходить 1 раз в 1–2 года и иногда больше одного раза в году. Во время них воды Куры и Аракса заливали огромные пространства Муганской и Ширванской равнин. Ежегодные потери экономики и насе-

ления региона и затраты на мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий наводнений составляли в среднем 10 млн руб. (по курсу и ценам 1930–1940-х гг.). После зарегулирования стока реки и ее притоков водохранилищами максимальные уровни и расходы воды половодья уменьшились на замыкающем створе реки – посту Сальяны соответственно на 1,3 м и в 1,5 раза. Изменилось их распределение в течение года. В результате наводнения продолжали периодически возникать (как правило, в апреле–июне), но существенно меньшего масштаба – в 1968, 1969, 1976, 1978, 1993, 2003 и 2010 г. По неподтвержденным сведениям, опасные затопления (вероятно меньшего размера) фиксировались еще в ряде лет.

С 1990-х гг. система противопаводковых мероприятий в ряде устьев и выше по течению была нарушена: ряд работ перестали проводить или их объем резко сократился; состояние противопаводковых сооружений ухудшилось. Все это совпало с периодом сравнительно высокой водности на реках Урал, Волга, Терек и Сулак, высоким стоянием уровня моря. В результате в 1990-х гг. и первом десятилетии XXI в. в низовьях и устьях ряда рек прошли крупные наводнения. Это привело к необходимости восстановления всего комплекса ранее осуществлявшихся мер, разработке новых подходов. В современных условиях стоковые наводнения в явном виде случаются лишь на устьевом участке Урала, на отдельных участках дельты Волги, в низовьях и устьях рек Дагестана и в ряде других районов. На придельтовых участках и в дельтах Терека, Куры, Сefидруды и других рек наводнения в основном возникают вследствие переформирования русел, размыва (во время высоких паводков) берегов и прорыва защитных дамб. В дельтах Волги и, в особенности, Терека по-прежнему периодически возникают опасные заторы льда и зажоры.

Другой тип наводнений и опасных затоплений в устьях рек Каспия – *нагонные*, т.е. морского генезиса. Они наблюдаются на многих участках побережья Каспийского моря во время экстремальных нагонов. Последние могут формироваться во все сезоны, но чаще всего в холодный период года: в Северном Каспии – с сентября по ноябрь и с марта по апрель, на остальных участках побережья – в осенне-зимний сезон [4]. Зимние нагонные затопления усиливаются вследствие забивания льдом дельтовых водотоков и судоходных каналов, выноса на сушу большого количества морского льда, оказывающего дополнительное динамическое воздействие на хозяйственные объекты. Экстремальные нагоны могут наблюдаться по несколько раз в году (например, в 1892 и 1881 гг.) и даже 1–2 раза в месяц (например, в 1980 г.). Продолжительность нагонов в Северном Каспии изменяется в

широких пределах – от нескольких часов до нескольких суток. Наиболее часто нагоны длятся 1,5–2,5 сут, а максимальная продолжительность достигает и иногда превышает 6–8 сут.

Самые большие нагоны и наибольшая опасность нагонных наводнений характерны для северо-западного побережья Северного Каспия – между Аграханским п-овом и устьем Волги. Развитию высоких нагонов здесь способствуют отмельность и малые уклоны дна прибрежной зоны моря, малые высоты и уклоны приморской суши, конфигурация береговой линии и особенности ветрового режима. Максимальная величина нагонов (над среднемесячным уровнем) достигает 2,4–4,2 м, а по некоторым сведениям бывает даже выше. В этом районе отмечается в среднем по 3–4 нагона и 2–4 сгона в месяц. Ширина зоны затопления при малых нагонах равна нескольким километрам, при экстремальных нагонах – 10–35 и даже 40–50 км, как в ноябре 1952 г. В эту зону попадают многие населенные пункты, включая г. Лагань (бывш. пос. Каспийский), автомобильные дороги, нефтегазовые промыслы, склады ГСМ и др. Для сравнения, на северо-восточном и восточном участках побережья Северного Каспия максимальная ширина зоны нагонного затопления составляет 15–30 км, на дагестанском побережье – 0,5–1,5 км, южнее устья Куры – нескольких километров. За последние 150 лет в северо-западном районе Северного Каспия наблюдались 12–14 нагонов величиной свыше 1,5–2,0 м. По [3], на северо-западном побережье Каспия с 1936 по 2001 г. зафиксировано около 40 опасных нагонных затоплений, нанесших значительный ущерб хозяйственным объектам. Наиболее катастрофическим многими исследователями признается нагон 10–14 ноября 1952 г.

Характеристики нагонов и, соответственно, опасность нагонных затоплений постепенно изменялись в течение XX в. и начале XXI в., в след за изменениями среднего уровня и площади Каспийского моря, конфигурации береговой линии, штормовой активности и других факторов, в частности инженерного характера. К последним можно отнести строительство высоких набережных, локальных защитных дамб вокруг населенных пунктов и важных объектов, сплошных сооружений – вдоль русел и через всю дельту, высоких дорожных насыпей.

Еще один вид морских наводнений, присущих, по сути, лишь устьям и побережьям Каспийского моря, но уже в другой временной шкале – *трансгрессивные наводнения*, развивающиеся сравнительно быстро в отличии от побережий других морей и океанов. Предпосылками последнего такого наводнения послужило повышение в 1978–1995 г. уровня моря на 2,35 м. Дополнительно подъем уровня Каспия способствовал усилению нагонных явлений и разрушающего воздей-

ствия морского волнения на берега, повышению уровня грунтовых вод и подтоплению обширных территорий, примыкающих к зоне трансгрессивного затопления. Экономический ущерб, связанный с быстрым и значительным подъемом уровня Каспийского моря и затоплением суши, составил, по оценкам Всемирной метеорологической организации, 15 млрд долл. США, а по оценкам из [3], – 30 млрд долл. Реакция устьев крупных рек на одно и то же повышение уровня моря и степень затопления приморской дельтовой зоны оказались различными из-за различий в строении устьевого взморья, морфологического типа и размеров дельты, величины стока наносов. Она подробно рассмотрена в [5].

Подтопления в дельтах каспийских рек обусловлены, главным образом, повышением уровня моря. В дельте Терека оно было также следствием интенсифицированного развития мелиоративной сети каналов и орошения полей. В дельте Волги, в районе г. Астрахани, к нему привело обвалование русел дельтовых рукавов и нарушение естественного гидрологического и гидрогеологического режима занимаемой городом территории.

Другим бедствием для устьев рек и в целом побережья Каспийского моря являются *маловодья* и *дефицит пресноводных ресурсов*. Они не приводят к разрушениям и человеческим жертвам, как наводнения, однако в данном регионе бывают чаще их, сильно ограничивают хозяйственную деятельность, ухудшают качество жизни населения и наносят ущерб экосистемам. Хотя устья таких крупных (полизональных) рек, таких как Волга, Урал, Терек, Сулак, Самур, Кура и Сефидруд, лучше всего обеспечены пресноводными ресурсами, но и они в отдельные периоды испытывают нехватку речных вод. Во время маловодья на р. Кура и ее притоках в 2000–2001 гг. общие экономические потери для Азербайджана были оценены, согласно разным источникам, приблизительно в 110 млн долларов США. Критические расходы и уровни воды, их обеспеченность для ряда рассматриваемых устьев установлены.

Для устьев рек можно выделить четыре вида дефицита пресноводных ресурсов, некоторые из которых связаны с маловодьем рек. *Дефицит первого вида* обусловлен общим снижением водности реки и объемов речных вод, поступающих на устьевой участок и в дельту. Он характерен для отдельных маловодных лет и многолетних маловодных периодов. Так, длительные маловодья были в устье Волги в 1904–1913, 1919–1921 (с самым маловодным 1921 г.), 1930–1940, 1959–1977 и 2006–2010 гг.; на устьевом участке и в дельте Урала – в 1933–1940 (с самым маловодным 1937 г.), 1950–1956, 1967–1969, 1973–1984 и 1995–

1999 г.; в дельте Терека в 1947–1987 гг. (с самым маловодным 1986 г.). В этом случае нехватку водных ресурсов испытывает большинство водопотребителей и водопользователей, почти все устьевые биоценозы.

Дефицит пресноводных ресурсов второго вида связан с «неблагоприятным» для отдельных водопотребителей и водопользователей, а также устьевых экосистем распределением речного стока в течение года (т.е. с сезонным маловодьем), даже в годы со средней или повышенной водностью. Внутригодовое распределение стока, не отвечающее сезонным изменениям водохозяйственных и экологических потребностей в воде, обычно имеет естественный характер и обусловлено типом водного режима реки. В устьях зарегулированных рек сезонное распределение стока – следствие установленного режима сброса вод в нижний бьеф водохранилища. В большинстве случаев эксплуатация водохранилищ, как правило, нацелено на удовлетворение сезонных запросов в воде максимально возможного числа водопотребителей и водопользователей. Например, строительство Волжско-Камских, Чиркейского и Мингечаурского водохранилищ, гидроузла Шахбану-Фарах и др. сняло многие проблемы в бесперебойном функционировании водозаборных и сбросных сооружений, водного транспорта в меженные периоды годы. Но все равно есть отрасли, не получающие необходимого количества воды.

Дефицит водных ресурсов третьего вида характерен для крупных дельт, в которых при некоторых условиях ухудшается водообеспечение отдельных территорий и водных объектов. Подобное может произойти вследствие естественной эволюции русловой сети дельты и отдельных ее элементов. Опасный характер этот процесс приобретает в аридных дельтах и со скачкообразным изменением строения русловой сети. Примеры неблагоприятного рассредоточения речного стока по территории и водным объектам есть в дельтах Волги, Терека и Сэфидруда. Эффективным здесь признается строительства вододелителей и систем распределительных каналов.

Дефицит водных ресурсов четвертого вида обусловлен сильным загрязнением речных и подземных вод, ухудшением их качества и невозможностью их использовать без предварительной и сложной и затратной водоподготовки, даже в условиях достаточной водности реки. Это характерно именно для низовьев и устьев рек, в которые поступают воды со всего бассейна реки (со всеми его источниками загрязнения поверхностных и подземных вод) и имеются собственные источники загрязнения вод в устьевых водных объектах. Воды Нижней Волги оцениваются как *грязные*, особенно в районе г. Астрахани и

Волго-Ахтубинской поймы. В нижнем течении Терека категория качества воды *умеренно загрязненная* или *загрязненная*.

Детальный анализ рассмотренных и не упомянутых ОГЯ (сгонов, морфологических процессов, волнения и др.) позволяет ранжировать устья и их отдельные районы по степени реальной и потенциальной опасности, что немаловажно для устойчивого развития этих важных участков морского побережья. Что и было сделано на основе методики Н.И. Алексеевского.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-05-00949.

Библиографический список

1. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В. Методика исследования и оценки опасных гидрологических явлений в устьях рек // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. М.: ГЕОС, 2013. С.38-50.

2. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В. Современные опасные гидрологические явления в устьях рек // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. М.: ГЕОС, 2013. С.630-664.

3. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Южного Федерального округа. М., 2007. 384 с.

4. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI. Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб: Гидрометеоздат, 1992. 359 с.

5. Mikhailov V.N., Magritsky D.V., Kravtsova V.I., Mikhailova M.V., Isupova M.V. The Response of River Mouths to Large_Scale Variations in Sea Level and River Runoff: Case Study of Rivers Flowing into the Caspian Sea // Water Resources. 2012. Vol.39. No.1. Pp. 11–43.

DANGEROUS HYDROLOGICAL PHENOMENA AND PROCESSES IN THE RIVER MOUTHS OF CASPIAN SEA

D.V. Magritsky

Lomonosov Moscow State University,

119991, Moscow, Leninskiy Gory, 1, e-mail: magdima@yandex.ru

Dangerous hydrological phenomena on the sea coast and in the mouths of rivers of the Caspian Sea are discussed in this report. These are inundations of different origins, water shortage, water logging, etc. Distribution on the territory and objects, hierarchy, main factors, spatial-temporal regularities of hydrological hazards were established. For most hazards evaluations of their basic characteristics were obtained, the analysis of their long-term dynamics and efficiency of applied protection measures were carried out.

Key words: Caspian sea; mouth; delta; hydrological hazards; inundations, storm surges; water shortage.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА БЕССТОЧНЫХ ОЗЕР ЗАУРАЛЬЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ЗАРАСТАНИЯ

А.В. Малаев

Челябинский государственный педагогический университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69, e-mail: malaev2@mail.ru

В сообщении рассматриваются особенности гидрологического режима малых бессточных озер Зауралья и его влияние на процесс зарастания.

Ключевые слова: водный баланс; испарение; удельный водосбор; зарастание.

Тип водного баланса определяет основные черты гидрологического режима озер, в свою очередь от которого, зависит динамика зарастания. Водобалансовые исследования малых озер Зауралья проведены автором с целью выявления и оценки роли источников питания, участвующих в наполнении водоемов, с которыми связано поступление в водоемы биогенных элементов. Эти наблюдения важны на перспективу «восстановления водных систем».

По типу водного баланса исследованные озера (Бутащ, Лебяжье, Медиак, Подовинное, Жестки и др.), являются бессточными. Изменение соотношения элементов водного баланса во времени вызывает колебания уровня воды в водоемах, формирующегося под влиянием физико-географических условий территории.

Основными составляющими водного баланса всех водоемов в приходной части является приток с водосборной площади, осадки на зеркало озера, а в расходной – испарение с него. Огромная роль в пополнении водоемов принадлежит грунтовому питанию. Характерной чертой водного баланса озер является преобладание расходной части над приходной, в результате чего происходит усыхание озер при современных климатических условиях.

Рассмотрим структуру многолетнего водного баланса на примере самого большого из водоемов – озера Бутащ (табл. 1).

Таблица 1

Структура многолетнего водного баланса оз. Бутащ

<i>Озеро</i>	<i>Приход, 10⁶ м³</i>		<i>Расход, 10⁶ м³</i>	<i>Разница между приходом и расходом</i>
	<i>приток</i>	<i>осадки на зеркало</i>		
Бутащ	266	15,9	26,2	- 7,64

Из данных таблицы следует, что озеро подвержено усыханию, водный баланс отрицательный, что объясняется не только большим испарением, но и малым удельным водосбором ($K_1 = 3,7$).

Для расчета водного баланса за многолетний период использовано уравнение, предложенное Б.Б. Богословским [2]:

$$V_{пр} + KX = KZ + V_c \quad [2]$$

где $V_{пр}$ – приток с водосборной площади; X – осадки, выпадающие на зеркало; Z – испарение с водной поверхности; K – коэффициент соотношения площади зеркала (f) и площади водосбора (F); V_c – объем стока из озера. Озеро Буташ бессточное, следовательно, V_c – отсутствует.

Приток воды с водосборной площади определялся по картам модулей стока. Величина среднеемноголетнего стока в исследуемом районе равняется $0,5 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$. Количество осадков за год, выпадающих на поверхность зеркала озера, в среднем составляет 350 мм (табл. 2). Испарение с водной поверхности составляет до 750 мм.

Таблица 2

Многолетние средние суммы осадков и испарения оз. Буташ (в мм) за 2012-2014 гг.

Озеро	Средние многолетние осадки, мм	Среднее многолетнее испарение, мм	2012 г.		2013 г.		2014 г.	
			осадки	испарение	осадки	испарение	осадки	испарение
Буташ	340	607	380	509	365	597	300	714

Из данных таблицы следует, что озеро Буташ имеет отрицательный водный баланс, что позволяет отнести его к группе озер с преобладанием испарения, это в свою очередь свидетельствует о том, что водоем может полностью пересыхать.

Для определения водообмена через ложе озера использовалось соотношение:

$$\frac{F}{f} = \frac{Z - X}{h}, \quad [2]$$

где F – площадь водосбора, f – площадь зеркала озера, Z – испарение с водной поверхности, X – атмосферные осадки, h – слой стока.

В тех случаях, когда левая часть уравнения меньше правой, то приток грунтовых вод превосходит фильтрацию в грунт и роль грунтовых вод имеет существенное значение. Так, для оз. Буташ, как и всех

водоемов восточного Зауралья, правая часть уравнения превосходит левую в 4-5 раз.

В этом районе велико значение грунтовых вод в питании озер. Грунтовое питание имеют те водоемы, которые занимают наиболее пониженные участки Миасс – Уйского междуречья (оз. Жестки – 180,5 м, оз. Медиак – 190,3 м и др.). Озера, занимающие более высокое гипсометрическое положение (оз. Большеникольское – 193,2 м, оз. Буташ – 191,6 м) лишены грунтового питания. Подтверждением этого факта, может служить несколько большая устойчивость первых водоемов к пересыханию в засушливые периоды по сравнению со вторыми.

По соотношению между стоком ($V_{ст}$) и испарением (Z) исследуемая территория относится к воднобалансовой зоне умеренного и недостаточного увлажнения. В приходной части наряду с осадками значительную роль играют подземные воды, в расходной части баланса – испарение. Для озер восточного Зауралья характерно резкое внутригодовое уровня воды, в связи с сезонным изменением соотношения элементов водного баланса. Так, например, весенний подъем уровня озера Буташ в 2013 году, начинался в апреле еще во время ледостава. Наибольшая интенсивность подъема пришлась на 10-20 апреля и составляла 4-6 см/сутки. Максимальный уровень наблюдался в конце апреля – начале мая. Общая высота весеннего подъема равна 20-30 см. Продолжительность стояния высокого уровня воды достигала в среднем 7 дней. Затем, в мае уровень начинал падать, и уже к июлю оказался ниже зимнего. Высота летнего спада составила 20-30 см. По наблюдениям автора, в более засушливые годы летний спад увеличивался до 40-60 см, летние осадки вызывали лишь небольшие паводки с высотой 2-4 см. Следовательно, автором подтвержден вывод полученный ранее М.А. Андреевой [2], что озеро Буташ отличается малоустойчивым водным режимом для которого характерно следующие закономерности колебания уровней:

- 1) минимальный уровень воды наблюдается в зимний период;
- 2) весенний подъем уровней приходится на апрель;
- 3) максимальный уровень воды наблюдается в мае.

Кроме закономерностей, автором, на основе данных наблюдений за уровнем озер ЦГМС Челябинской области, выявлены и некоторые особенности. Так, например, в зависимости от водности года минимальные и максимальные уровни изменяются в широких пределах. Летом – спад уровня в маловодные годы больше, чем зимой. Минимальный уровень летом был отмечен в 1959 году (маловодный год), максимальный уровень в 1964 году (многоводный год, весенний подъ-

ем не сменился резким спадом летом). Максимальный весенний подъем приходился на многоводный 1962 год (210 см).

Многолетние колебания уровня оз. Буташ характеризуются следующими показателями – максимальные уровни воды приходились на многоводные годы 1962-1964, 1970-1972, 2001-2002, 2003-2004 гг., минимальный уровень воды приходился на 1958-1959, 1968, 1975-1976, 1982-1983, 2008-2010, 2010-2012 гг. Многолетние колебания отражают изменения увлажнения в указанные годы. Изучение колебания уровней внутри года показало наличие ритмичности, которая определяется изменением соотношения элементов водного баланса в разные сезоны.

Полученные результаты, подтверждают исследования ритмичности колебания уровня озер Зауралья выполненных М.А. Андреевой [2], и многолетние колебания среднегодового стока рек, выполненных Н.С. Рассказовой [3]. Согласно Андреевой [2], средняя продолжительность маловодных фаз озер в Зауралье составляет 12-15 лет, многоводные фазы короче, и составляют 7-9 лет. При этом подтверждаются ритмы, выявленные Рассказовой [3] в многолетнем колебании стока рек на данной территории, где 11 летний солнечный ритм - длится в Зауралье 14 лет, а также брикнеровский ритм 28-35 лет, приводящий в Зауралье к спаду расходов уровней.

Смена фаз происходит резко, фазы подъема сменяются интенсивным спадом. Например, наблюдалось частичное пересыхание оз. Буташ в 30-х годах, когда на его дне располагались сенокосные угодья с. Писклово. Затем с 1941 по 1948 г., отмечалось повышение уровня, в озере появлялась рыба, и уменьшилась его минерализация. Последующий период характеризовался спадом уровней, который продолжался до 1959 г. По берегам озера увеличилась площадь зарастания жесткой растительностью. В современный период, с 1994 по 2004 г. оз. Буташ находилось в многоводной фазе, подъем уровня озера достигал 2,00 м, большая часть водосборной площади была сильно подтоплена. Так, затопление на западном побережье озера составило 50-60 м. Зонной затопления могут быть как березовые колки, так и пойменные луга (южный и восточный участки водосборной площади). Затем с 2005 года в озере начался медленный спад уровня воды, и в 2008 г. достиг 169 см. На участках водосбора, освободившихся от воды, начинает бурно развиваться жесткая растительность (ольха, береза, осина), наблюдается гниение вымокших берез и осин и т.д.

Степень изменчивости элементов водного баланса озер связана с колебанием увлажнения во времени, которая определяется соотношением тепла и влаги, характером атмосферной циркуляции и колеба-

нием среднегодовых осадков. При активизации меридиональной и западной циркуляции роль притока в водном балансе возрастает, а испарение уменьшается. При том что, изучаемые озера являются бессточными, они отличаются положительным водным балансом, что способствует подъему уровней. При активизации восточной циркуляции (форма Е) наблюдается пониженное увлажнение. У исследованных озер поверхностный приток и осадки становятся меньше расхода, т.е. возрастает роль испарения. Кроме того, озера восточного Зауралья с малыми водосборами при недостаточном увлажнении предрасположены к высыханию. Озера, у которых водосборная площадь обеспечивает достаточный приток, менее подвержены высыханию, но в засушливые годы и они могут пересыхать.

Колебания уровня воды оз. Бутащ, а также по аналогии и в остальных озерах восточного Зауралья, сказываются на процессах их зарастания. Высшая водная растительность озер приспособлена к естественному гидрологическому режиму водоема, характеризующемуся изменениям как внутри года, так и за многолетний период. В годы, когда отмечаются минимальные уровни озер, благоприятны для развития гелофитов и кустарников. Многоводные годы благоприятны для развития гидрофитов.

В целом наблюдается процесс зарастания исследованных водоемов, приводящий к сплавинообразованию и торфонакоплению. Происходит постепенное заболачивание озер за счет отложения на дно растительных остатков. Качество вод, формирующихся под воздействием сплавин сильно ухудшается. Наблюдается повышенное содержание растворенных органических веществ, неудовлетворительный газовый режим. В зарастающих озерах водные растения создают значительную биомассу, что вызывает отрицательные последствия: ограничивается проточность водоема, усиливается гниение, наступают летние заморы рыб.

Библиографический список

1. *Андреева М.А.* Озера Среднего и Южного Урала. Челябинск: ЮУКИ, 1973. 273 с.
2. *Богословский Б.Б.* Озероведение. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 335 с.
3. *Рассказова Н.С.* Многолетние колебания стока рек и их связь с космо- и геофизическими факторами (на примере рек бассейнов Камы и Тобола) Монография. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. 266 с.

THE FEATURES OF THE HIDROLOGICAL REGIME OF TRANSURALS INLAND LAKES AND ITS INFLUENCE ON THE PROCESS OF OVERGROWING

A.V. Malaev

Chelyabinsk State Pedagogical University, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 69,

e-mail: malaev2@mail.ru

The report is considered the features of the hydrological regime of the small Transurals inland lakes and its influence on the process of overgrowing.

Key words: water balance; evaporation; specific catchment; overgrowing.

УДК 911.6

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ КУБАНИ

А.В. Марухно, В.В. Жирма

Кубанский государственный университет

350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149,

e-mail: vvzhirma@gmail.com

На примере бассейна Кубани, показан многосторонний характер проблемы рационального использования водных ресурсов и роль гидрологического и водохозяйственного районирования в совершенствовании территориальной организации водного хозяйства региона.

Ключевые слова: водные ресурсы; гидрологическое, мелиоративное, водохозяйственное районирование; река; водный режим; специализация; территориальная организация.

Бассейн реки Кубань – регион интенсивных гидромелиоративных преобразований, где экономическое развитие во многом определяется водно-ресурсным потенциалом территории. Гидрологическое и водохозяйственное районирование помогает объективно оценить гидрологический режим неизученных территорий, по аналогии с изученными, а также выявить основные закономерности, характерные для региона [7].

Бассейн в высотном отношении делится на четыре основные зоны: равнинную, до 200 м над уровнем моря; предгорную – 200-500 м; горную – 500-1000 м; высокогорную – свыше 1000 над уровнем моря [6]. Территория гидрологически изучена слабо, работа по районированию территории проводится на основе оценки общих физико-географических условий с учётом особенностей водного баланса, режима рек и специфики хозяйственного использования.

В настоящее время известен значительный ряд опытов гидрологического районирования, в основе которых находятся различные

принципы – физико-географические и климатические факторы (В.И. Рутковский, М.Д. Семенов – Тянь-Шанский); климат (А.И. Воейков); основные фазы водного режима рек (Б.Д. Зайков); по гидрологическому принципу, то есть по бассейнам морей и крупным речным водосборам (Л.К. Давыдов) и др.

Комплексное гидрологическое районирование в 1958 г. предложил П.С. Кузин [2]. По Кузину, бассейн реки Кубань, располагается в двух климатических поясах: холодном и умеренном и относится к четырём районам.

Географо-гидрологическое районирование бассейна реки Кубани предложено Ю.Я. Нагалеvским в 1989 г. Была выполнена типизация речных бассейнов Кубани по гипсографическим данным, а также установлены для них связи осадков с высотой местности, глубин эрозийного вреза со средневзвешенной высотой водосбора, определены зависимости нормы годового стока от годовых осадков. Согласно указанным закономерностям на карте бассейна р. Кубань были оконтурены выделенные районы. С использованием «метода наложения», Ю.Я. Нагалеvский провел совмещение границ выделенных районов по каждому из факторов в отдельности. В результате получено три географо-гидрологических района. Каждый из них, в том числе и подрайон характеризуется определенными значениями средней высоты водосбора, средних многолетних годовых осадков, глубины эрозийного вреза, модуля нормы годового стока. В то же время выделенные районы имеют типичные почвы и растительный покров и характеризуются определенным типом водного режима.

Другой опыт гидрологического районирования изучаемой территории принадлежит Т.Н. Мельниковой [6], которая предприняла попытку гидрологического районирования применительно только к территории Северо-Западного Кавказа. Были выделены семь гидрологических территориальных единиц (Азово-Кубанская степная равнина; Степное левобережье Средней Кубани; Лесостепное левобережье Средней и Нижней Кубани; Горнолесная зона; Высокогорная зона; Северное Причерноморье; Южное Причерноморье), различающихся по водности рек и особенностями режима.

Современное водное хозяйство состоит из множества довольно четко определившихся отраслей, основными из которых являются: водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий, водные мелиорации, гидроэнергетика, водный транспорт, использование воды для отдыха и туризма. Развитие тех или иных отраслей и связанных с ними водохозяйственных мероприятий определяются характе-

ром водных ресурсов, природными условиями и хозяйственной специализацией отдельных регионов [8].

Краснодарский край – один из главных сельскохозяйственных районов России, регион интенсивных гидромелиоративных преобразований. Отсюда, широкий перечень работ по мелиоративному районированию территории. Сформировавшийся водохозяйственный комплекс в бассейне р. Кубани характеризуется сложным сочетанием ряда факторов.

Водохозяйственное районирование позволяет определить территориальную обеспеченность водными ресурсами различных отраслей населения и хозяйства, наметить пути совершенствования структуры управления водным хозяйством, дать оценку степени рационального использования водных ресурсов [3]. В данном случае районирование является методом исследования территориальной организации водного хозяйства региона. В разные годы вопросами водохозяйственного районирования занимались Воропаев Г.В., Исмайлов Г.Х., Федорова Е.Ф., Зыбина Л.И. и др.

Н.Н. Логинова показывает возможность построения различных схем водохозяйственного районирования, выделяя отраслевые, бассейновые, комплексные, территориально-производственные и территориально-административные районы. При этом должен соблюдаться принцип единства водных ресурсов, а при определении границ должна учитываться хозяйственная и территориальная целостность района [4].

На территории Краснодарского края Жирма Вл.В. [1] выделил водно-ресурсные районы, отличающиеся по обеспеченности водными ресурсами, перспективности и характеру их использования. Основная цель водно-ресурсного районирования – изучение соответствия сложившейся структуры водопользования запасам, составу, качеству водных ресурсов и создание оптимальных условий для территориального планирования, прогнозирования и осуществления водохозяйственных мероприятий. Было предложено определение водно-ресурсного района, как целостной территориальной единицы, все части которой при современной степени ее изученности, обладают примерно одинаковыми естественными условиями формирования, структурой и величиной водных ресурсов, внутренне однородными возможностями хозяйственного использования, которые создают на всем ее протяжении похожие естественные предпосылки для формирования экономического региона определенного ранга, возможностей управления водными ресурсами и производственной специализацией. В результате проведенных исследований, с использованием метода наложения частных видов районирования и последующего качественного анализа, были опреде-

лены регионы на территории Краснодарского края, которые отличались по обеспеченности водными ресурсами, характеру их использования, и перспективности освоения. Выделены шесть районов: Центральный; Северный степной; Нижнекубанский рисоводческий (с подрайонами Правобережным, Дельтовым и Левобережным закубанским); Приморский (с подрайонами Таманским и Черноморским); Восточный (с Верхним и Нижним подрайонами); Левобережный горно-предгорный (с Верхним и Нижним подрайонами).

Таким образом, при исследовании водохозяйственного комплекса и его районировании необходимо принимать во внимание все аспекты человеческой деятельности, связанной с использованием водных ресурсов. Соблюдение принципа комплексности в оценке водно-ресурсного потенциала территории возможно с опорой на различные схемы районирования – мелиоративного, гидрологического, экологического – с учетом административно-территориального устройства региона.

Работа по выявлению элементов территориальной структуры водохозяйственного комплекса должна строиться в направлении расширения перечня факторов за счет водохозяйственных, экологических, демографических, социально-экономических показателей с учетом единства административного управления водопользованием.

Библиографический список

1. *Жирма Вл.В.* Экономико-географические аспекты освоения водных ресурсов Краснодарского края: Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Краснодар, 2012. 24 с.
2. *Кузин П.С.* Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 455 с.
3. *Логвинова А.И.* Водохозяйственное районирование Курской области // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2008. №1, С. 21-25.
4. *Логонова Н.Н.* Географические основы совершенствования территориальной организации водного хозяйства // Мелиорация и водное хозяйство. 2000. №2. С. 34-36.
5. *Лурье П. М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю.* Река Кубань: гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 498 с.
6. *Мельникова Т.Н.* Гидрологическое и эколого-географическое районирование бассейна реки Кубани // Рецензируемый, реферируемый научный журнал «Вестник АГУ». Выпуск 2 (137) 2014. С. 107-112.

7. *Нагалецкий Ю.Я.* Принципы и методы гидрологического районирования (на примере Краснодарского края): сб. науч. тр. Краснодар, 2007. Вып. 2. С. 111-117.

8. *Шимельмиц И.Я., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М.* Методические основы водохозяйственного районирования // Водные ресурсы. 1975. №1. С. 30-47.

SEVERAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL AND HYDROECONOMIC ZONING IN KUBAN RIVER BASIN

A.V. Marukhno, V.V. Zhirma

Kuban State University, 350040, Krasnodar, Stavropolskaya Street, 149,
email: vvzhirma@gmail.com

The article overviews on the example of Kuban river basin the multilateral character of rational water resource use and the role of hydrological and hydroeconomic zoning in improving the territorial organization of water economy in the region.

Key words: water resources; hydrological, meliorative, hydroeconomic zoning; river; water regime; specialization; territorial organization.

УДК 556.552

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.М. Носков, А.Б. Китаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: hydrology@psu.ru

Многолетний опыт эксплуатации крупных водохранилищ России позволил выявить различные проблемы в практике управления, основанной на нормативных документах, межведомственные противоречия, а также противоречия между субъектами Российской Федерации.

Ключевые слова: водохранилище; водохозяйственный комплекс; водопотребитель; заилнение.

Водохранилища являются одним из наиболее масштабных явлений в преобразующей деятельности человека. Они являются основой гидротехнических и водохозяйственных систем и позволяют осуществлять регулирование водных ресурсов в нужном для человека направлении.

Водохранилища – это водные объекты, управляемые человеком, но в тоже время они испытывают воздействие и природных факторов. Как объекты исследования они занимают промежуточное положение

между природными и техническими образованиями, что позволяет назвать их природно-техническими образованиями [1]. В свою очередь, водохранилища сами влияют на окружающую среду, что приводит к изменению природных и хозяйственных условий на прилегающих территориях. Для водохранилищ характерен свой комплекс внутриводоемных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов, каждый из которых требует изучения.

Крупные водохранилища создаются обычно комплексного назначения, т.е. используются различными отраслями хозяйства. Каждое водохранилище формирует водохозяйственный комплекс (ВХК), который состоит из отдельных компонентов, т.е. отраслей хозяйства, использующих водохранилище, а также участников ВХК – отраслей, заинтересованных в создании водоема и финансирующих его.

Опыт многолетней эксплуатации водохранилищ выявил и показал различные проблемы и противоречия как межотраслевые, так и между субъектами РФ.

Проблемы Чебоксарского водохранилища

Чебоксарское водохранилище уже 27 лет является ненаполненным до проектной отметки в 68 м и остается на 5 м ниже проектного [5]. Это затрудняет судоходство, вода на образовавшихся мелководьях цветет, что отрицательно влияет на ихтиофауну, а Чебоксарская ГЭС выдает мощность ниже проектной.

По оценкам проектировщиков стоимость достройки водохранилища, куда входит: подготовка берегов, перенос пахотных земель и пастбищ (подготовка ложа), перенос строений составляет 134 млрд руб. Водоохранилище находится в государственной собственности и инвестировать это мероприятие должно было государство, т.к. у ОАО «РусГидро» таких средств в 1987 г. не было. Чебоксарское водохранилище расположено на территории Чувашской Республики, Республики Марий-Эл и Нижегородской области. Разногласия с руководством этих субъектов Федерации и с экологами также стали причинами, не позволившими наполнить водохранилище до проектной отметки.

Однако специалисты считают, что Чебоксарское водохранилище необходимо наполнить не только для увеличения мощности ГЭС на 40%. Подъем уровня обеспечит прохождение крупнотоннажных судов на Волге, а также позволит регулировать весь Волжско-Камский каскад, включающий 11 водохранилищ. Это важно для всех нижерасположенных водохранилищ и ГЭС, т.к. они будут работать более надежно. И, наконец, улучшится экология Чебоксарского водохранилища, поскольку проект создавался под отметку 68 м, а не 63 м. Раньше ошибочно считали, что если уровень воды останется ниже на 5 м, то и воз-

можных экологических бедствий будет в 5 раз меньше. А оказалось все наоборот. На образовавшихся мелководьях активно развиваются синезеленые водоросли и выделяются опасные токсины, а водохранилище – это источник питьевого водоснабжения.

Следующая проблема – подтопление берегов, т.к. никакой инженерной защиты под отметку 63 м предусмотрено не было.

Но, тем не менее, есть надежда, что субъекты Федерации договорятся и совместно с ОАО «РусГидро» доработают проект заполнения водохранилища до отметки 68 м.

Проблемы Нижнекамского водохранилища

Пуск первого агрегата Нижнекамской ГЭС состоялся в 1979 г. Выйти на проектную мощность с заполнением водохранилища до отметки 68 м планировалось в 1990 г. Но, в результате протестов экологических организаций в апреле 1990 г Верховные Советы Татарстана и Башкортостана были вынуждены принять решение о сохранении уровня водохранилища на отметке 62 м.

В 2001 г. Госсовет Татарстана принял постановление о признании утратившим силу постановлении 1990 г. об уровне водохранилища Нижнекамской ГЭС. В том же году правительства Татарстана, Башкортостана, а в 2002 г. к ним присоединилось и руководство Удмуртии, подписали соглашение о повышении отметки Нижнекамского водохранилища до 63,3 – 63,5 м.

Работа водохранилища на промежуточных отметках вызывает ряд экономических и экологических проблем: ГЭС не развивает проектной мощности; затруднено судоходство; сооружения инженерной защиты работают в непроектном режиме и это вызывает их разрушение; в водохранилище идет процесс эвтрофикации. В настоящее время площадь мелководий достигает 50%, хотя по санитарным нормам она не должна превышать 20%.

Подъем уровня водохранилища до проектной отметки приведет к затоплению в Татарстане 43 тыс. га сельхозугодий, в Удмуртии – 13 тыс. га, в Башкортостане – 15 тыс. га. В Пермском крае площадь затопляемых земель незначительна. Все затапливаемые земли были выведены из сельскохозяйственного оборота и списаны 20 лет назад и сейчас эти земли заросли кустарником и заболочены.

Далее был подготовлен проект достройки Нижнекамского водохранилища до 68 отметки. Для реализации проекта необходим объем инвестиций в размере 62 млрд руб. и около 30 млрд руб. необходимо потратить на компенсационные выплаты населению и сельхозпредприятиям, которые попадут в зону затопления.

Вопрос о подъеме уровня окончательно еще не решен, хотя себестоимость электроэнергии, выработанной на ГЭС в 5-7 ниже, чем на ТЭС. Неиспользованный потенциал Нижнекамской ГЭС вынуждает сжигать на ТЭС около 500 т условного топлива, что увеличивает выбросы в атмосферу ежегодно до 13 тыс. т окислов серы и до 11 тыс. т окислов азота. Встает вопрос: «Что же выгоднее?» [6].

Проблемы Ангарского каскада водохранилищ

Большие проблемы, возникшие в результате неоптимального управления, существуют на Ангарском каскаде водохранилищ [3]. Каскад ГЭС, состоящий из четырех действующих ГЭС – Иркутской, Братской, Усть-Илимской и Богучанской – расположен на территории трех субъектов РФ – Иркутская область, Республика Бурятия, Красноярский край. Общая мощность ГЭС – 12 млн. кВт. Характерная особенность – в состав каскада, как регулирующая емкость, входит объект Всемирного природного наследия – оз. Байкал.

При эксплуатации каскадов водохранилищ очень сложно удовлетворить интересы всех водопотребителей и водопользователей. В 1987г. для снятия межотраслевых противоречий был создан руководящий документ – ПИВР – «Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада», утвержденные Приказом министра мелиорации и водного хозяйства РСФСР № 601. Эти правила устарели, т.к. в то время Богучанской ГЭС еще не было, а новые правила еще не были утверждены.

Недостатки правил позволили энергетикам часто форсировать уровни Байкала, что сказывалось на экологии озера и его побережий. Чтобы упорядочить уровенный режим Байкала, Постановлением Правительства РФ от 25 марта 2001 г. № 234 были введены ограничения уровня воды в озере в метровом диапазоне между отметками 456 и 457 м.

Однако, 2014 г. оказался экстремально маловодным, прогноз приточности воды в Байкал не оправдался. Иркутское водохранилище было сработано в обычном режиме и удержать уровень в Байкале не ниже 456 отметки не удалось – это повлияло бы на работу нижележащих водозаборных сооружений. Поэтому, 4 февраля 2014 г. принимается Постановление Правительства РФ, разрешающее разовое снижение уровня Байкала ниже 456 отметки.

Кроме этого существуют и экологические проблемы Ангарского каскада, связанные с загрязнением и ухудшением качества воды, переработкой берегов, большого количества затопленной древесины.

Следующая проблема – экономическая и связана она с отсутствием компенсации ущерба в результате создания ГЭС и водохрани-

лиц. Решением этих проблем должен заняться новый орган по управлению Ангарским каскадом, создаваемый на основе нового документа. Этот документ должен объединить ПИВР (Правила использования водных ресурсов водохранилищ) и СКИОВО (Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов), поскольку раньше между ними было много противоречий и разночтений.

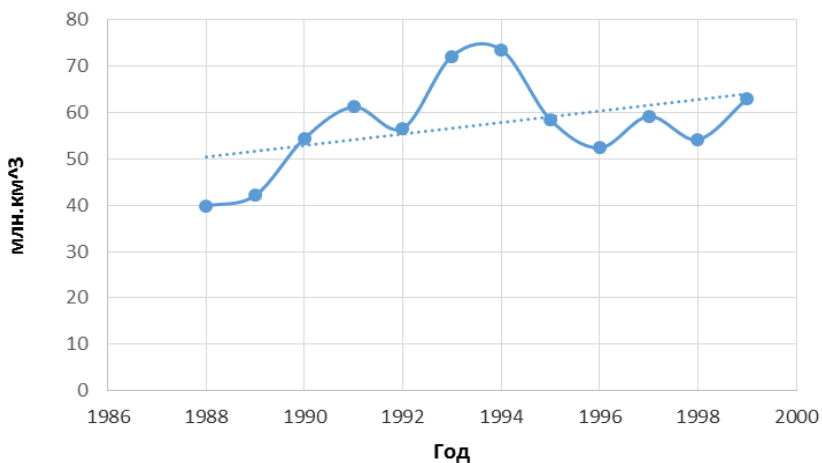
На крупных, давно эксплуатируемых водохранилищах появляется новая проблема – уменьшение объема водохранилища вследствие увеличения слоя донных отложений, т.е. заиления. Этот процесс называется на величине составляющих водного баланса водохранилища.

Общими чертами процесса отложения наносов в водохранилищах разных типов являются:

- формирование области интенсивного отложения более крупных наносов в зоне выклинивания подпора;
- распространение мелких фракций по акватории водохранилища.

Часть наносов мелких фракций выносятся за пределы водохранилища при сбросе воды из него. В периоды сработки зона выклинивания подпора перемещается к плотине и соответственно происходит передвижение области сосредоточенного отложения наносов. Этот процесс, повторяющийся периодически, способствует передвижению донных наносов к плотине и заполнению ими мертвого объема водохранилища. Чем меньше относительная емкость водохранилища, тем резче выражен этот процесс. Более мелкие фракции распределяются по всей акватории с усилением процесса отложения в пределах затопленных пойм и других участков, где наблюдаются особо малые скорости течения. Интенсивность заполнения водохранилища наносами зависит от его емкости и годового стока наносов. Для водохранилищ озеровидного типа количество наносов, выносимых вместе со сбросом воды, весьма невелико, и поэтому интенсивность годовичного заполнения водохранилища наносами можно принимать равной отношению мертвого объема к объему годового стока наносов. В русловых водохранилищах в силу их значительно большей проточности задерживается только некоторая часть из поступающих в них наносов. Несмотря на это, русловые водохранилища, обладая существенно меньшими объемами по сравнению с озеровидными водохранилищами, заиливаются значительно быстрее. В русловых водохранилищах, создаваемых на реках, обладающих весьма высокой мутностью, может возникать донный поток тяжелой смеси,двигающийся от зоны выклинивания подпора до самой плотины.

В результате обработки данных по основной и боковой приточности воды в Камское и Воткинское водохранилища, было замечено, что приход водной массы в Воткинское водохранилище увеличивается с каждым годом, особенно сильно заметна эта тенденция в годы наблюдений с 1988 по 1999 г. (рисунок). Это можно объяснить тем, что на Камском водохранилище осаждаются наносы, и объем при нормальном подпорном горизонте сокращается ежегодно. По данным из материалов к комплексной географо-гидрологической характеристике формирования водохранилища при проектном наполнении в 1956 г., объем водной массы в Камском водохранилище при нормальном подпорном горизонте $12,2 \text{ км}^3$. По последним данным полученным с помощью ГИС-технологий в рамках созданной гидрологической ГИС «Водохранилища Камского каскада» [2] установлено, что объем при НПУ равен $10,7 \text{ км}^3$. Объем Камского водохранилища снизился на $1,5 \text{ км}^3$ за 55 лет.



Сток через Камский гидроузел (1988-1999 гг.)

На Воткинском водохранилище происходит тот же процесс, что и на Камском. Осаждаются наносы и объем при нормальном подпорном горизонте сокращается ежегодно. При проектном наполнении в 1962 г., объем водной массы в Воткинском водохранилище при нормальном подпорном горизонте составлял $9,13 \text{ км}^3$. По последним данным полученным с помощью ГИС-технологий [2] установлено, что объем водохранилища при НПУ равен $8,5 \text{ км}^3$. Объем Воткинского водохранилища снизился на $0,63 \text{ км}^3$, за 49 лет. По другим данным [4] объем водных масс так же уменьшается, в 1973 г. объем водных масс

при НПУ равен 9,4 км³, а в 2009 г. эта величина составила 8,9 км³, уменьшение составило 0,5 км³, за многолетний период в 36 лет.

Библиографический список

1. *Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шаранов В.А.* Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 323 с.
2. *Калинин В.Г.* Водный режим Камских водохранилищ и рек их водосбора в зимний сезон. Пермь, 2014. 180 с.
3. *Корытный Л.М.* Ангарский каскад водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов / Труды Международной науч.- практ. конф. Пермь, 2015. Т.1. С.209-212.
4. *Михалев В.В., Мацкевич И.К.* К постановке задачи по корректировке морфометрических показателей Воткинского водохранилища // Вопросы гидрологии и гидроэкологии Урала. Пермь, 2009. С.18-23.
5. Ежедневная электронная газета ФАЙЛ – РФ // URL: <http://file-rt.ru/> (дата обращения: 22.07.2015).
6. Форум Камского флота // URL: <http://kamafleetforum.ru/> (дата обращения: 14.07.2015).

SOME PROBLEMS EXPLOITATION OF RESERVOIRS

V.M. Noskov, A.B. Kitaev

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15,

e-mail: hydrology@psu.ru

Many years of experience in operating large reservoirs of Russia revealed various problems in management practices, based on normative documents, interagency controversy, as well as contradictions between constituent entities of the Russian Federation.

Key words: reservoir; water management system; water user; siltation.

УДК 556

ВОДНАЯ ПРОБЛЕМА В КРЫМУ

А.Н. Олиферов

Таврическая академия

«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

В статье рассмотрены проблемы воды в Крыму.

Ключевые слова: Крым, водные ресурсы.

Более года назад Крым воссоединился с Россией. Помимо огромных преимуществ в идеологическом и экономическом плане пребывания в составе России, крымчане столкнулись с определёнными трудностями. Пожалуй, главная из них – это водная проблема, воз-

никшая в связи с перекрытием правительством Украины Северо-Крымского канала. В результате Крым не только лишился воды для орошения, но и частично для водоснабжения Керчи, Феодосии и других городов.

Эту проблему пытаются решать по-разному. В первую очередь – это подача её из водозаборов в Северо-Крымский канал. Прокладка трубопроводов осуществляется с помощью военных. Трубопроводные подразделения Западного и Восточного военных округов, как отметил заместитель министра обороны РФ Д. Булгаков, завершили монтаж в Крыму 14 линий трубопровода. Общая протяжённость магистралей – 212 км. Ежедневно подаётся более 20 тыс. м³ в день. Магистралы тянутся к Северо-Крымскому каналу.

Ещё в 2014 г. было начато строительство трёх водозаборов – Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского. Для каждого из них было пробурено по 12 артезианских скважин глубиной от 110 до 180 м., из которых планируется получать по 195 тыс. м³ воды в день. В марте 1915 года два из трёх водозаборов начали эксплуатироваться.

Симферополь будет получать помимо водохранилищ из Бахчисарайского и Вилинского водозаборах артезианских вод.

Таким образом, основным методом решения водной проблемы – является откачка артезианских вод. Однако, усиленная их эксплуатация грозит подсыханием в водоносные пласты солёных морских вод и откачку следует проводить очень осторожно.

Другая попытка решить проблему водоснабжения Крыма – это опреснение морской воды. Как отмечает Г. Позднов современные технологии позволяют Крыму в достаточном количестве обеспечить себя опреснённой морской водой. Постройка на Арабатской стрелке 400 электроветряков в комплексе с опресняющими установками по технологии электролиза позволит опреснить до 360 тыс. м³ в сутки. Однако, этот проект очень дорогой; по предварительным подсчётам он обойдётся в 50 миллиардов рублей. В своих выступлениях на конференциях мы неоднократно отмечали, что этот метод может применяться только в богатых Арабских эмиратах, а в Крыму может быть применён только в небольших объёмах.

Мы предлагаем для решения водной проблемы Крыма возрождение старой идеи увеличение зарегулированности речного стока путём строительства новых водохранилищ.

Как известно всего в Крыму 14 водохранилищ естественного речного стока, которые расположены в Горном и Предгорном Крыму. Первое из них Альминское на балке Базар-Джалга (строилось с 1925 по 1934 г.), Бахчисарайское (1935), Тайганское на р. Биюк-Карасу (1938). В конце XX века построили Партизанское водохранилище на р.

Альма (1966). В 1971 – Балановское на р. Зуя (1974) и последнее по времени Кутузовское водохранилище (1986).

Особенно сильно запрет на работу Северо-Крымского канала украинским правительством ударил по водохранилищам Северо-Крымского канала. Этих водохранилищ 9: Зеленоярское, Ленинское, Межгорное, Самаринское, Стационарное, Старо-Крымское, Феодосийское и Фронтное. Рассмотрим возможность дополнительного регулирования речного стока основных рек путём строительства водохранилищ.

Ещё в прошлом веке Гипроводхозом была разработана схема строительства и проектирование водохранилищ в Горном Крыму. Для каждой реки был подсчитан средний многолетний годовой сток в млн. м³, существующая зарегулированность и проектируемая зарегулируемость, как в абсолютных величинах, так и в процентах. Был составлен график зарегулирования рек Крыма. На карте масштаба 1:500 000 показаны существующие водохранилища, строящиеся и проектируемые. Эти материалы частично исправленные на основании новых исходных данных о стоке рек, полученные за последние 15 лет Региональным центром по гидрометеорологии в РК, были положены в основу настоящих предложений.

Р. Чёрная со своим Чернореческим водохранилищем зарегулирована на 61%. Проектируется увеличить зарегулированность до 85%.

Р. Бельбек сейчас зарегулирована всего на 5,9%. Предполагается увеличить её до 100%. Для этой цели необходимо построить: Соколинское, Нижнепольское-1, Нижнепольское-2, Полянское, Солнечносельское, Голубинское, Нижне-Зареченское, Верхне-Зареченское, Куйбышевское, Ураус-Дересинское, Холмовское. Наиболее конкретные данные имеются в пресе о Соколинском водохранилище. Согласно информации министра ЖКХ А. Жданова, построить это водохранилище планируется в ближайшие 5 лет. Оно должно быть совместным для водоснабжения Крыма и Севастополя. Предполагается, что около 20% воды будет поступать в Симферополь, а остальное – в Севастополь.

На р. Каче необходимо построить Бахчисарайское водохранилище, а на её притоке Марте – Мартовское водохранилище.

На притоке р. Альмы р. Бодрак, необходимо построить Бодракское водохранилище.

На р. Зуе требуется построить Соловьёвское и Орешниковское водохранилища.

Сток реки Биюк-Карасу зарегулирован на 43,4%, планируется зарегулировать его на 100%, построив для этой цели Головановское и Александровское водохранилища.

Сток рек Кучук-Карасу почти не зарегулирован. Планируется зарегулировать его на 91%, создав для этой цели Горлинское и Черно-тисовское водохранилища.

Река Мокрый Индол не зарегулирован, планируется больше зарегулировать её сток, построив два водохранилища.

Сток р. Восточный Булганак в настоящее время очень слабо зарегулирован. Для целей орошения и водоснабжения на этой реке запланировано построить два водохранилища, чтобы зарегулировать сток на 48%.

Сток рек Южного Берега Крыма зарегулированы немного больше 2%. В основном там построены небольшие пруды. Проектируется зарегулировать сток на 36%. Для этого необходимо построить целую серию водохранилищ. Это Приветненское, Зеленогорское, Громовское, Междуреченское, Воронское, Карадагское, Караджанское, Пачненское, Щебетовское, Капельское и другие.

Необходимо откорректировать схему и проекты строительства водохранилищ в Крыму с целью решения водной проблемы полуострова.

WATER PROBLEM IN THE CRIMEA

A.N. Oliferov

Taurian academy «The Crimean federal university of V. I. Vernadsky»

In article water problems in the Crimea are considered.

Key words: Crimea, water resources.

УДК 551.5

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КАЗАНИ

Ю.П. Переведенцев, Т.Р. Аухадеев, К.М. Шанталинский
Казанский федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Анализ температурного ряда на ст. Казань, университет за 1828 – 2014 гг. показал, что средняя годовая температура воздуха повысилась больше чем на 4°C и около половины этого изменения обусловлено глобальными факторами. Отмечен существенный рост летней температуры в Казани в XXI столетии, в то же время наметилась тенденция к понижению температуры с декабря по март и существенный рост ноябрьских температур.

Ключевые слова: температура воздуха; аномалия температуры; низкочастотная компонента; коэффициент корреляции; параметры линейного тренда; тенденция изменения.

В Казанском университете систематические метеорологические наблюдения начались с февраля 1805 г., а в мае 1815 г. в газете «Казанские известия» была опубликована первая научная работа, подготовленная профессором физики Ф.К. Броннером, «Следствия из метеорологических наблюдений в Казани 1814 года». Этим положено начало метеорологии как науке в Казанском университете.

В последующем усилиями известных профессоров – А.Я. Купфера, И.М. Симонова, Э.А. Кнорра, А.С. Савельева, И.А. Больдани, И.Н. Смирнова, Р.А. Колли, И.П. Слугинова, Д.А. Гольдгаммера (XIX столетие), В.А. Ульянина, П.Т. Смолякова, О.А. Дроздова, Н.В. Колобова и др. (XX столетие) была создана известная в России и за ее пределами Казанская метеорологическая школа (КМШ).

К числу приоритетных исследований этой школы относятся изучение макромасштабной атмосферной циркуляции и энергетики атмосферы, современных глобальных и региональных изменений климата и их последствий, что нашло свое отражение в многочисленных публикациях и выступлениях представителей КМШ на научных конференциях различного уровня. Особое внимание было уделено изучению климатического режима Приволжского федерального округа, Республики Татарстан и города Казани [1-7].

Современные информационные и вычислительные возможности кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского федерального университета (КФУ) позволяют проводить метеорологические и климатические исследования с широким охватом пространственных и временных интервалов [8-11].

Важным источником сведений об изменении климата за время инструментальных наблюдений могут служить данные многолетних наблюдений за температурой воздуха на т.н. «длиннорядных» метеорологических станциях, к которым относится метеорологическая обсерватория Казанского университета (ст. Казань, университет), где непрерывные ряды наблюдений сохранились с 1828 г.

Представление о наиболее общих чертах многолетнего режима приземной температуры воздуха на ст. Казань, университет за весь период наблюдений с 1828 по 2014 гг. дают средние за этот период месячные, сезонные и годовые значения приземной температуры воздуха (\bar{T}) и значения их средних квадратических отклонений (σ_T). Сравнение указанных характеристик за первые и последние 30 лет исследуемого периода позволяет в первом приближении оценить характер изменения температурного режима.

Таблица 1

Средние многолетние значения (\bar{T} , °С) и средние квадратические отклонения (σ_T , °С) приземной температуры воздуха на ст.Казань, университет за весь период наблюдений (1828–2014 гг.), первые (1828–1857 гг.) и последние 30 лет (1985–2014 гг.)

Мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Зима	Лето
1828 – 2014 гг.															
\bar{T}	-12,7	-11,7	-5,6	4,3	13,0	17,8	20,0	17,7	11,5	4,2	-3,2	-10,0	3,8	-11,5	18,5
σ_T	3,8	3,5	2,8	2,7	2,5	2,0	1,9	1,9	2,0	2,2	3,0	3,9	1,3	2,7	1,4
1828 – 1857 гг.															
\bar{T}	-14,4	-12,3	-6,9	2,8	12,0	16,9	19,4	17,2	10,7	3,5	-3,7	-12,1	2,8	-12,8	17,8
σ_T	3,6	3,2	2,5	1,9	2,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,0	2,6	4,0	0,9	2,6	1,5
1985 – 2014 гг.															
\bar{T}	-10,1	-9,8	-3,0	6,3	14,2	19,2	21,0	18,6	12,4	5,4	-2,6	-7,9	5,3	-9,3	19,6
σ_T	3,4	3,9	2,3	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	1,7	1,7	3,3	3,2	1,0	2,3	1,4

Из табл.1 следует, что термический режим на ст. Казань, университет характеризуется существенным годовым ходом с минимумом в январе и максимумом в июле, а также значительной изменчивостью, наиболее выраженной в зимний период. Кроме того, сравнение средних многолетних величин температуры воздуха в начале и конце периода наблюдений показывает, что на исследуемой территории за указанный период во все месяцы года приземная температура воздуха существенно выросла и наибольший рост имел место в зимний период. Это видно также из графиков многолетнего хода приземной температуры воздуха.

Более детальную информацию о характере изменения температурного режима можно получить, выполнив сглаживание исходных временных рядов. Была проведена низкочастотная фильтрация многолетних рядов температуры с помощью НЧ фильтра Поттера с отсечением колебаний с периодами менее 30 лет. Это позволило определить периоды однозначного изменения температуры продолжительностью более 10 лет. Кроме того, для этих периодов методом наименьших квадратов оценивались параметры линейных трендов средней годовой температуры воздуха (СГТВ) (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики линейного тренда и низкочастотной компоненты с периодом более 30 лет СГТВ на ст. Казань, университет

Период наблюдений		Характеристики									
		Линейного тренда							НЧК		
Начало	Конец	$\Delta\tau$	A	α_A	σ_A	B	σ_B	R^2	ΔT	$\Delta T / \Delta\tau$	
1828	2014	186	0,016	0	0,0012	2,296	0,1349	0,46	4,01	0,0216	
1828	1854	26	0,055	0,0097	0,0195	1,951	0,3120	0,21	1,12	0,0429	
1855	1874	20	0,019	0,6273	0,0388	2,921	0,4647	0,00	-0,21	-0,0103	
1875	1930	56	0,017	0,0193	0,0069	2,853	0,2259	0,08	0,88	0,0156	
1931	1943	13	-0,112	0,1831	0,0790	4,713	0,6273	0,08	-0,08	-0,0061	
1944	1984	41	0,024	0,0681	0,0125	3,744	0,3022	0,06	0,72	0,0175	
1985	2014	30	0,068	0,0003	0,0164	4,255	0,2912	0,36	1,58	0,0527	

где: $\Delta\tau$ – продолжительность периода однозначного изменения СГТВ (годы), A – коэффициент наклона линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$), α_A – значимость и σ_A – стандартная ошибка определения коэффициента наклона линейного тренда, B – свободный член линейного тренда ($^{\circ}\text{C}$), σ_B – стандартная ошибка свободного члена, R^2 – коэффициент детерминации линейного тренда, ΔT – величина изменения температуры по сглаженной кривой ($^{\circ}\text{C}$), $\Delta T / \Delta\tau$ – скорость изменения температуры по сглаженной кривой ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$).

На ст. Казань, университет наблюдается устойчивая многолетняя тенденция к росту (рис.6) средней годовой температуры воздуха (СГТВ). Однако изменение сглаженной (низкочастотной) составляющей показывает существенную неоднородность изменения СГТВ со временем. Так в начале имеющегося периода наблюдений (1828–1854 гг.) СГТВ быстро возрастала, затем в течение 20 лет рост не наблюдался (имело место даже некоторое статистически незначимое понижение температуры). Далее с 1875 по 1930 гг. СГТВ вновь возрастала, однако скорость этого роста была существенно меньше, чем в начале периода. В 30-е и начале 40-х годов XX столетия вновь наблюдалось статистически незначимое уменьшение температуры, которое сменилось длительным ее повышением с 1944 по 2014 гг. Это потепление по скорости изменения СГТВ может быть разделено на два периода: 1944–1984 гг., когда скорость потепления была невелика и 1985–2014 гг. В этот последний период повышение СГТВ шло наиболее высокими темпами. В результате СГТВ за весь период 1828–2014 гг. повысилась более чем на 4°C .

Более подробную информацию о характере долгопериодного изменения температуры в различные месяцы года можно получить из анализа поля первых разностей НЧК, которые характеризуют скорость низкочастотного изменения температуры.

Наиболее резкие изменения температуры воздуха происходили в холодный период года. На общем фоне повышения температуры воз-

духа в Казани более короткие периоды повышения температуры сопровождалось в это время года менее интенсивными периодами похолодания. Наиболее неустойчиво менялась температура в ноябре. В последнее десятилетие наметилась тенденция к понижению температур с декабря по март, в то время как ноябрьские температуры в это время существенно выросли.

В теплый период года большую часть исследуемого периода имели место незначительные изменения температуры и до начала XXI столетия преобладало слабое ее понижение. Однако далее температура летнего периода в Казани стала существенно расти. Особенно активно этот процесс идет в августе.

Многолетние колебания температуры воздуха есть интегральный результат проявления факторов различного масштаба: глобальных, региональных и локальных. Для определения величины относительного вклада глобальных факторов в общую изменчивость температуры воздуха были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции r между аномалиями средних годовых, зимних (декабрь – февраль) и летних (июнь – август) температур воздуха на ст. Казань, университет и значениями аномалий приповерхностных температур, осредненных по всему Северному полушарию. Аномалии температур вычислялись относительно средних за период 1961 – 1990 гг. Коэффициенты корреляции рассчитывались как за весь период с 1850 по 2014 г., так и за отдельные части этого периода, характеризующиеся однозначными долгопериодными изменениями температуры воздуха Северного полушария.

Таблица 3

Значения коэффициентов корреляции r между аномалиями температур воздуха на ст. Казань, университет и приповерхностных температур, осредненных по всему Северному полушарию

<i>Период наблюдений</i>		<i>Год</i>	<i>Зима</i>	<i>Лето</i>
1850	2014	0,70	0,58	0,46
1850	1910	0,41	0,45	0,22
1910	1944	0,20	0,25	0,21
1945	1976	0,18	0,55	0,44
1977	2014	0,66	0,49	0,60
1850	1976	0,63	0,55	0,48
1910	2014	0,44	0,46	0,28

Квадрат коэффициента корреляции характеризует вклад факториального признака в изменчивость результативного признака. Если допустить, что изменения температуры всего Северного полушария происходят под влиянием глобальных процессов, то результаты (табл.

3) показывают, что вклад этих процессов в изменчивость средней годовой температуры на ст. Казань, университет за весь период составляет почти 49%. При этом глобальные процессы в большей степени определяют поведение средней температуры в Казани в зимний период, чем в летний.

Следует также отметить, что влияние глобальных факторов в большей степени проявляет себя в периоды выраженного потепления Северного полушария.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 15-05-06349).

Библиографический список

1. *Переведенцев Ю.П.* Метеорология в Казанском университете: становление, развитие, основные достижения. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. 127 с.

2. *Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П.* Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Казань: Казан. ун-т, 2013. 274 с.

3. *Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Шафикова Р.Б.* Климат Казани и его изменения в современный период. Казань: Казан. гос. ун-т, 2006. 215 с

4. *Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Верецагин М.А.* Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2008. 288 с.

5. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата: учебное пособие. Казань, изд-во КГУ, 2009. 504 с.

6. *Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В., Шанталинский К.М., Важнова Н.А.* Теория общей циркуляции атмосферы. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2013. 240 с.

7. *Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П.* Становление метеорологии в Казанском университете - 200 лет // Метеорология и гидрология. 2012. №2. С. 123-126.

8. *Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Региональные проявления современного потепления климата в тропо-стратосфере Северного полушария // Изв. РАН. Сер. геогр. 2005. №6. С. 6-16.

9. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Исмагилов Н.В., Занди Р.* О влиянии макроциркуляционных систем на термобарический режим Приволжского федерального округа // Ученые записки Казан. ун-та. Серия естеств. наук. 2014. Т. 156. Кн. 2. С.156-169.

10. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А.* Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // Метеорология и гидрология. 2014. №4. С.32-48.

11. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.* Оценка современных изменений температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере Северного полушария // Метеорология и гидрология. 2014. №10. С.19-31.

THE LONG-PERIOD CHANGES IN AIR TEMPERATURE IN KAZAN

Yu.P. Perevedencev, T.R. Auhadeev, K.M. Shatalinsky
Kazan Federal University, 420008, Kazan, Kremlin Street, 18, e-mail:
Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Analysis of the temperature range on st. Kazan, University for 1828-2014 years. showed that the average annual temperature has risen more than 4°C and about half of this change is due to global factors. Significant growth of summer temperature in Kazan in the twenty-first century is marked, at the same time, there has been a trend towards a decrease in temperature from December to March and significant growth in November temperatures.

Key words: air temperature; the air temperature anomaly; low-frequency component; the correlation coefficient; parameters of a linear trend; the trend changes.

УДК 556.552

О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДНЫХ МАСС КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ВЕСЕННИЙ И ОСЕННИЙ ПЕРИОДЫ

О.А. Перевощикова, В.Г. Калинин, К.И. Суманеева
Пермский государственный университет,
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: perevoshchikova@mail.ru , vgkalinin@gmail.com

Показано влияние морфометрических особенностей долинных водохранилищ на характер пространственной неоднородности температуры воды. В качестве критериев оценки использованы морфометрические коэффициенты $K_{пл}$ и $K_{г}$, отражающие соотношение площадей и глубин таксономических единиц районирования водохранилищ.

Ключевые слова: водохранилище; особенности морфометрии; пространственная неоднородность температуры воды.

Как отмечал Ю.М. Матарзин [2], различия в морфологии и морфометрии отдельных частей водохранилищ оказывают существенное влияние на характер и интенсивность внутриводоемных процессов, трансформируют воздействие природных факторов и хозяйственной

деятельности человека на элементы гидрологического режима искусственных водоемов.

Наиболее ярко эти различия проявляются в температурном режиме водных масс в периоды их весеннего нагревания и осеннего охлаждения. Известно [1], что на участках водохранилищ с большей площадью и меньшей глубиной интенсивность процессов теплообмена выше, поэтому они быстрее нагреваются весной и остывают осенью. Это обуславливает сезонную пространственную неоднородность температуры водных масс по длине водохранилищ.

В качестве критериев оценки влияния морфометрических особенностей на характер пространственной неоднородности температуры воды можно использовать морфометрические коэффициенты K_{mn} и K_M , отражающие соотношение площадей и глубин таксономических единиц районирования водохранилищ [3]:

$$K_{mn} = \frac{B_u}{h}$$

где, B_u – интегральный показатель ширины, равный отношению площади S [км²] участка водохранилища к его длине l [м], h – средневзвешенная глубина этого участка [м].

$$K_M = \frac{S_{nm}}{S_z} \times \frac{h_{nm}}{h_z}$$

где, S_{nm} , S_z – площади [м²]; h_{nm} , h_z – средние глубины [м] (пм) – прибрежной и мелководной и (г) – глубоководной зон участка водохранилища.

Рассмотрим эти моменты подробнее на примере Камского водохранилища, сложного в морфометрическом отношении водоема с непрерывным чередованием расширений и сужений. Акватория Камского водохранилища по коэффициентам K_{mn} и K_M была разделена на четыре района и 15 участков (рис. 1), девять из которых выделены на главном камском плесе [3].

Для решения поставленной задачи необходимы детальные наблюдения на рейдовых вертикалях. Наиболее подробные наблюдения осуществлялись в начальный период существования водохранилища (1956–1968 гг.), когда общее количество вертикалей составляло более 30. С 1969 по 1980 г. их количество сократилось до 11, в 90-х годах – до 5, а с 2000 г. рейдовые наблюдения не проводятся совсем, что осложняет проведение детального анализа термики водохранилища. В связи с этим нами использованы данные наблюдений за температурой воды по максимальному количеству (30) вертикалей (рис. 1). Анализ проводился для периодов весенне-летнего нагревания (май-июнь) и осеннего охлаждения (август-сентябрь) водоема. Предварительная

обработка данных наблюдений заключалась в расчете средней температуры воды по глубине на вертикалях, а затем между вертикалями в пределах выделенных участков.

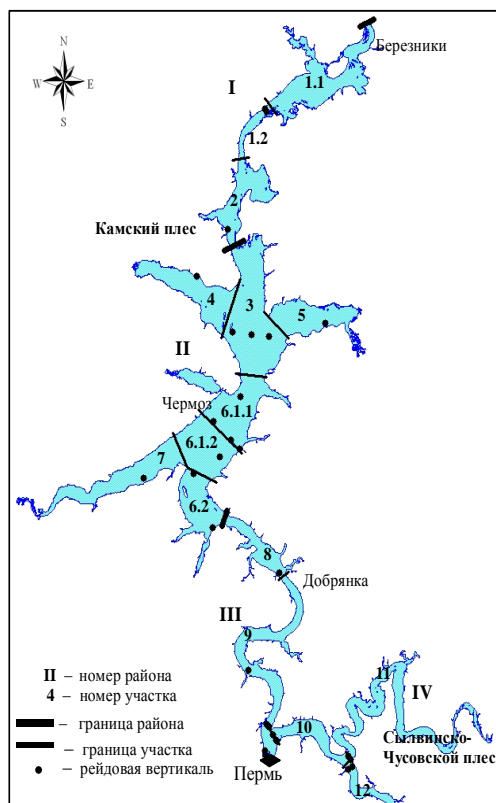


Рис. 1. Местоположение рейдовых вертикалей и границы районов и участков Камского плеса по коэффициентам $K_{мг}$ и $K_{м}$

Анализ изменения температуры воды по длине водохранилища за разные годы (рис. 2) показал, что ее пространственная неоднородность практически полностью соответствует изменению морфометрических коэффициентов $K_{мг}$ и $K_{м}$. При этом весной эта зависимость прямая, а осенью – обратная. Это объясняется тем, что значения морфометрических коэффициентов увеличиваются с увеличением площади участка и уменьшением средней глубины и наоборот. Поэтому на мелководных и больших по площади участках температура воды в период весеннего нагревания выше, а осенью – ниже.

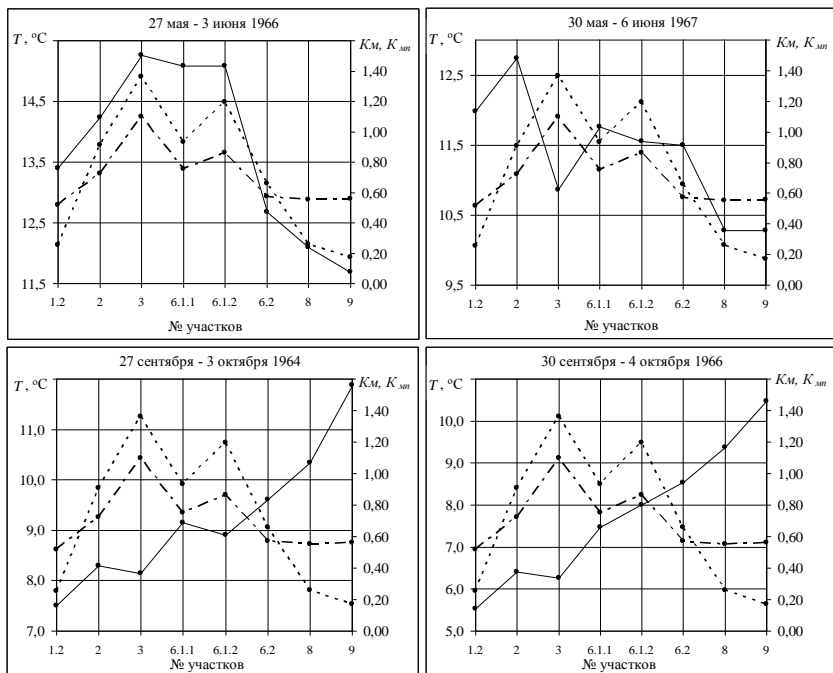


Рис. 2. Изменение температуры воды и морфометрических коэффициентов K_m и K_{min} по длине водохранилища

- — ● — температура воды
- - - - ● — коэффициент морфометрического подобия K_{min}
- · · · · · ● — морфометрический коэффициент K_m

Таким образом, морфометрические особенности Камского водохранилища, а именно соотношение площадей и глубин различных участков оказывают непосредственное влияние на температуру водных масс и закономерности ее пространственного распределения по акватории водоема.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-05-00962.

Библиографический список

1. Калинин В.Г. Влияние морфометрии водохранилищ на процессы теплообмена и ледообразования / В.Г. Калинин, Н.А. Трофимов // Метеорология и гидрология. 1996. № 8. С. 110–115.

2. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Пермь: Изд-во МГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. 296 с.

3. Перевощикова О.А. К оценке пространственных неоднородностей рельефа дна долинных водохранилищ (на примере Камского) / О.А. Перевощикова, В.Г. Калинин // Географический вестник. Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2014. №3 (30). С. 18–26.

ABOUT SPATIALLY INHOMOGENEOUS OF WATER MASSES TEMPERATURE THE KAMA RESERVOIR IN SPRING AND AUTUMN PERIOD

O.A. Perevoshchikova, V.G. Kalinin

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15,
e-mail: perevoshchikovao@mail.ru , vgkalinin@gmail.com

The influence of valley reservoirs morphometric characteristics on the nature of spatial inhomogeneity of water temperature is shown. As the evaluation criteria the morphometric coefficients, which shows relations of the areas and depths of taxonomic units zoning reservoirs are used.

Key words: reservoir; morphometry features; spatial inhomogeneity of the water temperature.

УДК 551.515.2 (265.5)

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛА ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ЗА ПЕРИОД 1970-2011 ГГ.

Н.И. Перерва, Л.Н. Василевская, А.О. Хохлов

Дальневосточный федеральный университет,
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: pererva.nikita@mail.ru
Научный руководитель – к.г.н., доцент кафедры океанологии и гидрометеорологии ДВФУ Василевская Л.Н.

В статье представлены результаты исследования динамики тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана (СЗТО) за 1970-2011 гг. на фоне общепланетарной циклонической активности в тропических широтах. Выявлен отрицательный, статистически значимый тренд количества тропических циклонов в СЗТО. Причем, эпоха повышенной активности длилась в течение 27 лет – с 1970 по 1997 г., а эпоха пониженной активности наступила после 1997 г. В многолетнем ходе вклада СЗТО обнаружена незначительная отрицательная тенденция: с начала периода исследования до 1996 г. вклад СЗТО в общепланетарное число тропических циклонов повышался, а с 1997 г. и до конца периода исследования, наоборот, понижался.

Ключевые слова: тропический циклон; тропический циклогенез; тренды.

Наиболее известным объектом синоптического масштаба в низких широтах являются тропические циклоны. Они представляют

собой атмосферные вихри, возникающие над теплой поверхностью океанов (температура приповерхностного 50-метрового слоя воды должна превышать $26,5^{\circ}$), имеющие теплое ядро и сопровождающиеся интенсивными ливневыми осадками и ветрами разрушительной силы. Исследование и мониторинг тропических циклонов (ТЦ) имеет крайне важное значение, так как, выходя на сушу, они могут наносить колоссальный экономический ущерб, разрушая дома и объекты инфраструктуры, а также приводить к человеческим жертвам. Скорость ветра в самых сильных из зафиксированных ТЦ достигала 85 м/с (более 300 км/ч), а минимальное давление в центре – 870гПа (самое низкое из зафиксированных значений давления на Земле). Тропические циклоны поддерживают тепловой баланс, изменяя градиент температуры и влажности между тропическими и субтропическими районами Земли. Штормовые приливы и перемешивание океанской воды тропическими циклонами также важны для поддержки морской флоры и фауны.

Дальний Восток является единственным в Российской Федерации районом, подверженным воздействиям ТЦ северо-западной части Тихого океана как в «чистом» виде, так и, в большинстве случаев, после их регенерации на полярном фронте. Воздействие этих атмосферных вихрей, как правило, сопровождается сильными дождями с количеством осадков, часто соответствующим критерию стихийного явления, а также сильными ветрами, иногда достигающими в прибрежных районах ураганной силы [1].

Целью работы явилось исследование межгодовой активности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана. Для выполнения поставленной цели изучался многолетний ход количества ТЦ в СЗТО и в целом по планете.

Исходными данными послужили сведения о количестве ТЦ за период с 1970 по 2011 г., взятые с сайта Гидрометцентра России <http://meteoinfo.ru/tropicyclonesdatabase>.

Обсуждение результатов. В таблице помещены статистические характеристики количества ТЦ в СЗТО и в целом по планете. Судя по ним исследуемые выборки являются репрезентативными относительно генеральной совокупности, т.к. относительная ошибка среднего составляет 2,7% и 1,4%, стандартного отклонения – 4,4% [2].

Статистические характеристики распределения количества тропических циклонов над СЗТО и всей планетой за 1970-2011 гг.

<i>Статистики</i>	<i>СЗТО</i>	<i>Всего по планете</i>
Среднее	25,2	82,6
Стандартная ошибка	0,7	1,2
Относительная ошибка среднего	2,7 %	1,4%
Медиана	25,0	82,5
Мода	29,0	77,0
Стандартное отклонение	4,44	7,76
Эксцесс	0,44	0,30
Асимметричность	-0,03	-0,15
Интервал	22,0	38,0
Минимум	14 (2010 г.)	63 (1999 г.)
Максимум	36 (1971 г.)	101 (1971 г.)

Оценивание близости исследуемых временных рядов тропических циклонов к нормальному закону распределения показало, что по трем статистическим параметрам (среднее, медиана, мода) практически временные ряды количества тропических циклонов являются близкими к нормальному закону распределения. Совокупности же по двум статистическим показателям – среднему и медианному – совпадают, а вот модальное несоответствие говорит о том, что выборки являются асимметричными. В основном, эта асимметрия укладывается в рамки слабой ($A < 0,25$) и отрицательной.

Как следует из таблицы, в среднем на планете образуется около 83-х ТЦ, а в СЗТО – около 25, что составляет чуть больше 30%. Самый большой вклад СЗТО в общепланетарное число тропических циклонов приходится на 1988 и 1991гг. (он составил 38%), а самый минимальный – в 1998 и 2010 гг. (21%).

На рис. 1 показан график многолетнего хода аномалий количества тропических циклонов над СЗТО, позволяющий судить о наиболее общих закономерностях временных изменений активности тропического циклогенеза. Отметим, что наиболее активный циклогенез был в 1971 и в 1994 гг., когда над акваторией СЗТО возникло соответственно 36 и 34 циклона. Меньше всего образовалось циклонов в тропической части СЗТО в 2010 г. (14 циклонов) и в 1998г. (16 циклонов).

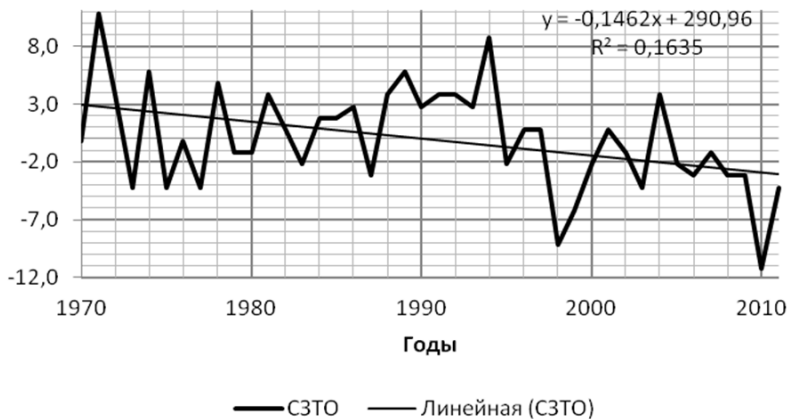


Рис. 1. Динамика аномалий количества тропических циклонов в СЗТО за 1970-2011 гг.

Поскольку исходная выборка числа тропических циклонов подчиняется нормальному закону распределения, то выявление линейного тренда в динамике количества циклонов является обоснованным. Судя по рис. 1, в многолетнем ходе количества тропических циклонов отмечается значительное их уменьшение в течение 1970-2011 гг. Выявленный линейный тренд является статистически значимым ($R^2=0,163$, что превышает критическое значение R^2 на 5%-ном уровне значимости). В среднем за каждые 10 лет количество тропических циклонов в СЗТО снижается на 1,5 циклона.

Кроме того, для определения временных границ периодов с относительно повышенным и пониженным количеством тропических циклонов строились интегрально-разностные кривые или кривые накопленных аномалий. Итак, эпоха повышенной активности в СЗТО длилась в течение 27 лет – с 1970 по 1997 г. Но на ее фоне встречаются непродолжительные периоды от 1 до 3 лет пониженной активности. Снижение активности тропического циклогенеза наблюдалось в: 1973, 1975-1977, 1979-1980, 1983, 1987, 1995 гг. Эпоха пониженной активности наблюдается с 1997 и до конца периода исследования. На фоне пониженной активности лишь в 2004 г. количество тропических циклонов было выше среднего многолетнего значения.

Оценка межгодовой изменчивости вклада каждого из полушарий в общепланетарное число ТЦ показала, что вклад северного полушария в общее количество ТЦ за период 1970-2011 гг. незначительно увеличивается. А вот вклад южного полушария в общее количество ТЦ незначительно уменьшается (рис.2).

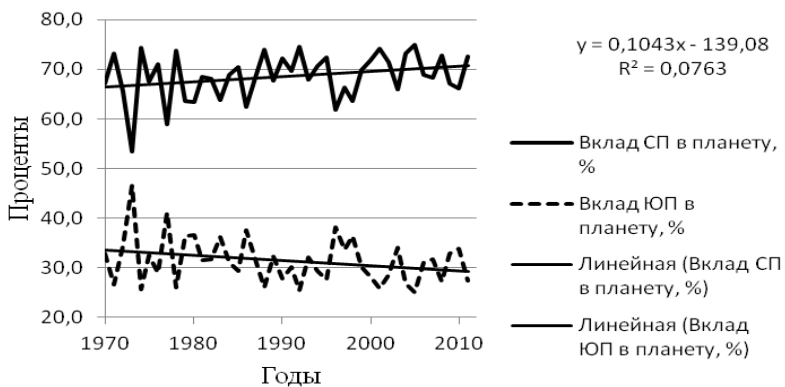


Рис. 2. Изменение вклада количества ТЦ северного и южного полушарий в общепланетарное количество, (%)

Помимо этого, нами выявлена следующая закономерность – изменение циклонической активности происходит в обоих полушариях асинхронно: когда в северном полушарии наблюдается нарастание активности, в южном, наоборот, происходит – ее снижение.

Библиографический список

1. Павлов Н.И. Локализация тайфунов различной интенсивности и климатология супертайфунов // Труды ДВНИИ. 1984. Вып.115. С.15-28.

2. Чернышева Л.С., Платонова В.А. Расчет и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин / Учебно-методическое пособие. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. 43 с.

CHANGES IN THE NUMBER OF TROPICAL CYCLONES IN THE NORTHWEST PACIFIC FOR THE PERIOD 1970-2011

N.I. Pererva, L.N. Vasilevskaya, S.A. Khokhlov
Far Eastern Federal University,

690950, Vladivostok, Sukhanova Street, 8, e-mail: pererva.nikita@mail.ru

Supervisor – Ph.D., Associate Professor, Department of Oceanology and Hydrometeorology
FEFU Vasilevskaya L.N.

The article presents the results of a study of the dynamics of tropical cyclones in the northwestern Pacific Ocean (NWPO) for 1970-2011 biennium against the backdrop of planetary cyclonic activity in the tropics. There was a negative, statistically significant trend the number of tropical cyclones in the northwestern Pacific Ocean. Moreover, the era of increased activity lasted for 27 years - from 1970 to 1997 and the era of reduced activity occurred after 1997. In long-term course of NWPO contribution found a small negative trend. Since the beginning of the study period until 1996 NWPO contribution to planetary number increased, and since 1997 until the end of the study period, on the contrary, decreases.

Key words: tropical cyclone; tropical cyclogenesis; trends.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ ВЫПАДЕНИИ ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Е.В. Пищальникова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: evapopova@rambler.ru
Научный руководитель – зав. кафедрой метеорологии и охраны атмосферы, д.г.н., профессор Калинин Н.А.

Рассмотрена зависимость интенсивности очень сильных снегопадов от общего влагосодержания атмосферы в Пермском крае за период 1979–2013 гг. Наибольшая теснота связи выявлена между максимальной интенсивностью осадков и максимальным и средним влагосодержанием атмосферы. Показано распределение количества влаги в пространстве и во времени, выявлено влияние орографии. Установлено, что 47% значений общего влагосодержания, при котором образуется опасное явление, изменяется в пределах от 4,0 до 7,9 кг/м³.

Ключевые слова: влагосодержание; очень сильный снегопад; опасное природное явление; Пермский край.

Под общим (интегральным) влагосодержанием понимается количество водяного пара в килограммах, содержащееся в столбе атмосферы с площадью основания 1 м² [4], которое может быть определено несколькими способами. Наиболее простым и надежным методом определения влагосодержания является аэрологический метод, который позволяет рассчитать запасы влаги в атмосфере из прямых измерений влажности воздуха радиозондом на различных высотах [2, 6]. Также изучение количества влаги на основе данных реанализа получило широкое распространение [5, 7].

В данном исследовании для анализа пространственно-временного распределения влагосодержания в циклонах использовалась информация об общем влагосодержании атмосферы PWAT (precipitable water, кг/м²) из архива реанализа по модели CFS [8, 9]. Извлечение данных в узлы сетки и их сплайн-интерполяция в координаты МС выполнялись с помощью программного пакета ArcGis 10.1.

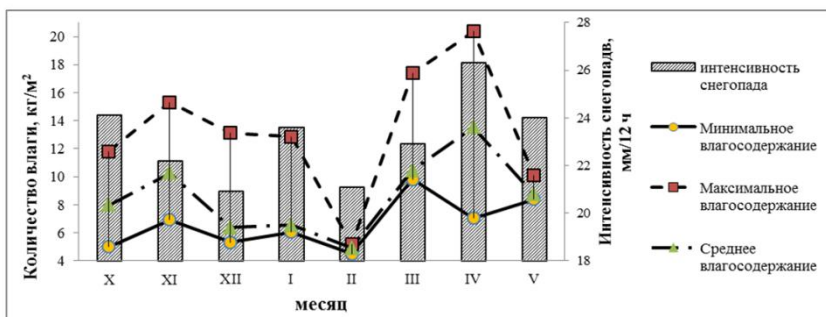
Для каждого из 29 случаев очень сильного снегопада, отмечающегося на территории Пермского края за период 1979–2013 гг., получены значения общего влагосодержания в сроки 0, 6, 12, 18 ч ВСВ. В том случае, когда снегопад достиг опасной величины в дневные часы, тогда интенсивность явления сопоставлялась со значениями количества влаги в сроки 6 и 12 ч ВСВ. Когда в ночные, тогда в сроки 18 и 0 ч

ВСВ. Так как измерение осадков на стационарной сети производится 2 раза в сутки в 3 и 15 ч ВСВ.

Описательная статистика выполнена на базе пакета анализа Excel. Исследуемое статистическое распределение общего влагосодержания имеет большой размах — от 3,2 до 20,4 кг/м², значимую асимметрию с преобладающим положительным отклонением от среднего и сильную вариацию. Основная часть случаев рассматриваемого ОЯ в Пермском крае наблюдается при общем влагосодержании от 4 до 16 кг/м². При этом около половины значений количества влаги в атмосфере сконцентрировано в интервале от 4,0 до 7,9 кг/м². Таким образом, в качестве средней величины общего влагосодержания при выпадении опасного снегопада следует считать моду со значением в 7,1 кг/м². Отдельные случаи с повторяемостью 1–2 % отмечаются как при более низких (менее 3,9 кг/м²), так и при более высоких значениях (от 16,0 кг/м²) количества влаги в атмосфере.

Общее влагосодержание имеет внутригодовую изменчивость, которая согласуется с внутригодовой вариацией интенсивности очень сильного снегопада (рисунок).

В осенне-зимние месяца опасные снегопады наблюдаются при минимальных значениях влаги в атмосфере от 4,5 до 6,9 кг/м², в весенние — от 7,0 до 9,8 кг/м². Максимальные значения аналогичного распределения не имеют, но можно обозначить пиковые: с минимумом в феврале — 5,2 кг/м² и максимумом в апреле — 20,4 кг/м², а также преобладающие значения от 10,1 до 17,4 кг/м².



Интервалы общего влагосодержания в атмосфере и интенсивность опасных снегопадов за период 1979–2013 гг. в Пермском крае по месяцам

Самый широкий интервал значений влагосодержания отмечается в апреле и равняется 7,0–20,4 кг/м², самый узкий в феврале — 4,0–5,2 кг/м². Следовательно, можно сделать вывод о том, что очень сильные

снегопады, выпадающие в апреле (феврале), имеют максимальную (минимальную) интенсивность благодаря наличию высокого (низкого) содержания влаги в атмосфере.

Значение коэффициента корреляции, полученного между количеством атмосферной влаги и интенсивностью снегопада, варьируется от 0,1 до 0,7. Наибольшая теснота связи установлена между максимальной интенсивностью осадков и максимальным и средним влагосодержанием атмосферы. Эта зависимость может быть использована в качестве дополнительной характеристики при диагнозе и прогнозе максимальной интенсивности осадков опасной величины в холодный период года.

Анализ распределения общего влагосодержания в период образования опасного снегопада по территории Пермского края позволяет отметить некоторые особенности. Наименьшее среднее значение количества влаги в атмосфере, осреднённое за период 1979–2013 гг., отмечается на МС Вая, расположенной на северо-востоке региона на высоте 183 м над уровнем моря, и составляет $7,3 \text{ кг/м}^2$, наибольшее — на МС Чайковский, расположенной на крайнем юго-западе на высоте 98 м над уровнем моря, и достигает $10,0 \text{ кг/м}^2$. Территориальное распределение общего влагосодержания характеризуется уменьшением значений с юго-запада на северо-восток, что согласуется с распределением приземного поля температуры воздуха [1]. Однако, заметим, что распределение содержания влаги противоположно распределению поля осадков, так как их годовая норма в Пермском крае возрастает от 410 мм на юго-западе до 1000 мм на северо-востоке [3].

За исследуемый период очень сильный снег фиксировался на 13 МС из 25, расположенных в Пермском крае, большая часть случаев отмечалась в северной половине территории. При этом наименьшее содержание влаги в земной атмосфере составило $6,1 \text{ кг/м}^2$ и наблюдалось на МС Губаха, расположенной на востоке края на высоте 274 м над уровнем моря; наибольшее — $16,2 \text{ кг/м}^2$ на МС Гайны, расположенной на северо-западе территории на высоте 196 м над уровнем моря.

Для детального изучения территориального распределения общего влагосодержания разделим условно Пермский край на северную и южную половины. Таким образом, воображаемая линия должна пройти вблизи параллели 59°с.ш. через МС Чермоз и Губаха, оставляя их на севере. Тогда, в северной части края содержание влаги в атмосферном воздухе при выпадении снегопада опасной величины уменьшается от $16,2 \text{ кг/м}^2$ на северо-западе до $6,1 \text{ кг/м}^2$ на юго-востоке, в то время как число случаев с ОЯ, наоборот, увеличивается (от 1 случая на

МС Гайны до 6 случаев на МС Чердынь). Значит, для образования очень сильного снегопада на северо-востоке крае достаточно запасов влаги в атмосфере в интервале $6-9 \text{ кг/м}^2$. В южной половине Пермского края очень сильный снег отмечается преимущественно на востоке. Частота случаев возрастает от 1 на юге (МС Октябрьский) до 4 на севере (МС Лысьва). При этом распределение общего влагосодержания имеет аналогичное распределение: количество влаги в атмосфере возрастает с юга ($6,4 \text{ кг/м}^2$ в Октябрьском) на север ($10,5 \text{ кг/м}^2$ в Лысьве). Прослеживается общая закономерность распределения общего влагосодержания в период выпадения опасного снегопада для южной и северной половины Пермского края: ОЯ наблюдается при меньшем содержании влаги в атмосфере на МС, находящихся на большей высоте. Однако надежной обратной связи между количеством влаги и высотой местности не выявлено: величина парного коэффициента корреляции равняется $-0,28$. Если рассмотреть изменчивость связи по месяцам, то увидим некоторую неоднородность.

Обобщив полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Преобладающее значение количества влаги в атмосфере, при котором образуются снегопады опасной величины, приходится на интервал от $4,0$ до $7,9 \text{ кг/м}^2$.
2. Наиболее тесная связь наблюдается между максимальной интенсивностью опасного снегопада и максимальным и средним интегральным влагосодержанием атмосферы.
3. Максимальная (минимальная) интенсивность очень сильных снегопадов, выпадающих в апреле (феврале), отмечается при более высоком (низком) содержания влаги в атмосфере.
4. Общее влагосодержание в период выпадения очень сильного снега уменьшается с юго-запада на северо-восток.
5. Выявлено, что на МС, находящихся на большей высоте, опасный снегопад формируется при меньшем содержании влаги в атмосфере.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / под общей редакцией Тартаковского А.М. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. 124 с.
2. Иванов В.Э., Фридзон М.Б., Ессяк С.П. Радиозондирование атмосферы. Технические и метрологические аспекты разработки и применения радиозондовых измерительных средств. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. 596 с.
3. Калинин Н.А., Абзалилова Д.И., Булгакова О.Ю. Экономические показатели эффективности использования метеорологической

информации в дорожном хозяйстве Пермского края // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. 2012. Вып. 4. С. 96–103.

4. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы. Л. Гидрометеоздат. 1984. 751 с.

5. *Марченко О.Ю., Мордвинов В.И., Антохин П.Н.* Исследование долговременной изменчивости и условий формирования атмосферных осадков в бассейне реки Селенги // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25. № 12. С. 1084–1090.

6. *Островский Е.В., Фридзон М.Б.* Надежность и достоверность определения общего влагосодержания дистанционными методами при их сопоставлении с данными стандартного радиозондирования атмосферы // Научный вестник МГТУГА, 2008. № 133. С. 40–44.

7. *Amenu G.G., Kumar P.* NVAP and Reanalysis-2 global precipitable water products: Intercomparison and variability studies // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2005. Vol. 86. P. 245–256. DOI: 10.1175/BAMS-86-2-245.

8. *Saha S. and coauthors.* The NCEP Climate Forecast System Reanalysis // Bull. of the American Meteorological Society. 2010. Vol. 91. P. 1015–1050. DOI: 10.1175/2010-BAMS-3001.1.

9. *Saha S. and coauthors.* The NCEP Climate Forecast System Version 2 // Journal of Climate. 2014. Vol. 27. P. 2185–2208. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00823.1.

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION ATMOSPHERIC MOISTURE CONTENT DURING THE FORMATION OF VERY HEAVY SNOWFALL IN PERM REGION

E.V. Pischalnikova

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15, e-mail: evapopova@rambler.ru

Considered one of the major factors of formation of precipitation — the moisture content of the atmosphere. According to the factual data on semidiurnal precipitation in the cold season and CFS reanalysis data on the total moisture content of the atmosphere conducted a study to identify the characteristics of the formation of very heavy snowfall in the Perm region. Most closeness of the relationship found between the maximum intensity of precipitation and maximum and average moisture content of the atmosphere. It is shown spatial and temporal distribution of moisture and orographic effect is revealed. It was found that 47% of the total value of moisture content in the formation of natural hazard varies from 4,0 to 7,9 kg /m².

Key words: moisture content; dangerous phenomenon; very heavy snowfall; Perm region.

УДК 551.501.8

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ

А.А. Поморцева

Пермский государственный национальный исследовательский
университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: smirnova@psu.ru

В работе рассматриваются радиолокационные характеристики сильных снегопадов, и оценивается возможность использования информации ДМРЛ-С при прогнозе снегопадов с помощью гидродинамических моделей.

Ключевые слова: доплеровский радар; снегопад; гидродинамическая модель; радиолокационная отражаемость.

Изучение случаев сильных продолжительных снегопадов производилось в течение холодного периода 2012-2013 гг. (за случаи с сильными снегопадами приняты, согласно Наставлению [1], снегопады, при которых выпадает 6 мм снега и более за 24 ч и менее) с помощью ДМРЛ-С Валдай. Территория исследования представляет собой прямоугольник со сторонами 500×500 км, с центром в г. Валдай и включает в себя Новгородскую, Тверскую области и юг Ленинградской области.

За период исследования были отобраны 5 дней со снегопадами: 30 ноября, 25, 26 декабря 2012 г. и 30, 31 января 2013 гг.

При оценке значений радиолокационной отражаемости в дни со снегопадами за каждый срок радиолокационных наблюдений оценивались значения максимальной отражаемости в радиолокационном ядре радиозаха конвективных и слоистообразных облаков (РКСО), максимальная высота радиозаха РКСО (верхняя граница облачности) и определялись их координаты. При этом анализу подвергались лишь пиксеты со значениями отражаемости большие 30 dBZ, что соответствует ливневым осадкам от слабой до сильной интенсивности. В анализе использовались сроки радиолокационных наблюдений, ближайшие к середине получасового периода каждого часа для того, чтобы было возможно произвести сравнение с данными счета гидродинамической модели. Таким образом, анализировались значения отражаемости во все сроки за 17 мин и 47 мин каждого часа.

Рассмотрим радиолокационные характеристики на примере снегопада, отмечавшегося 25, 26 декабря. 25 декабря в утренние часы отмечалось прохождение фронта, вызвавшее снегопад небольшой интен-

сивности, продолжавшийся 3,5 ч. Выявлено 56 РКСО со средним значением отражаемости 32,1 dBZ.

В 10:47 UTC на территорию исследования с юго-запада вышла еще одна фронтальная система, сопровождавшаяся сильными продолжительными снегопадами. Средняя радиолокационная отражаемость в ядре РКСО составила 33,7 dBZ, причем значения отражаемости изменялись от 30 до 56 dBZ. Интенсивность снегопада достигла максимума в ночные часы, когда в период с 21 до 23 ч UTC (1-3 ч местного времени) отражаемость превысила 45 dBZ.

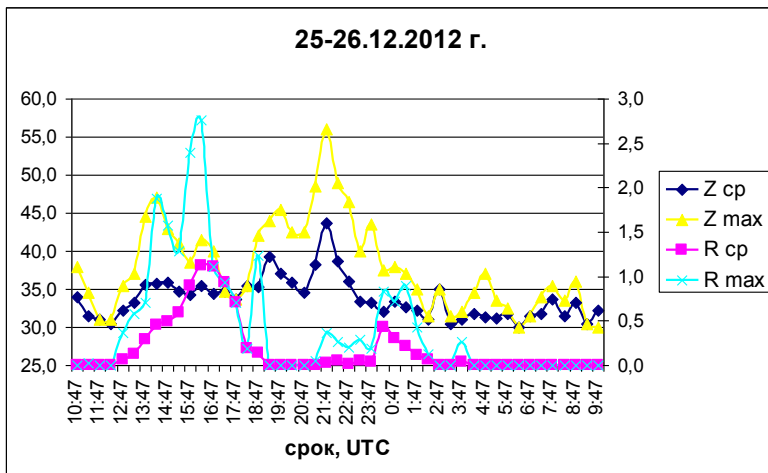
Снегопад, продолжавшийся сутки, закончился 26 декабря в 9:47 UTC.

26 декабря ночью ДМРЛ-С вновь зафиксировал выпадение осадков. Радиолокационная отражаемость в ядре РКСО превысила 30 dBZ в 20:47 UTC (134 РКСО).

В дни со снегопадами были получены данные счета гидродинамической модели WRF. За основу была взята информация ДМРЛ-С. Расчетный полигон модели был настроен на территорию зондирования ДМРЛ-С Валдай. Расчет количества твердых осадков выполнялся с заблаговременностью до 48 ч в узлы регулярной сетки 4×4 км. Результаты выводились через каждые полчаса (0 и 30 мин) и сравнивались с данными радиолокационного зондирования с информацией того часа, в течение которого по данным ДМРЛ-С отмечались РКСО с отражаемостью в ядре превышающей 30 dBZ.

Поскольку продуктом модели является накопленное количество осадков за время от начала счета модели до конкретного срока, а радиолокационная отражаемость является мгновенной характеристикой, то для получения сравнимой информации из файла результата счета модели по координатам извлекались данные о количестве осадков в сроки 0 и 30 мин каждого часа и вычислялась разность накопленного количества осадков. Полученное значение характеризует интенсивность снегопада за полчаса. Для того, чтобы перейти к стандартной размерности интенсивности (мм/ч) результат разности умножался на 2.

Снегопад 25-26 декабря 2012 г. (рисунок) характеризуется не только большой продолжительностью, но и нехарактерными для зимы метеорологическими условиями. Ночью 26 декабря, при прохождении теплого фронта, температура в регионе стала положительной, достигнув, например, в Новгороде +2°C в срок 6 UTC (10 ч местного времени). Это сказалось на результатах счета модели. При извлечении результатов моделирования количества осадков выбиралось количество твердых осадков (SnowNC), но при положительной температуре осадки моделировались как жидкие (RainNC).



Ход отражаемости и количества осадков в течение снегопада 25-26.12.2012 г.

При рассмотрении погодных условий на метеостанциях территории исследования было отмечено, что в данный срок фиксировались снег, мокрый снег и небольшой ливневый снег.

Для того, чтобы не вносить погрешность в результаты, данные этого снегопада не изменяли. Но проверка на данных снегопада, начавшегося в 20:47 UTC, показала, что в кратковременные оттепели при выпадении осадков в виде снега и мокрого снега правильнее использовать осадки RainNC.

Фактически при использовании прогностического поля RainNC расчетное количество осадков увеличилось приблизительно на 40 % и приобрело большую согласованность с данными радиолокационной отражаемости.

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлено, что ДМРЛ-С в зимний период адекватно распознает факт и интенсивность наличия снегопада.

Автор благодарит к.г.н., доцентов А.Л. Ветрова и Е.М. Связова за предоставленные данные счета гидродинамической модели WRF и обсуждение полученных результатов.

Работа выполнена в рамках государственного задания на научные исследования (проект № 271).

Библиографический список

1. Наставление по краткосрочным прогнозам общего назначения. РД 52.27.724 -2009. Обнинск: «ИГ-СОЦИН», 2009.

A RADAR STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF HEAVY SNOWFALL

A.A. Pomortceva

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street, 15,

e-mail: smirnova@psu.ru

The paper examines radar characteristics of heavy snowfall, and evaluated the possibility of using the radar data the forecast of snow using hydrodynamic models.

Key words: radar; snowfall; hydrodynamic model; radar reflectivity.

УДК 633.551.5

МОДЕЛИ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.И. Пряхина, Е.И. Ормели, А.В. Догадин²⁴

Саратовский государственный университет,

г. Саратов, ул. Астраханская, 83, e-mail: kafmeteo@sgu.ru

Научный руководитель – д.с.-х.н, профессор Пряхина С.И.

В работе рассматриваются агрометеорологические условия, приводящие к формированию высоких, нормальных и низких урожаев зерновых культур в Саратовской области. Представлена модель максимальной урожайности озимой пшеницы. Дан анализ влияния складывающихся погодных условий на прохождение ответственных фаз развития и влияния их на продуктивность озимой пшеницы. В основу выполнения работы был положен ежедневный метеорологический материал по станции Саратов НИИ ЮВ за 1981-2004 гг.

Ключевые слова: средняя месячная температура; осадки; зерновые культуры; органогенез; фазы развития зерновых культур.

Одной из основных особенностей сельского хозяйства является его зависимость от природно-климатических условий. Неблагоприятные погодные условия прямо влияют на урожайность сельскохозяйственных культур, следовательно, на издержки производства, объемы реализации продукции, размер прибыли и рентабельность. Во многих регионах России из каждых десяти лет три-пять бывают неурожайными из-за погодных условий. Колебания урожайности достигают 30-50% от средней многолетней.

По географическому положению и климатическим условиям Саратовская область является одним из основных производителей в России высококачественного зерна, в частности – сортов сильных и твердых пшениц. В связи с тем, что регион расположен в зоне рискованного земледелия и недостаточного увлажнения, сельскохозяйственное производство испытывает большие трудности в получении высоких и устойчивых урожаев. Своеобразие климата Саратовской об-

ласти состоит в его засушливости, высокой степени континентальности и большой изменчивости погоды от года к году.

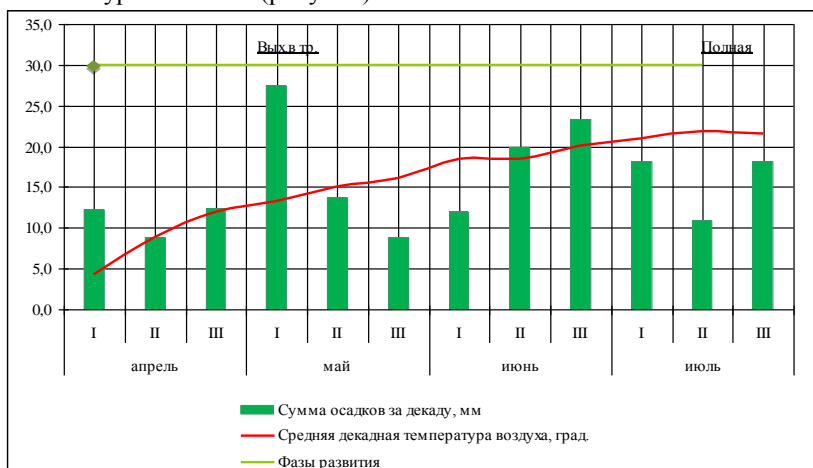
Урожайность сельскохозяйственных культур является основным фактором, который определяет объем производства продукции растениеводства. Большое влияние на урожайность оказывают культура земледелия, агротехника и технология выращивания культур, качественное выполнение всех полевых работ в сжатые сроки и другие экономические факторы. Урожайность не бывает постоянной. У каждой культуры бывают урожайные и неурожайные годы. Но самыми стабильными и высокоурожайными культурами Саратовской области являются озимые. Средняя урожайность озимой пшеницы с 1972 по 2005 г. составила 34,1 ц/га, яровой пшеницы – 15 ц/га, проса – 25 ц/га. (по данным НИИ ЮВ). Для достижения максимальной урожайности зерновых культур каждой фазе развития должны соответствовать оптимальные метеорологические условия. В ходе работы было установлено, что наиболее благоприятные условия прохождения этапов органогенеза наблюдаются у озимой пшеницы. Она хорошо переносит майскую засуху за счет весенних запасов талых вод в почве. Осадки в июне приходится на фазы: колошение – цветение – молочная спелость, что способствует высокой урожайности данной культуры.

Анализируя ход наступления фаз развития на большом ежедневном метеорологическом материале, можно выделить наиболее ответственные фазы: кущение – выход в трубку, при неблагоприятных метеорологических условиях этот период растягивается, что ведет к неравномерному созреванию зерновых культур и фаза колошение-цветение, в этот период при температуре выше 30⁰С пыльца не отлетает от пыльников и в конечном итоге урожайность снижается. [1].

В период летней вегетации озимых культур, когда идет цветение и налив зерна, реакция озимой пшеницы на агрометеорологические условия очень велика. Чем больше положительная аномалия температуры и дефицит осадков в этот период, тем хуже условия для формирования урожая. Поскольку именно совместное действие этих двух факторов вызывает быструю потерю влаги верхними слоями почвы и создают условия для большой сухости воздуха, т.е. приводят к засухам и суховеям, которые в свою очередь вызывают пожелтение, скручивание, и подсыхание листьев, повреждение цветков и щуплость зерна. Прохладная и достаточно влажная погода в этот период создает благоприятные условия для формирования урожая озимой пшеницы [2].

Оценка состояния и урожайности озимой пшеницы была проведена на ежедневных метеорологических данных по станции Саратов НИИ ЮВ (1981 – 2004 гг.). Разработаны модели максимальной и минимальной урожайности. Минимальная модель – это выборка лет с

урожаемостью менее 80%, а максимальная с урожайностью более 120% от средней многолетней. В работе представлена модель максимальной урожайности (рисунок).



Модель максимальной урожайности озимой пшеницы

Были выделены урожайные, неурожайные и нормальные годы. К урожайным были отнесены годы с урожайностью более 41 ц/га, неурожайные – менее 27 ц/га. Для построения данной модели были рассчитаны декадные температуры, осадки, коэффициент засушливости (ГТК) и продолжительность вегетационного периода.

Из рисунка видно, что для лет с высокой урожайностью характерен нормальный или пониженный ход температуры, осадки в пределах нормы (168 мм) и отмечаются два максимума, приходящие на ответственные фазы развития озимой пшеницы. Один максимум осадков приходится на фазу выход в трубку, а второй на фазу цветение-молочная спелость [1].

Агрометеорологические факторы влияют на темпы развития растений, время наступления фенологических фаз и продолжительность вегетационного периода в целом. Вегетационный период – величина непостоянная, она варьирует как в географическом разрезе, так и по годам. Продолжительность вегетационного периода и даты наступления основных фаз развития озимой пшеницы зависят от температуры, количества осадков и географической широты, обуславливающей продолжительность дня.

При жарком и засушливом лете растения развиваются в ускоренном ритме, что приводит к более быстрому созреванию зерновых культур. При прохладном и дождливом лете межфазные периоды удлиняются и созревание наступает позже обычных сроков. В связи с

этим колебание по годам продолжительности вегетационного периода может быть довольно значительным. За период с 1981 по 2004 г. продолжительность вегетационного периода изменялась от 80 (в 1981 г.) до 115 (в 2000 г.) дней. Средняя продолжительность вегетации озимой пшеницы от отрастания до полной спелости в урожайные годы составила 96 дней. Видимо при вегетационном периоде от 90 до 100 дней создаются благоприятные условия для прохождения всех этапов органогенеза и формирования высокой продуктивности озимой пшеницы [3].

Каждая модель урожайности представляет собой необходимые температурно-влажностные характеристики, разбитые подекадно, при которых формируется та или иная урожайность. Анализируя агрометеорологические условия, прохождения фаз развития и по каким моделям они проходят можно с месячной заблаговременностью оценить виды на урожай озимой пшеницы для конкретного года.

Данные модели имеют свои недостатки, но они дают возможность понять потенциальные возможности культуры в данных климатических и погодных условиях.

Библиографический список

1. *Пряхина С.И., Гужова Е.И., Смирнова М.М., Миронов А.А.* Асинхронность наступления фаз развития зерновых культур по станции Саратов ЮГО-ВОСТОК // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2014. Т.14. Вып. 1. С. 27–30.

2. *Пряхина С.И., Гужова Е.И., Смирнова М.М.* Климатические риски в сельскохозяйственном производстве и пути их преодоления // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т.12. Вып. 1. С. 35–41.

3. *Пряхина С.И.* Прогнозы, расчеты, обоснования в агрометеорологии. Учебно-методическое пособие. Саратов: ИЦ «Наука», 2014. 111 с.

OPTIMAL CROP YIELD CONDITIONS FOR WINTER GRAINS IN SARATOV REGION

S.I. Pryakhina, E.I. Ormeli, A.V. Dogadin
Saratov State University, Saratov, Astrakhanskaya Street, 83,
e-mail: kafmeteo@sgu.ru

This paper describes agricultural and meteorological conditions leading to high, normal and low grain crop yields in Saratov region. A model describing optimal conditions for maximizing winter wheat crop yield is provided. The authors analyze influence of emerging weather conditions on critical grain crops development stages and influence of such stages on winter wheat productivity. Results of this paper are based on meteorological data gathered at Saratov station of Scientific and Research Institute of Russian South-East during 1981 – 2004.

Key words: average monthly temperature; atmospheric precipitation; grain crops; organogenesis; grain crops development stages.

УДК: 551.582

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА ОСАДКОВ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.С. Селютин

241903, г. Брянск, п. Большое Полпино, ул. Молокова, 25А/1,
e-mail: selyutin.valentin@yandex.ru

Рассматриваются пространственные и сезонные особенности атмосферных осадков в Брянской области за период 1981–2010 гг.

Ключевые слова: Брянская область; климат; атмосферные осадки.

Введение

Атмосферные осадки играют важную роль в биосфере, являясь основным источником увлажнения суши, что было отмечено еще А.И. Воейковым [2]. В настоящей статье проанализирован материал по количеству осадков в Брянской области, выбранный из Курского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — мирового центра данных, а также из архива метеостанции Брянское опытное лесничество и сельскохозяйственной опытной станции Новозыбков. В работе использовались статистический, сравнительно-географический и картографический методы. Средние многолетние значения приводятся за 1981–2010 гг., а экстремальные — за весь период наблюдений.

Перечень сокращений

Брянск, агро — агрометеорологическая станция Брянск.

Брянск, оп. лес. — Брянское опытное лесничество.

П. — метеорологический пост.

Ст. — метеорологическая станция.

Результаты

Средняя многолетняя годовая сумма осадков в Брянской области (1981–2010 гг.) варьирует на разных пунктах от 530 мм (п. Новоямское) до 724 мм (ст. Брянск, оп. лес.). В целом по региону она составляет 624 мм (таблица).

Среднее месячное, сезонное (холодный и теплый периоды) и годовое количество осадков на территории Брянской области (1981–2010 гг.), мм

<i>Пункты</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Год</i>	<i>Хол.</i>	<i>Теп.</i>
Псурь	43,2	37,8	33,3	35,5	49,6	74,3	76,8	59,9	55,6	54,3	50,7	47,2	618,2	302,0	316,2
Жуковка	40,0	35,0	36,6	36,5	52,4	82,4	87,7	71,5	62,6	57,9	50,6	44,9	658,1	301,5	356,6
Клетня	49,5	40,1	41,4	40,1	54,2	79,6	87,6	68,8	67,6	59,1	55,1	53,1	696,2	338,4	357,8
Кругояр	38,7	34,9	32,9	34,5	49,0	69,1	78,8	64,9	54,5	47,4	45,3	44,8	594,8	278,5	316,3
Брянск, агро	46,3	40,8	38,3	42,9	56,6	80,4	87,0	68,7	63,2	55,9	52,9	50,4	683,4	327,5	355,9
Брянск, оп. лес.	50,0	44,0	42,3	47,1	61,8	89,3	88,5	67,2	65,7	58,9	56,3	53,0	724,1	351,6	372,5
Карачев	39,3	30,1	30,0	37,2	42,5	75,5	74,5	57,5	53,9	50,5	43,2	36,7	570,9	267,0	303,9
Красное	35,4	28,9	31,2	37,2	49,9	79,1	80,1	74,9	61,8	49,1	44,7	39,6	611,9	266,1	345,8
Глазово	39,2	34,2	34,3	35,3	52,2	69,1	73,0	65,3	57,9	48,5	47,8	40,0	596,8	279,3	317,5
Красная Гора	37,8	35,1	35,5	37,4	60,0	80,7	83,1	74,3	60,7	59,2	50,1	42,7	656,6	297,8	358,8
Сураж	35,8	38,1	30,9	34,7	48,5	60,1	68,0	64,1	53,5	47,6	50,1	47,1	578,5	284,3	294,2
Почеп	36,7	32,7	31,4	38,2	52,1	83,0	78,6	62,2	56,8	49,8	47,5	37,9	606,9	274,2	332,7
Унеча	40,3	39,5	37,1	39,9	57,5	78,5	81,3	68,4	64,4	55,8	53,9	45,6	662,2	312,1	350,1
Лопатни	40,8	38,5	35,8	38,1	52,0	67,0	75,7	68,6	60,2	50,5	51,0	46,6	624,8	301,3	323,5
Навля	41,2	35,9	31,6	37,2	43,6	74,6	76,1	51,6	54,7	45,3	42,2	42,4	576,4	275,8	300,6
Ущерье	29,4	30,3	26,3	30,9	53,3	69,2	74,3	61,8	54,7	45,0	45,1	36,2	556,5	243,2	313,3
Стародуб	41,2	42,6	35,9	41,7	59,1	77,4	87,1	67,1	61,9	54,1	55,8	46,2	670,1	317,5	352,6
Грубчевск	40,1	35,9	34,2	38,1	52,8	75,0	78,8	59,9	60,2	53,2	47,8	42,9	618,9	292,2	326,7
Погар	38,5	42,1	32,5	37,9	51,6	74,5	86,7	61,5	56,6	51,1	49,3	40,5	622,8	291,9	330,9
Радогощь	44,8	39,9	36,6	42,9	46,9	74,2	81,9	61,5	61,9	55,0	46,5	44,8	636,9	310,5	326,4
Новозыбков	43,2	37,8	36,5	40,2	58,8	79,3	80,7	71,8	63,7	53,2	52,9	49,9	668,0	313,7	354,3
Злынка	34,4	35,4	29,6	36,9	50,8	72,2	73,9	60,7	57,7	53,3	47,2	47,4	599,5	284,2	315,3
Климово	45,4	44,3	33,4	37,5	47,3	80,6	86,5	67,9	56,3	48,3	50,4	49,1	647,0	308,4	338,6
Новоямское	30,3	29,1	27,5	35,1	43,5	62,2	74,1	55,9	52,5	48,2	37,3	34,5	530,2	242,0	288,2
Чуровичи	32,5	34,6	27,8	33,4	49,7	72,5	77,4	66,7	54,8	52,5	46,3	40,2	588,4	267,3	321,1
Среднее	39,8	36,7	33,7	37,8	51,8	75,2	79,9	64,9	58,9	52,2	48,8	44,2	623,9	293,2	330,7
Минимум	29,4	28,9	26,3	30,9	42,5	60,1	68,0	51,6	52,5	45,0	37,3	34,5	530,2	242,0	288,2
Максимум	50,0	44,3	42,3	47,1	61,8	89,3	88,5	74,9	67,6	59,2	56,3	53,1	724,1	351,6	372,5

На рассматриваемой территории в течение всего года атмосферные осадки определяются в основном циклонической деятельностью, связанной с влиянием Атлантики [1, 10]. Крайний север и особенно северо-запад области лежит на такой широте, через которую чаще всего перемещаются циклоны с запада и юго-запада. К югу-юго-востоку от этой зоны западный перенос воздушных масс ослабевает [1, 5, 10]. Соответственно изменяется по территории и количество осадков, убывающая с северо-запада на юго-восток.

Плавный характер такого распределения частично нарушается влиянием подстилающей поверхности. Под действием возвышенностей происходит перераспределение осадков — рост их на наветренных

ных участках и снижение на подветренных. Над лесным массивом имеет место некоторое увеличение осадков, обусловленное возрастанием шероховатости подстилающей поверхности и в меньшей степени повышенным испарением. На побережьях крупных и средних рек и озер в теплый период из-за ослабления восходящих токов количество осадков несколько меньше, чем в удаленных от берега районах. Но в холодный сезон, пока водоемы не покроются льдом, наблюдается обратная ситуация. В условиях городской среды усиление восходящих потоков и наличие в воздухе загрязняющих веществ, действующих как ядра конденсации, теоретически должно приводить к росту осадков. Однако пока эти факторы скажутся на осадкообразовании, облака в процессе воздушного переноса могут быть вынесены за пределы города [3–11].

Наибольшее годовое количество атмосферных осадков выпадает на севере Брянской области (рис. 1).

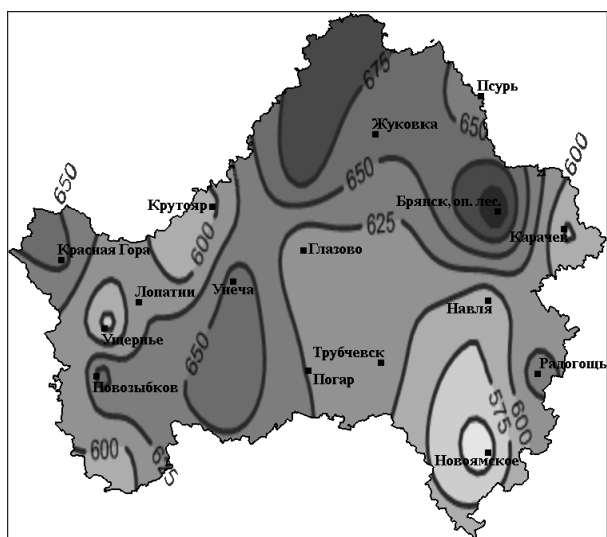


Рис. 1. Распределение годовой суммы атмосферных осадков в Брянской области (1981–2010 гг.), мм

При этом максимальная сумма осадков отмечается в полосе, прилегающей к Брянскому опытному лесничеству, что объясняется влиянием крупного лесного массива и большого города, расположенного в 7 км к западу от метеостанции. Локальные максимумы прослеживаются на крайнем западе (Красногорский район), в районе Унечского лесного

массива и Стародубской возвышенности к югу от него (Унечский и Стародубский районы), а также вблизи Новозыбка. Наименьшее количество осадков (различия в среднегодовой сумме осадков между пунктами с их количеством ≤ 600 мм и ≥ 650 мм достоверны по критерию Стьюдента на 95%-ном уровне) приходится на юго-восток территории. Локальные минимумы наблюдаются в долине реки Ипать (Суражский район, запад Клиновского и юг Гордеевского районов) и на крайних юго-западе (запад Климовского района) и востоке (Карачевский район) региона.

В течение года осадки выпадают неравномерно. Месячные их суммы имеют четко выраженный годовой ход с минимумом в феврале–марте (26–44 мм) и максимумом в июне–июле (60–89 мм) (таблица). На холодный период (октябрь–апрель) в среднем по области приходится 293 мм осадков. В эту часть года распределение осадков на рассматриваемой территории носит неоднородный характер. Лишь в самом упрощенном виде обнаруживается их снижение с северо-запада на юго-восток. Наибольшее количество осадков за холодный период выпадает на севере исследуемого региона (рис. 2).

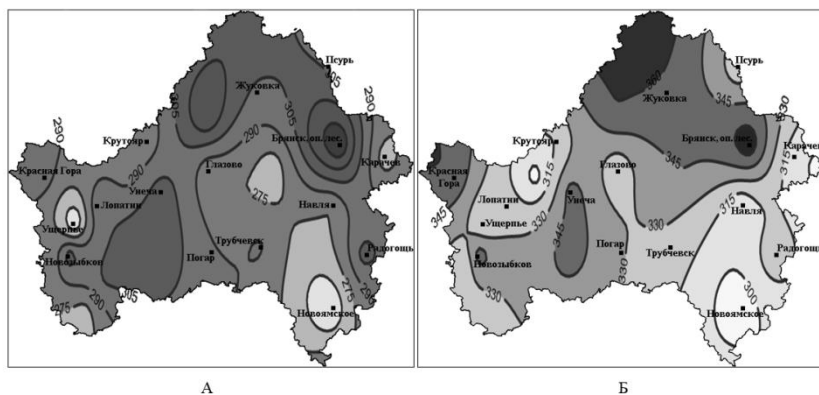


Рис. 2. Распределение осадков в холодный (А) и теплый (Б) периоды (1981–2010 гг.), мм

Вторая область повышенной увлажненности располагается в пределах Унечского лесного массива и к югу от него. Очаговые максимумы отмечены в районе Новозыбка и Радогощи. Наименьшие суммы осадков регистрируются на юго-востоке области (различия в сумме осадков холодного сезона между пунктами с их средним количеством ≤ 275 мм и ≥ 305 мм значимы по критерию Стьюдента на 95%-ном уровне). Локальные минимумы наблюдаются на крайних юго-западе и вос-

токе региона, в центральной его части и в долине реки Ипуть к югу от Суража.

Теплый период (май–сентябрь) в сравнении с холодным характеризуется не только большим количеством (в среднем по области выпадает 331 мм осадков), но и более однородным распределением осадков по территории области. Суммы осадков за май–сентябрь отчетливо уменьшаются с северо-запада на юго-восток (рис. 2). Наибольшее количество атмосферной влаги в этом сезоне выпадает на севере и западе исследуемого региона, наименьшее — на востоке и юго-востоке (различия в сумме осадков теплого периода между пунктами с их средним количеством ≤ 315 мм и ≥ 345 мм статистически достоверны на 95%-ном уровне). Локальные максимумы отмечаются в Унечском лесном массиве и к югу от него, а также вблизи Новозыбкова, минимум — в Суражском районе.

В отдельные годы в зависимости от условий атмосферной циркуляции количество выпадающих осадков может существенно отличаться от многолетних значений. Диапазон колебаний их годовых сумм в Брянской области составляет от 239 мм (п. Ущерпье, 1999 г.) до 1193 мм (п. Ущерпье, 2008 г.). В холодный период осадки варьируют от 111 мм (п. Новоямское, 1975 г.) до 601 мм (п. Псурь, 1970 г.). Осадки за май–сентябрь в значительной степени связаны с ливневыми дождями, поэтому их изменчивость особенно велика и составляет от 93 мм (ст. Навля, 1992 г.) до 732 мм (ст. Брянск, оп. лес., 1933 г.). В течение всего (или почти всего) теплого сезона сильно засушливые условия на большей части рассматриваемой территории наблюдались в 1897, 1920–1921, 1936, 1938–1939, 1963, 1972, 1975, 1992, 2002, 2010, 2014 гг., резко переувлажненные — в 1933, 1962, 1980 гг. Однако вероятность длительных сухих периодов и «гнилого» лета невелика.

Выводы

1. Пространственное распределение количества осадков в Брянской области характеризуется уменьшением с северо-запада на юго-восток. Вариации связаны с местными физико-географическими особенностями отдельных районов.

2. Во внутrigодовом распределении наблюдается преобладание осадков теплого периода. При этом годовой минимум приходится на февраль–март, а максимум на июнь–июль.

3. Области с повышенной увлажненностью формируются за счет осадков как холодного (октябрь–апрель), так и теплого сезонов (май–сентябрь), в то время как районы с пониженным увлажнением образуются вследствие дефицита влаги как в оба периода (юго-восток и восток), так и исключительно в холодный (в долине реки Ипуть к юго-

западу от Суража и на западе Климовского района) или только в теплый период (Суражский район).

Библиографический список

1. *Бабушкин А.Н.* Брянская область. Географический и историко-экономический очерк. Брянск: Брянский рабочий, 1958. 376 с.
2. *Воейков А.И.* Климаты земного шара, в особенности России. СПб: Изд. картограф. завед. А. Ильина, 1884. 672 с.
3. *Жаков С.И.* Происхождение осадков в теплое время года. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 251 с.
4. Климатические ресурсы Центрально-Черноземных, Брянской и Орловской областей. Справ. пособ. / Под ред. М. М. Ясногорской. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 80 с.
5. Климатические ресурсы центральных областей Европейской части СССР и их использование в сельскохозяйственном производстве / Под ред. И. А. Гольцберг и О. А. Дроздова. Л.: Гидрометеоздат, 1956. 311 с.
6. Климат Санкт-Петербурга и его изменения / Под ред. В. П. Мелешко и др. СПб: ГУ «Главная геофизическая обсерватория», 2010. 256 с.
7. *Кузнецова Л.П.* Роль рельефа и лесов в распределении количества осадков на равнине // Труды ГГО, 1957. Вып. 72. С. 76–91.
8. *Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Береснева И.А.* Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 245 с.
9. *Сапожникова С.А.* Микроклимат и местный климат. Л.: Гидрометеоздат, 1950. 242 с.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 28. Тамбовская, Брянская, Липецкая, Орловская, Курская, Воронежская и Белгородская области. Ч. IV. Влажность воздуха. Атмосферные осадки. Снежный покров. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 255 с.
11. *Швер Ц.А.* Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 302 с.

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE PRECIPITATION REGIME IN THE BRYANSK REGION

V.S. Selyutin

241903, Russia, Bryansk, Molokova Street, 25A/1,

e-mail: selyutin.valentin@yandex.ru

Discusses the spatial and seasonal features of precipitation in the Bryansk region for the period 1981–2010.

Key words: Bryansk region; climate; precipitation.

**ГЕОГРАФИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЧАСТОТА ОПАСНЫХ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКАХ РОССИИ ПРИ
СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА**

В.А. Семёнов

Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, 249035, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Королёва, 6,
e-mail: semven@meteo.ru

В сообщении приводятся результаты оценок территориального распределения изменений максимальных расходов и опасных наводнений в весеннее половодье и паводках, минимальных расходов воды в межень и экстремальных маловодий на реках России при современных изменениях климата.

Ключевые слова: максимальные и минимальные расходы воды; половодье; межень; наводнение; маловодье.

Современным изменениям климата на территории России характерно увеличение его экстремальности, региональными гидрологическими последствиями которой являются рост частоты опасных наводнений во время весенних половодий, при дождевых и снегодождевых паводках. Гидрологической основой большинства наводнений являются максимальные расходы воды и ледовые заторы на реках. Кроме того, изменения климата обуславливают увеличение частоты на реках маловодий при экстремально низкой межени. Основываясь на материалах наблюдений Росгидромета на 85 реках с наиболее нарушенной хозяйственной деятельностью гидрологическим режимом за 1985–2010 гг., созданной в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» базы ежегодных сведений об опасных гидрологических явлениях на реках с подтвержденным ущербом за 1991–2010 гг. и результатах трендового анализа, в докладе приведены территориальные и временные оценки изменений стока воды в периоды половодья и низкой межени, максимальных и минимальных расходов воды, направленности и частоты наводнений и экстремальных маловодий на реках территории России.

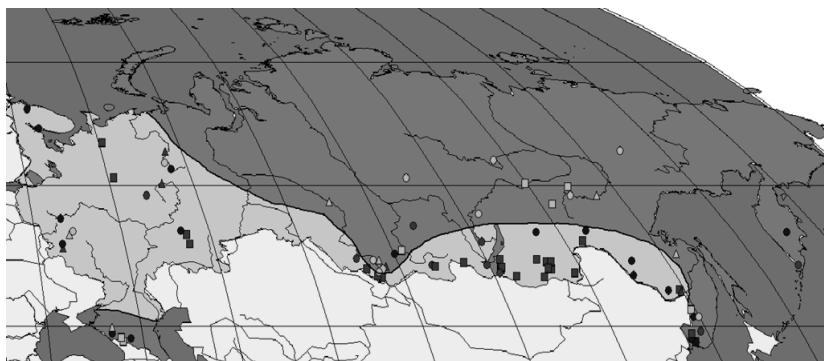
Для сравнимости результатов при оценке изменений стока за периоды половодья использованы суммы среднемесячных величин стока за апрель-май или май-июнь в зависимости от широтного расположения бассейна. Максимальные и минимальные расходы воды определялись по наибольшим и наименьшим за год величинам расходов воды. Низкая межень оценивалась по наименьшей в летне-осенний период года величине месячного стока.

Изменения стока половодья и максимальных расходов воды, частоты опасных наводнений. Трендовый анализ данных наблюдений на гидрологических постах рек России за период 80-х годов XX и начало XXI столетий свидетельствуют о том, что последствия изменений климата не однозначно сказались на изменениях стока половодья, максимальных расходов воды и на частоте опасных наводнений в разных климатических поясах и регионах.

Например, выполненные раньше оценки изменения стока за период весеннего половодья (апрель–май) на реках бассейна Амура и Приморья в период 1951–1985 гг. в большинстве случаев были положительными, а в стоке части рек изменений не было [2, 3]. В последующий период (1985–2010 гг.) тенденции увеличения стока в период весеннего половодья сохранились и даже усилились (рр. Уссури, Большая Бира, Раздольная и др.). В периоды летне-осеннего половодья, которое характерно для рек муссонного климата, до 2010 года, наоборот, преобладали отрицательные тенденции изменений. Для изменений дождевого и снегодождевого паводочного стока рек бассейна Амура и Приморья в период 1951–1985 гг. были характерны различия, обусловленные влиянием орографии местности, но преобладали отрицательные изменения или их отсутствие (рр. Зeya, Бурея, Шилка). Положительные изменения в Приморье наблюдались на реках с восточной ориентацией бассейнов на склонах хр. Сихотэ-Алинь (рр. Самарга, Рудная, Черемуховая и др.), наиболее доступных муссонным дождям, а в бассейне Амура – наоборот, северо-западным районам (р. Уркан). В 80-х годах прослеживалась тенденция увеличения положительных изменений паводочного стока, которая сохранилась в первом десятилетии текущего столетия. Но в 2013 г., в результате выпадения интенсивных дождей, охвативших весь бассейн Амура, продолжавшихся около двух месяцев, наивысшие уровни воды на участке Среднего и Нижнего Амура длиной более 1000 км превысили исторические максимумы за более чем столетний период гидрологических наблюдений на 0,40–2,11 м [1]. На пике половодья у Хабаровска сформировался выдающийся максимальный расход воды 46 тыс.м³/с, повторяемость которого оценивается как один раз в 200–250 лет.

На реках Сибири, в Субарктическом и Субполярном поясах и средних широтах, в период 1985–2010 гг. в изменениях стока весеннего половодья и максимальных расходов преобладали положительные тенденции, а в южных, равнинных районах преобладало их уменьшение (рисунок). Уменьшения особенно были выражены в Забайкалье. В горных районах бассейна Верхнего Енисея преобладало отсутствие изменений в стоке половодья и максимального стока, а в горных рай-

онах Западной Сибири (бассейн Верхней Оби) в изменениях максимального стока средних рек преобладали положительные тенденции.



Изменения максимальных расходов воды на реках России за 1985–2010 гг.
(тёмный фон-увеличение стока, светлый фон-уменьшение стока)

На реках европейской территории преобладало уменьшение или отсутствие изменений в стоке половодья и уменьшение максимальных расходов воды. Данные наблюдений редкой сети гидрологических постов на реках, формирующих сток в высокогорном поясе Алтая и Саян, показывают, что их максимальный сток в последние 20–30 лет преимущественно уменьшался, а на больших реках, формирующих сток во всех или в нескольких высотных поясах, он увеличивался. Для горных рек Северного Кавказа и Камчатки было характерно увеличение максимальных расходов воды.

Территориально-временные оценки изменений опасных наводнений, их взаимосвязи с опасными осадками и климатическими факторами показали, что районами увеличения частоты опасных наводнений являются: территория Дальневосточной климатической области с наиболее выраженным повышением частоты и продолжительности опасных наводнений в периоды весенних и летне-осенних половодий, дождей и снегодождевых паводков, особенно в бассейне р. Амур; горная климатическая область Сибири (Алтай, Саяны) с увеличением частоты опасных наводнений при весеннем и весенне-летнем половодье, летних дождевых паводках; Северный Кавказ и Закавказье (российская часть Причерноморья) с увеличением частоты наводнений при высоких дождевых и снегодождевых паводках; Уральская климатическая область с наводнениями в период весеннего половодья и летних дождевых паводков преимущественно на реках Южного Урала, Предура-

ля и Зауралья; Северная климатическая область с наводнениями в период весеннего половодья, при заторных наводнениях [4].

Анализ генезиса опасных наводнений показал, что в последние годы наибольшую опасность представляют наводнения, обусловленные продолжительными дождями и кратковременными интенсивными ливнями. В субарктических районах и средних широтах азиатской территории, частота опасных наводнений возрастает также от ледовых заторов. В горных районах при современном потеплении увеличению частоты наводнений способствует возрастание площади одновременного снеготаяния и выпадения опасных дождей одновременно на нескольких высотных поясах, что приводит к увеличению максимального стока и высоте наводнения на больших реках. В бассейнах рек Северного Кавказа и Причерноморья в рассматриваемый период происходило также увеличение частоты опасных дождевых паводков и селевых потоков, обусловленных увеличением частоты опасных осадков и прорывом моренных озёр.

К увеличению опасности наводнений приводят изменения атмосферной циркуляции (с зональной на меридиональную), обуславливающие выпадение очень большого количества атмосферных осадков за продолжительный период времени (например, в бассейне Амура в 2013 г., Вехней Оби и Колымы в 2014 г, Средней и Нижней Оби в 2015 г.).

Изменения минимального стока воды и экстремальных маловодий рек в летне-осеннюю межень. Направленность изменения месячного минимального стока за периоды летне-осенней межени и минимального суточного стока зависит от широтного положения бассейна реки и региона. На реках Дальнего Востока низкий сток в летне-осеннюю межень с начала XXI века наблюдался во всём бассейне Амура (рр. Шилка, Бира и др.), в Южном Приморье (р. Уссури), а в северных районах – в бассейне р. Колымы. На реках Якутии, наоборот, происходило увеличение стока в летне-осенний период. В изменениях меженного стока рек Камчатки преобладали тенденции уменьшения.

На реках Восточной Сибири, в Забайкалье, происходило уменьшение меженного стока, в бассейне Верхнего Енисея изменения были не существенные, а в северных районах (Подкаменная Тунгуска) изменения стока летней межени были положительными.

На реках юга Западной Сибири преобладали слабые отрицательные изменения (р. Бия) или отсутствие изменений стока в летне-осеннюю межень, а в стоке реки Катунь, были не существенные положительные изменения. На реках Урала были отрицательные изменения стока летне-осенней межени.

В изменениях минимальных летних расходов воды почти на всей европейской территории, кроме некоторых рек Северного Кавказа и Кольского полуострова, преобладали отрицательные тенденции, а на реках азиатской территории, уменьшение минимального летне-осеннего стока было на реках южных районов Сибири (Забайкалье, бассейн Иртыша), Дальнего Востока (бассейн Амура, реки Приморья) и Камчатки.

В зимний период преобладало увеличение минимального стока, особенно на реках высоких и средних широт азиатской территории, но уменьшение на реках южных районов, особенно Забайкалья, некоторых реках юга Западной Сибири, Приморья. На всей европейской территории России, наоборот, преобладало увеличение минимального стока или отсутствие его изменений.

За 20-летний период (1991–2010 гг.) на реках России было зафиксировано 112 экстремальных маловодий с учённым ущербом подразделением Росгидромета, из них в период 1991–1995 гг. – 8, 1996–2000 гг. – 9, 2001–2005 гг. – 51, а за 2006–2010 гг. – 44. Маловодья бывают преимущественно в южной части азиатской территории (юг Западной Сибири, Забайкалье, бассейн р. Амур, реки Камчатки), но в последние годы бывают также на средних широтах Сибири и Дальнего Востока. Наметилась тенденция увеличения повторяемости маловодий в первом десятилетии XXI века и на реках некоторых районов европейской территории России. Наибольшее увеличение частоты маловодий произошло на реках равнинных территорий Южного Федерального округа и Поволжья (Адыгея, Астраханская, Самарская, Саратовская области). В 2010 году продолжительное маловодье было также на реках Предуралья (Удмуртия, Татарстан, Кировская область), бассейна р. Дон. Рост их частоты объясняется увеличением континентальности климата, выражающееся в сезонном перераспределении и уменьшении осадков, в том числе за период зимнего снегонакопления, возрастанием продолжительности бездождевых периодов не только летом, но и весной, а на Дальнем Востоке и осенью.

Одной из причин более частой повторяемости в последние годы погодных ситуаций, способствующих маловодьям, является наблюдающаяся смена направлений атмосферной циркуляции, сопровождающаяся поступлением тёплых воздушных масс с юга.

Выводы. Наиболее опасными гидрологическими последствиями современных изменений климата на территории России являются увеличения частоты и продолжительности опасных наводнений на реках азиатской территории, Северного Кавказа и Причерноморья, а

также экстремальных маловодий в летнюю межень на реках южных районов.

Районами наиболее чувствительными к изменениям климата по опасности наводнений разного генезиса и маловодий рек являются: Дальневосточное Приморье и бассейн р. Амур, Забайкалье, бассейн Верхней Оби на юге Западной Сибири и горы Алтая, Урал, Предуралье и Зауралье, а по опасности наводнений при паводках и селевых потоков – Северный Кавказ и Причерноморье, по затороопасным наводнениям – северные районы Сибири и европейской территории России.

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества и Российского фонда фундаментальных исследований, проект №13-05-41172.

Библиографический список

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с.
2. Колосова Н.А. Естественно-климатические изменения стока за периоды дождевых паводков и половодий на реках юга Дальнего Востока // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1994. Выпуск 156. С.86-96.
3. Семенов В.А., Алексеева А.К. Региональные особенности климатических изменений стока рек СССР // Метеорология и гидрология. 1989. №9. С.91-97.
4. Семёнов В.А. Риски повторяемости и метеорологическая обусловленность опасных наводнений на реках России // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. Выпуск 176. С.313-325.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND FREQUENCY OF HYDROLOGICAL HAZARDS ON THE RUSSIAN RIVERS UNDER CURRENT CLIMATE CHANGE

V.A. Semyonov

All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Centre,
249035, Kaluga Region, Obninsk, Korolyov Street, e-mail: semven@meteo.ru

The message contains estimates of territorial distribution of changes in maximum discharge rates and hazardous floods in spring, minimum discharge rates in low-water periods and extreme low-water levels on Russian rivers under current climate change.

Key words: maximum and minimum discharge rates; high water; low water; flood.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД АЛТАЙСКОГО КРАЯ

С.С. Семикина, П.В. Сотников

Алтайский государственный университет,
656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61, e-mail: swetik315@mail.ru

В данной статье рассмотрена актуальная на сегодняшний день проблема качества питьевых подземных вод, являющаяся одной из важнейших, а для большинства районов региона и единственным источником водоснабжения. Основное внимание в работе акцентировано на выявление площади распространения подземных вод с повышенной минерализацией в пределах границ Алтайского края.

Ключевые слова: подземные воды; качество питьевых подземных вод; повышенная минерализация; химический анализ; сухой остаток.

Подземные воды, часть водных ресурсов, ценнейшее полезное ископаемое. Степень использования подземных вод для хозяйственно-питьевого применения достаточно велика. В Алтайском крае подземные воды являются одним из важнейших, а для большинства районов единственным источником водоснабжения. Важным фактором для хозяйственно-питьевого использования подземных вод является качество, пригодность к использованию и соответствие СанПиН 2.1.4.1074-01.

Состав растворенных в подземных водах природных соединений определяется, прежде всего, составом литосферы и распространенностью отдельных составляющих ее элементов. Распространенность и содержание минеральных веществ в подземных водах различны, в связи с чем среди них выделяются макро- и микрокомпоненты.

Макрокомпоненты определяют химический тип воды, ее общую минерализацию (сухой остаток) и название по общему химическому составу. Микрокомпоненты содержатся в подземных водах, как правило, в незначительных количествах. Иногда их концентрация достигает количеств, соизмеримых с макрокомпонентами. В этом случае они входят в формулу химического состава воды, определяя ее общий химический тип. Многие микрокомпоненты должны обязательно определяться в пресной питьевой воде в соответствии с СанПиНом [4].

Химический состав подземных вод представляет собой достаточно сложные многокомпонентные гидрохимические системы. В настоящее время в пресных маломинерализованных подземных водах в различных концентрациях обнаруживают около 80 химических элементов. В них содержатся так же различные органические вещества, газы и микрофлора [5].

Геохимические свойства подземных вод оказывают прямое биохимическое воздействие на организм человека и его физиологические функции. Некоторые подземные воды содержат весьма большое число

элементов, которые в высоких концентрациях могут оказывать токсическое воздействие на организм человека. При этом важно знать, что биохимическое значение имеет не только избыток какого-либо элемента, но и его недостаток. Приведем некоторые примеры влияния химического состава подземных вод из проявления некоторых заболеваний человека.

Высокие концентрации фтора в питьевых водах приводят к заболеванию человека флюорозом, а его низкие концентрации – кариесом. Высокие концентрации нитрата способствуют заболеванию детей болезнью крови. Высокие концентрации мышьяка, ртути и селена приводят к различному роду заболеваниям и отравлениям. Бериллий, кадмий, цинк, свинец в высоких концентрациях канцерогены. В то же время недостаток йода в питьевых водах вызывает эндемический зоб [4]. Избыток бора оказывает воздействие на паренхиматозные органы и гонады человека, вызывая снижение репродуктивной функции у мужчин, раздражение желудочно-кишечного тракта, хроническую интоксикацию [6]. Вода с повышенным содержанием минеральных солей непригодна для питья, так как имеет соленый или горько-солёный вкус, а ее употребление в зависимости от состава солей приводит к неблагоприятным физиологическим изменениям в организме [8].

Этот список может быть продолжен, но главное здесь в том, что по каждому виду элементов существуют оптимальные концентрации, которые способствуют нормальной регуляции функций организма выше и ниже которой происходит нарушение этих функций с возникновением различных заболеваний человека.

С целью решения поставленных задач был проведен статический анализ и обработка результатов полного химического анализа эксплуатируемых водоносных горизонтов в хозяйственно-питьевых целях. Всего обработано более 50 химических анализов подземных вод.

Анализ проб выполнялся в аккредитованных лабораториях: ТНИИКиФ и Центре гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае (ЦГЭ). Так же использовались многолетние работы ОАО «Алтайская гидрогеологическая экспедиция» по доизучению и разведке подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, и данные службы мониторинга.

Исследуемые подземные воды на территории Алтайского края залегают в палеозойских образованиях, к выветрелой зоне которых приурочены трещинные воды, в мезозойских и кайнозойских образованиях осадочного чехла, представляющие слоистую толщу песчано-глинистых отложений, содержащих пластовые воды, образующие водонапорную систему в различной степени изолированных водоносных горизонтов.

При анализе данных химического состава подземных вод были выявлены превышения предельно допустимых концентраций железа общего, жесткости, бора, сухого остаток. По СанПиНу относящиеся к

санитарно-токсикологическому и органолептическому признаку вредности, по классу опасности, относящиеся ко 2-му и 3-му.

В хозяйственно-питьевом водоснабжении используют подземные воды с сухим остатком до 1 мг/дм^3 и по согласованию с санитарными органами до $1,5 \text{ мг/дм}^3$; однако при смешивании с поверхностными водами и при разбавлении маломинерализованными водами могут также использоваться воды с сухим остатком от 1 до 8 мг/дм^3 [7]. Сухой остаток – это общее содержание растворенных твердых веществ в воде, он дает представление о степени минерализации воды. Основными ионами, определяющими сухой остаток, являются карбонаты, бикарбонаты, хлориды, сульфаты, нитраты, натрий, калий, кальций, магний. Данный показатель влияет на привкус, жесткость, коррозирующие свойства и тенденция к накипеобразованию. Сухой остаток исследуемых подземных вод изменяется в пределах $0,09 - 4,92 \text{ мг/дм}^3$, при среднем значении $1,25 \text{ мг/дм}^3$. Площадь распространения минерализованных подземных вод отображена на рисунке.

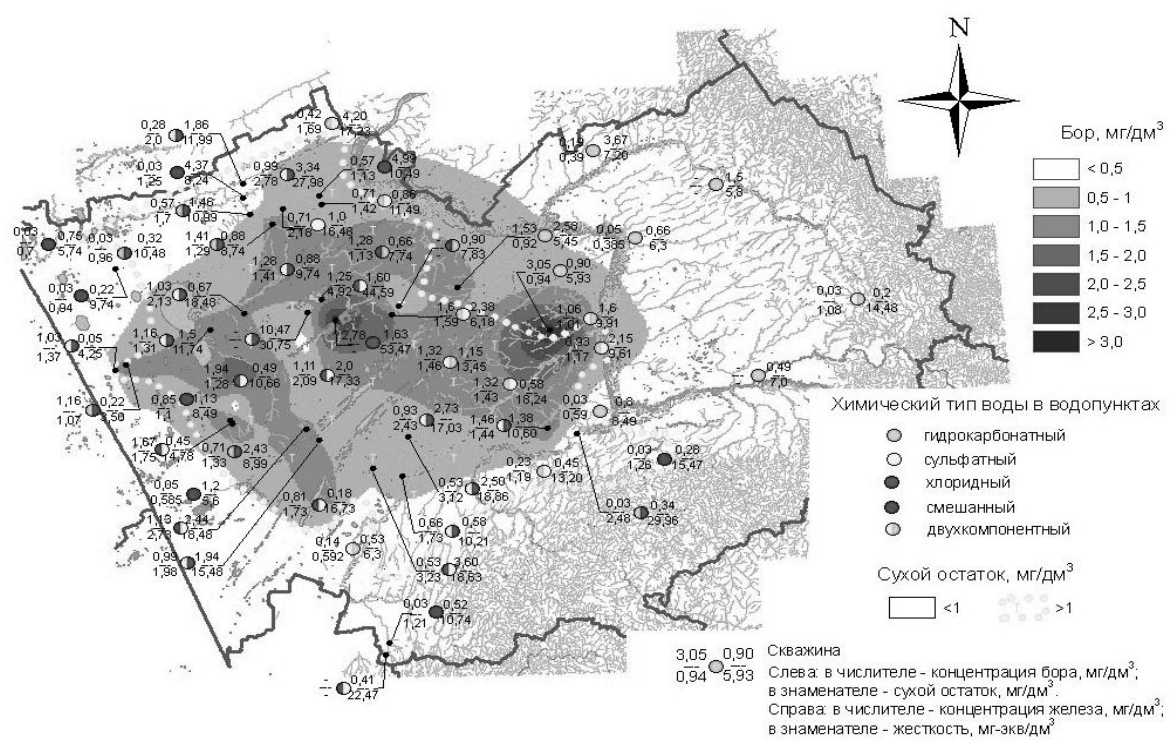
Важной частью оценки качества подземных вод хозяйственно-питьевого назначения является установление их жесткости. Термин жесткость определяет свойства, которые придают воде растворенные в ней соединения кальция и магния. По данным химических анализов жесткость изменяется в пределах $3,5 - 53,47 \text{ мг-экв./дм}^3$, при среднем значении $13,64 \text{ мг-экв./дм}^3$. Санитарной нормой общей жесткости является $7,0 \text{ мг-экв./дм}^3$ (рисунок).

Широко распространено в подземных водах и железо. Этот элемент осложняет решение проблемы водоснабжения во многих районах, предавая воде специфические органолептические свойства. В исследуемых пробах железо изменяется в пределах $0,05 - 10,47 \text{ мг/дм}^3$, при среднем значении $1,55 \text{ мг/дм}^3$, что превышает санитарно-эпидемиологические нормы $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Железо относят к органолептическому признаку вредности с классом опасности 3 (рисунок).

Содержание бора в исследуемых водах изменяется в пределах $0,03 - 3,05 \text{ мг/дм}^3$, при среднем значении $0,65 \text{ мг/дм}^3$, что также превышает установленную норму $< 0,5 \text{ мг/дм}^3$. Бор относится к санитарно-токсикологическому признаку вредности со вторым классом опасности.

Химический состав подземных вод на территории Алтайского края различен, как по типу, так и по количеству содержания макро- и микрокомпонентов. По содержанию микрокомпонентов выделяется степная часть Алтайского края, приуроченная к Кулундинско-Барнаульскому артезианскому бассейну, концентрации которых превышает предельно допустимые.

Сложен бассейн морскими и континентальными литологически неоднородными мезо-кайнозойскими отложениями, мощность которых увеличивается с востока на запад, где достигает 1000 м и более [3].



Распространение химических элементов превышающие ПДК

Повышенные содержания в подземных водах железа, бора, повышение жесткости и сухого остатка Западно-Сибирского артезианского бассейна имеют природный генезис. Накопление происходит за счет затрудненного водообмена, затрудненного условия питания и более длительного времени взаимодействия с водовмещающими породами. Объясняются эти факторы наличием в кровле водоносных горизонтов глин значительной мощности и загипсованных глин.

Подземные воды, не отвечающие санитарно-эпидемиологическим нормам, требуют особого внимания, принятия особых мер при использовании в хозяйственно-питьевом назначении, с целью охраны здоровья граждан.

Библиографический список:

1. Данные службы мониторинга за подземными водами ОАО «АГГЭ».
2. *Дементьева Е.В.* Отчет о результатах работ по объекту: Писково-оценочные работы на подземные воды для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения районного центра с. Тюменцево Алтайского края. Алтайская ГГЭ. Боровиха. 2013. Алтайский филиал «ТФГИ СФО».
3. *Кузнецова М.А., Постникова О.В.* Гидрогеология СССР. Том XVII. Кемеровская область и Алтайский край. Западно-Сибирское геологическое управление. М., Недра, 1972.
4. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Гидрогеохимия: Учебник для вузов. М.: Недра, 1992.
5. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987.
6. *Посохов Е.В.* Формирование химического состава подземных вод. Ленинград, 1969.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Качество воды. Москва, 2001.
8. Химические показатели воды // Биофацл. Научно информационный журнал. URL: <http://biofile.ru/bio/11222.html>.

PECULIAR PROPERTIES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE GROUNDWATER OF THE ALTAI REGION

S.S. Semikina, P.V. Sotnikov
Altai State University, 656049, Barnaul, Lenin Avenue., 61,
e-mail: swetik315@mail.ru

This article is about one of the important problems for most of regions and territories nowadays: the quality of drinking underground water is one of the most important, but for most areas of the region and the only source of water supply. The main idea of this article to identify the area of distribution of underground water with high content of mineralization within the borders of the Altai Territory.

Key words: underground water; quality of drinking underground water; increased mineralization; chemical analysis; the dry residue.

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ТРЕНДАМИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И ВОЗДУХА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРО- ВОСТОКЕ РОССИИ

Ю.В. Сточкуте, Л.Н. Василевская, О.А. Шкаберда

Дальневосточный федеральный университет,

690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: julias76@mail.ru

Научный руководитель - к.г.н., доцент кафедры океанологии и гидрометеорологии ДВФУ Василевская Л.Н.

В сообщении рассматриваются особенности изменения сезонных температур почвы на глубинах от 20 до 240 см и температуры воздуха по данным 4 метеорологических станций крайнего северо-востока России за период 1963-2010 гг. По коэффициенту K , представляющему отношение трендов температуры почвы к трендам температуры воздуха, производится оценка чувствительности криолитозоны к потеплению. Наибольшие темпы потепления климата, за исключением южного побережья, отмечаются в весенне-летний период. На южном побережье температура воздуха в течение года повышается равномерно. Температура почвы на исследуемой территории однозначно повышается вслед за потеплением климата. Показано, что в зимний период криолитозона наиболее чувствительна к современному потеплению климата.

Ключевые слова: криолитозона; сезонные тренды температур почвы и воздуха; потепление климата.

Во Втором оценочном докладе Росгидромета, 2014 [2] представлены современные данные о состоянии и динамике мерзлоты в различных регионах и криогенных ландшафтах России. Многолетняя мерзлота рассматривается как криогенный ресурс современной экономики, который подлежит всестороннему изучению, использованию и охране. По данным [3] на севере России возникли тенденции к современному повышению температуры самых верхних горизонтов мерзлых пород вслед за потеплением климата. По мнению Павлова А.В. [4], относительно устойчивым показателем временных мерзлотно-климатических изменений является соотношение между трендами изменений температуры почвы и воздуха. Для крупных северных регионов им установлены эти соотношения для среднегодового масштаба.

Целью настоящей работы явилось изучение трендов сезонной и среднегодовой температуры почвы на различных глубинах (от 20 до 240 см) в сравнении с трендами температуры воздуха. Исследование проводилось для территории крайнего северо-востока России по материалам наблюдений за температурами воздуха и почвы на 4-х метеорологических станциях Островное, Омолон, Марково, Магадан (рис.1).

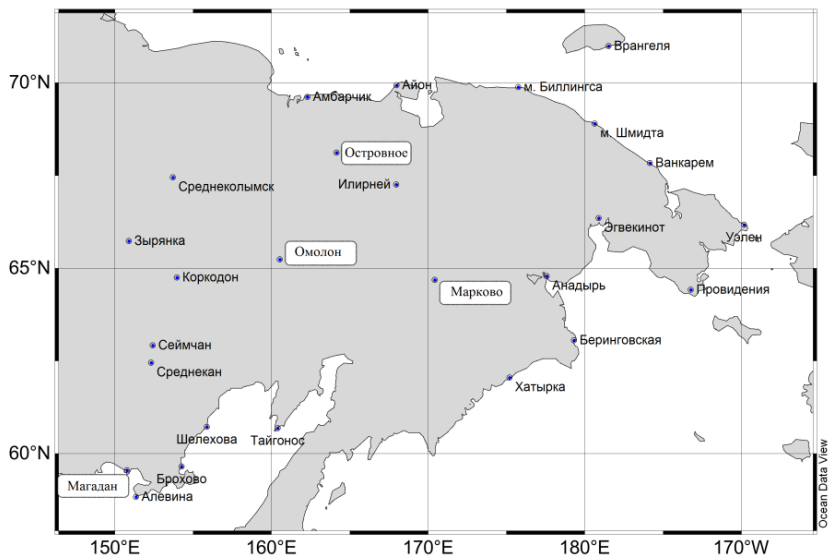


Рис. 1. Схема расположения метеорологических станций

Начало наблюдений за температурой почвы на станциях неодинаково, поэтому временные ряды температуры воздуха соответствуют этим периодам. Информационной базой для выполнения поставленной цели явились сведения о приземной температуре воздуха и температуре почвы на глубинах 20, 40, 80, 120, 160 и 240 см в Магадане и Маркове за 1963–2010 гг., в Островном – за 1977 – 2010 гг. и в Омолоне – за 1988 – 2010 гг. Под сезонной в работе понимается температура, осредненная за три календарных месяца. Оценка современной динамики климата и криолитозоны проведена с помощью коэффициентов линейных трендов значений температуры воздуха ($atв$) и почвы ($атп$) и соотношения между ними $K=атп/атв$. Достоверность трендов оценивалась по коэффициенту детерминации (R^2) на 1 и 5% уровнях значимости.

Исследуемая территория северо-восточной окраины Азиатского материка омывается морями Ледовитого и Тихого океанов и представляет собой обширную страну с очень сложным рельефом – от горных хребтов с вершинами высотой более 2500 м до низин, слабо приподнятых над уровнем моря. Преобладающими являются горы средней высоты и плоскогорья. Равнины и низменности, располагающиеся в междугорных депрессиях или в узкой прибрежной полосе, занимают очень незначительное пространство. Наличие горных хребтов вызывает рез-

кую континентальность климата во внутренних районах территории, которая почти целиком расположена в области многолетней мерзлоты, лишь на юге области мерзлота имеет островной характер.

Обсуждение результатов. На самой северной станции Островное наблюдается потепление: скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет 0,79 °C/10 лет (табл.1). Наиболее значительно температура повышается в весенне-летний период, а вот осенью и зимой это повышение невелико. Следует отметить, что выявленное весенне-летнее потепление является статистически устойчивым, т.к. тренды имеют высокую степень достоверности по R^2 даже при 1% уровне значимости.

Таблица 1

Скорости изменения температуры воздуха, °C/10 лет

Станция	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Островное (1977–2010 гг.)	0,23	1,33	1,46	0,33	0,79
Омолон (1988–2010 гг.)	0,22	1,03	1,12	0,39	0,69
Марково (1963–2010 гг.)	0,36	0,65	0,73	0,39	0,35
Магадан (1963–2010 гг.)	0,29	0,34	0,34	0,42	0,36

*жирным шрифтом выделены устойчивые тренды

К югу темпы повышения среднегодовой температуры уменьшаются до 0,36 °C/10 лет. Причем, на побережье (ст. Магадан) отмечается равномерное во все календарные сезоны потепление (0,3-0,4 °C/10 лет). В континентальной части территории сохраняется выявленная на севере закономерность наибольшего потепления в весенне-летний период.

В табл.2 помещены величины линейных трендов изменения температуры почвы на разных глубинах. Температура почвы на исследуемой территории однозначно повышается вслед за потеплением климата, только на станции Омолон на глубине 20 и 160 см в отдельные сезоны определен отрицательный тренд. Каких-либо закономерностей, указывающих на преимущественное повышение температуры почвы в определенные сезоны, не выявлено. Лишь на побережье (ст. Магадан) проявляется преимущественно зимний тип повышения температуры почвы. Возможно, это связано с увеличением высоты снежного покрова в этом районе в течение исследуемого периода. Но это задача нашего дальнейшего исследования. Укажем, что и в другие сезоны температура почвы повышается с меньшей скоростью, но устойчиво, поскольку линейные тренды значимы на всех глубинах.

Таблица 2

Тенденции изменений сезонной температуры почвы на разных глубинах,
°С/10 лет (величина линейного тренда)

Глубина, см	Станция															
	Островное				Омолон				Марково				Магадан			
Сезоны	З	В	Л	О	З	В	Л	О	З	В	Л	О	З	В	Л	О
20					1,39	0,68	-0,35	0,43	0,41	0,48	0,72	0,41	0,72	0,28	0,59	0,30
40					0,51	0,66	0,17	0,22	1,03	0,13	0,79	0,86				
60	0,52	0,63	0,67	0,88												
80					1,02	0,79	0,61	0,23	0,23	0,37	0,22	0,71	0,78	0,37	0,22	0,34
120	0,08	0,99	1,61	0,00									0,71	0,42	0,16	0,39
160					0,05	-0,49	0,01	0,16	0,21	0,13	0,24	0,23	0,62	0,47	0,19	0,45
240	0,89	0,03	0,43	1,19												

Примечание: в таблице З – зима, В – весна, Л – лето, О – осень; жирным шрифтом выделены устойчивые тренды

Ранее нами было произведено районирование крайнего северо-востока России по сходству динамики температуры воздуха и в зимний период определено 4 района; изучаемые станции как раз и отражают климатические изменения в этих районах. По нашим расчетам на средней глубине верхней криолитозоны (80 см) значения K изменяются от 0,64 до 4,6 (табл. 3).

Таблица 3

Скорости изменения зимних температур воздуха ($\alpha_{\text{тв}}$) и почвы ($\alpha_{\text{тп}}$)
на глубине 80 см и их отношение (K) в различных районах

Районы	$\alpha_{\text{тв}}$	$\alpha_{\text{тп}}$	$K = \alpha_{\text{тп}} / \alpha_{\text{тв}}$
I (Островное)	0,22	1,02	4,64
II (Омолон)	0,23	0,52	2,26
III (Марково)	0,36	0,23	0,64
IV (Магадан)	0,29	0,78	2,69

По мнению [1] при значениях $K \leq 0,50$ отмечается слабая чувствительность криолитозоны, при $0,50 < K \leq 0,75$ – умеренная (средняя) чувствительность, а при $K > 0,75$ – высокая чувствительность к изменению температуры воздуха. Следовательно, криолитозона изучаемого нами региона России в зимний период чувствительна к изменениям климата.

Для обнаружения отклика криотолитозоны на сезонное потепление климата в целом по исследуемой территории были подсчитаны сезонные средние температуры почвы на всех глубинах и средняя температура воздуха по 4 станциям. Представленный на графике обобщенный по всей территории коэффициент K для всех горизонтов (рис. 2) в совокупности показывает, что наибольшая чувствительность криотолитозоны на рассматриваемой территории характерна для зимы, причем с глубиной она убывает ($K = 0,8-3,3$). Осенью тепловой режим верхнего слоя почвы до 80 см также откликается на потепление, а весной потепление климата отражается на температуре почвы только на глубине 120 см. В остальные сезоны этот показатель не так значителен ($K = 0,3-1,5$).

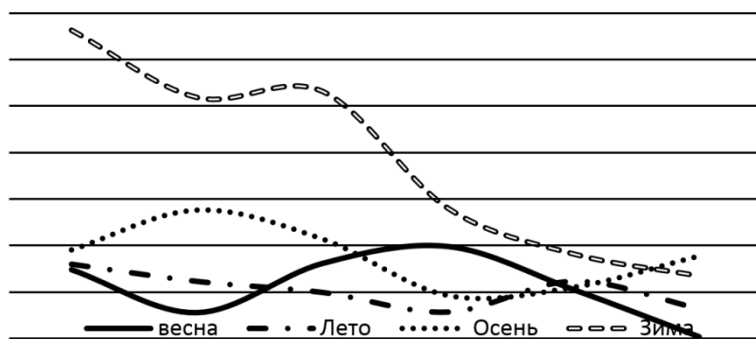


Рис. 2. Изменение среднего по территории сезонного коэффициента K на различных глубинах

Таким образом, изученные тренды изменений температуры почвы и воздуха позволили сделать вывод о том, что температура почвы на исследуемой территории однозначно повышается вслед за потеплением климата. В большинстве случаев речь идет о верхних слоях криотолитозоны до 80 см. Полученные результаты согласуются с ранее изученными данными о современном состоянии и динамике мерзлоты на севере России.

Библиографический список

1. Анисимов О.А., Анохин Ю.А., Лавров С.А., Малкова Г.В., Павлов А.В., Романовский В.А., Стрелецкий Д.А., Холодов А.Л., Шикломанов Н.И. Континентальная многолетняя мерзлота // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М., 2012. С. 301–359.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.,

2014.

URL:

http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/hm/1.htm.

3. Израэль Ю.А., Павлов А.В., Анохин Ю. А., Мяч Л.Т., Шерстюков Б.Г. Статистические оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2006. №5. С. 27–38.

4. Павлов А.В. Тренды современных изменений температуры на севере России // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 3. С. 22–27.

RELATIONSHIP BETWEEN THE TREND OF CHANGES IN SOIL AND AIR TEMPERATURE IN THE FAR NORTH-EAST OF RUSSIA

Y.V. Stochkute, L.N. Vasilevskaya, O.A. Shkaberda

Far Eastern Federal University,

690950, Vladivostok, Sukhanova Street, 8, e-mail: julias76@mail.ru

*Supervisor - Ph.D., Associate Professor, Department of Oceanology and hydrometeorology
FEFU Vasilevskaya L.N.*

In the report we review the features of the seasonal change of soil temperature at depths of 20 to 240 cm and the temperature according to the four meteorological stations in the far north-east of Russia for the period 1963-2010 y. A value of sensitivity of the cryolithozone to global warming is made by the coefficient K as the ratio of the soil temperature trends to the air temperature trends. The greatest rate of warming, with the exception of the southern coast are found in the spring and summer. On the south coast air temperature increases uniformly during the year. The soil temperature in the studied area clearly increases following global warming. It is shown that in the winter cryolithozone is the most sensitive to the current climate warming.

Key words: cryolithozone; seasonal trends of soil and air temperature; global warming.

УДК 551.501.8.:551.509.322

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Н.И. Толмачева

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: nitolmacheva@yandex.ru

Рассмотрены пульсации скорости ветра, турбулентные участки в облаках и безоблачном пространстве, интенсивность турбулентности. Показана возможность комплексного использования аэрологической и радиолокационной информации для изучения особенностей развития турбулентности в облачной среде. Выявлены зависимости характеристик турбулентности от типа облачности. Проанализированы эмпирические функции распределения ширины турбулентных слоев для облаков и безоблачного пространства.

Ключевые слова: скорость ветра, облачность, пульсации, турбулентность, эмпирическая модель.

Информация об интенсивности турбулентности, ее пространственной структуре в облаках различных форм и безоблачном пространстве важна для исследования атмосферы и прогноза погоды. Турбулентность влияет на процесс образования облаков, представляет опасность для полетов воздушных судов, ее характеристики используются в численном моделировании процессов образования осадков [1-2]. Поэтому необходимо получение информации комплексным способом, разработка методики расчета данных о турбулентности, исследование при разных погодных условиях.

Существующие эмпирические модели атмосферной турбулентности не отражают влияние облачности на турбулентный режим атмосферы. Интенсивность турбулентности в облаках значительна и изменяет структуру поля ветра и температуры в атмосфере. Облака деформируют поля основных метеорологических элементов. Тип облачности определялся по данным метеорологического радиолокатора МРЛ-5 и аэрологической станции г. Пермь. Период исследования 1996-2000 гг. и 2005-2012 гг. Данные, объединены в группы над облаками и под облаками, соответствующие тем или иным типам облачности, в группу вне облаков включены данные, полученные в тех случаях, когда облачность не наблюдалась.

Структура пульсаций скорости ветра и температуры в облаках очень неоднородна, внутри облаков наблюдаются области с повышенной турбулентностью (турбулентные зоны), где пульсации скорости ветра практически однородные. Интенсивность пульсаций скорости ветра, в турбулентных зонах может отличаться более чем на порядок. Кроме возмущенных (турбулентных зон) внутри облаков различных типов наблюдались области, в которых отсутствовала турбулентность — так называемые невозмущенные или спокойные зоны, за исключением конвективных облаков, где спокойные зоны не наблюдались. Применялось деление на спокойные и возмущенные зоны — $0,1 \text{ м/с}^{-1}$ для пульсаций скорости ветра и $0,02^\circ\text{C}$ для пульсаций температуры. Критерием для разделения спокойных и турбулентных зон служили рассчитанные для этих зон среднеквадратические пульсации горизонтальной и вертикальной компонент скорости ветра σ_u и σ_w [3]. В возмущенных зонах облаков наблюдалась и повышенная интенсивность пульсаций температуры воздуха, среднеквадратические значения температурных пульсаций превышали $0,02^\circ\text{C}$, а в спокойных зонах пульсации температуры малы. Такая методика исследования турбулентно-

сти в облачной атмосфере эффективна для исследования пространственной структуры турбулентности [4-5].

В слоистообразных облаках верхнего и среднего яруса относительная доля турбулентных зон составила 44%. Суммарная доля таких участков в волнистообразных облаках вдвое больше и составляла более 75%. В кучевообразных облаках спокойные участки отсутствовали. Над и под облаками относительная протяженность турбулентных зон чуть ниже или почти такая же, как в среднем в облаках. Для волнистообразных облаков картина другая, отношение минимально над облаками, а максимально — в облаках. Относительная протяженность турбулентных зон минимальна в безоблачном пространстве около 21%. Вне облаков значения всех параметров ниже, турбулентные зоны появляются реже [6-7].

Турбулентные зоны в облаках и безоблачном пространстве. В волнистообразных облаках протяженность таких зон в 50% случаев меньше 15 км, в 90% случаев не превосходила 20 км. Протяженности турбулентных зон в облаках других форм приблизительно такие же, только в Сu турбулентные зоны были короче, а в Сb — длиннее. Средние значения турбулентных зон в облаках всех форм и безоблачном пространстве составляли 11–16 км, но в Сs-As они короче — 3 км, а в Сb длиннее — 17 км. Турбулентные зоны в облаках оказались более протяженными, чем в над и под облаками. В 90% случаев абсолютная протяженность турбулентных зон в безоблачном пространстве, над и под облаками и не превышала 22–27 км, а в облаках — 25–40 км.

Протяженность спокойных зон в облаках и вне колеблется в широких пределах, наиболее протяженные зоны в слоистообразных облаках и внеоблачном пространстве около 30 км. Под и над облаками они в среднем короче — 18–21 км. Наиболее короткими оказались спокойные зоны в волнистообразных облаках около 9–10 км [9]. Функции распределения показали, что спокойные участки в волнистообразных облаках существенно меньше турбулентных, например, в 60% случаев не более 10 км. Слоистообразным облакам характерны более протяженные спокойные зоны, функции для подоблачного и надоблачного зон почти совпали. В волнистообразных облаках спокойные зоны более короткие, функции распределения для подоблачного и надоблачного слоев. Под облачностью в 90% случаев спокойные зоны не превышали по протяженности 20–24 км, а над — 31–36 км. Самыми протяженными оказались спокойные зоны в безоблачном пространстве, где длины отдельных зон достигали максимума.

Кривые плотности распределения имели максимум 7–19 км. В распределениях для слоистообразных облаков во фронтальной облач-

ности отмечался второй максимум 26–32 км, свидетельствующий о наличии мезомасштабной структуры в зоне фронта. Пространственную структуру турбулентности в облаках можно представить как чередование спокойных и турбулентных зон. В исследовании проведен анализ и установлены статистические параметры размеров этих зон в облаках различных форм, определена доля облачного объема.

Интенсивность турбулентности. Линейные размеры турбулентных зон зависят от порогового значения, например, увеличение порогового значения σ_u в 3 раза от $0,1 \text{ мс}^{-1}$ до $0,3 \text{ мс}^{-1}$ увеличивает медианное значение размера турбулентной зоны только на 20%. Следовательно, принятое пороговое значение для разделения спокойных и турбулентных зон позволяет представить структуру турбулентности в облаках в виде локальных и перемежаемых зон. Доля облачного объема, занимаемого возмущенной областью, сильно зависит от σ_u .

В слоистообразных облаках участки со среднеквадратическими значениями пульсаций скорости ветра, превышающими $0,4 \text{ мс}^{-1}$ редки, в волнистообразных облаках доходит до $0,5 \text{ мс}^{-1}$, а в зонах затопленной конвекции в 20% случаев превосходила $0,5 \text{ мс}^{-1}$. Таким образом, в слоистообразных облаках турбулентные зоны могут занимать от 20 до 50 % облачного объема, в 50 % случаев их слой не превышает 16 км. В волнистообразных облаках возмущенные области заполняют более 70% объема облака, а протяженность в 50% случаев не превышает 12 км.

Турбулизованность облачной атмосферы. Внутри слоистообразных облаков, над и под ними интенсивность пульсаций одинакова, средние стандартные отклонения для пульсаций скорости ветра составили $0,26\text{--}0,27 \text{ мс}^{-1}$, для пульсаций температуры $0,06\text{--}0,07^\circ\text{C}$. В волнистообразных облаках значения выросли до $0,30\text{--}0,33 \text{ мс}^{-1}$ и $0,08\text{--}0,09^\circ\text{C}$. Интенсивные пульсации наблюдались в конвективных облаках, где максимальные значения σ составили $0,46 \text{ мс}^{-1}$ и $0,15^\circ\text{C}$. Величины средних стандартных отклонений пульсаций с учетом спокойных участков разделили облака и их окрестности по степени интенсивности турбулентности.

Турбулизованность пространства вне облаков, над и под облачностью меньше, чем в облачности, следовательно, ее развитие меняло структуру турбулентных движений. Важными характеристиками турбулентности являются спектральные плотности пульсаций скорости ветра, по ним можно оценить распределение дисперсий и кинетической энергии пульсаций по волновым числам. Для расчетов использовались данные о пульсациях, полученные в слоях шириной 6 км и

более, так как в мелких слоях сложно получить статистически точные спектральные характеристики [7-8].

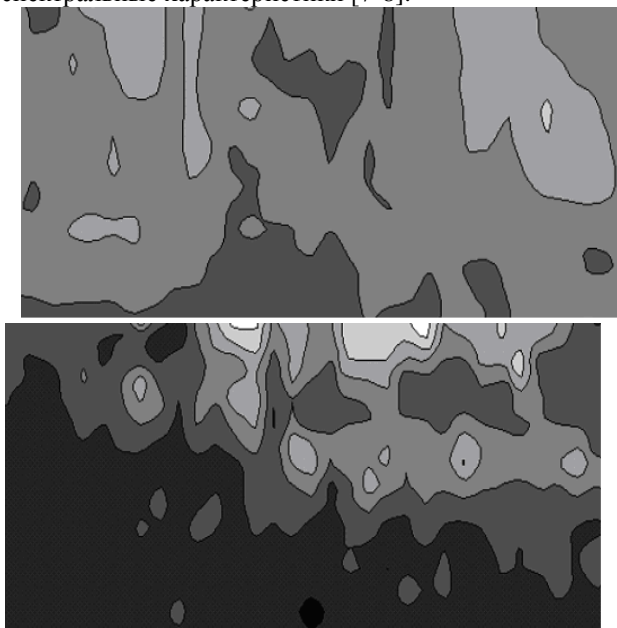


Рис. 1. Эмпирическая модель распределения среднеквадратических пульсаций скорости ветра в безоблачной и облачной атмосфере

Эмпирическая модель. В модели исследуются средние значения, распределения, сглаживающие функции пульсаций компонент скорости ветра и температуры воздуха, среднеквадратические значения пульсаций горизонтальной и вертикальной скорости ветра, ширина турбулентных, спокойных зон, спектральные плотности пульсаций скорости ветра, коэффициент турбулентности. На рис. 1 приведена эмпирическая модель распределения среднеквадратических пульсаций скорости ветра в безоблачной, облачной атмосфере.

Выводы. Во фронтальных и внутримассовых слоистообразных, волнистообразных облаках, над и под ними, вне облачном пространстве изменчивость турбулентности очень большая, это проявляется в заметном различии характеристик турбулентности. В облаках слоистообразных форм преобладает горизонтальная компонента пульсаций, а в конвективных — вертикальная.

Сильная турбулентность в облаках слоистых форм и развитие участков интенсивных осадков дополнительно исследовались по ра-

диолокационной информации. Статистические и спектральные характеристики применены в эмпирической модели. Материалы исследования могут использоваться в разработке численных моделей образования облачности [10].

Библиографический список

1. *Мазин И.П., Хргиан А.Х.* Облака и облачная атмосфера. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 648 с.
2. *Матвеев Л.Т.* Динамика облаков. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 312 с.
3. *Толмачева Н.И.* Исследование турбулентности в облачной среде // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы. Пермь, 2000. С. 26–28.
4. *Толмачева Н.И.* Объективный анализ тропопаузы над Уралом // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы. Пермь, 1997. С. 66–73.
5. *Толмачева Н.И.* Объективный анализ полей осадков по радиолокационным и станционным измерениям // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы. Пермь, 1998. С. 44–58.
6. *Толмачева Н.И.* Исследование динамики конвективной облачности по радиолокационной информации // Географический вестник. 2010. №4(15). С. 63–68.
7. *Толмачева Н.И., Ермакова Л.Н.* Восстановление метеорологических полей по спутниковым и радиолокационным изображениям облачности // Географический вестник. 2010 №1 (12). С. 61–68.
8. *Толмачева Н.И., Ермакова Л.Н.* Исследование параметров облачности и явлений по данным спутникового и радиолокационного зондирования // Географический вестник. 2011 №3 (18). С. 59–69.
9. *Толмачева Н.И., Ермакова Л.Н.* Динамика развития градовой облачности в Пермском крае // Географический вестник. 2011 №4 (19). С. 59–66.
10. *Толмачева Н.И.* Исследование условий развития конвекции в атмосфере // Географический вестник. 2012. №2 (21). С. 60–68.

RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF TURBULENCE IN ATMOSPHERE

N.I.Tolmacheva

Perm state university, 614990, Perm, Bukirev St., 15, e-mail:nitolmacheva@yandex.ru

Pulsations of speed of a wind and temperature in clouds, turbulent sites in clouds and cloudless space, intensity of turbulence are considered. Possibility of complex use of the aerologic and radar-tracking information for studying of features of development of turbulence in the cloudy environment is shown. Dependences of characteristics of turbulence on overcast type are revealed. Empirical functions of distribution of width of turbulent layers for clouds and cloudless space are analysed.

Key words: speed of a wind, overcast, pulsations, turbulence, empirical model.

УДК 551.525.(571.65, 571.5, 571.651)

СОВРЕМЕННЫЙ РЕЖИМ ОТТАИВАНИЯ ВЕРХНЕГО ГОРИЗОНТА КРИОЛИТОЗОНЫ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

А.Г. Федорова, Л.Н. Василевская

Дальневосточный федеральный университет,

690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: fag95@mail.ru

*Научный руководитель - к.г.н., доцент кафедры океанологии и
гидрометеорологии ДВФУ Василевская Л.Н.*

В сообщении приводятся результаты оценки показателей оттаивания почвы на крайнем северо-востоке России по материалам наблюдений за температурой почвогрунтов на метеорологических станциях Островное, Марково и Магадан в период с 1963 по 2010 г. Показано, что оттаивание в целом по территории начинается на 2-3 дня/за 10 лет раньше, а замерзание на 3-13 дней/за 10 лет позже в зависимости от района и глубины. Темпы увеличения продолжительности «безморозного периода» состояния почвы составляют 3-15 дней/за 10 лет.

Ключевые слова: температура почвы; оттаивание почвы; замерзание почвы.

Пространства, занятые вечной мерзлотой – это богатейшая кладовая разнообразных природных ресурсов. В ней находятся месторождения газа, нефти, угля, алмазов, золота, никеля, меди, олова. Северные районы богаты ресурсами пресной воды и леса. Именно благодаря слою сезонного оттаивания в зоне вечной мерзлоты возможно произрастание высших растений – разнообразных трав, злаков, кустарничков и даже деревьев. Изменения многолетней мерзлоты могут иметь глобальные последствия. Например, воздействие на глобальную климатическую систему обуславливает усиление эмиссии парниковых газов из многолетнемерзлых грунтов. Что и происходит последние десятилетия на фоне глобального потепления. Теоретически, это может привести к увеличению содержания этих газов в атмосфере и, как следствие, к усилению парникового эффекта. Поэтому, важной задачей человечества является сохранение многолетней мерзлоты.

Цель настоящей работы – изучение изменения продолжительности, дат начала и окончания оттаивания верхнего горизонта криолитозоны в области многолетней мерзлоты на крайнем северо-востоке России. В работе использованы материалы ежедневных наблюдений за температурой почвы 3-х метеорологических станций (Островное Марково и Магадан) на глубинах от 20 до 240 см. Период наблюдений на

станции Островное составляет 1977 – 2010 гг., в Маркове и Магадане – 1963–2010 гг. Однако, на некоторых глубинах отсутствуют наблюдения. Так, на станции Марково расчёт для глубины 40 см производился с 1986 г.; на станции Островное для глубин 20 и 60 см – с 1985 г., а для глубин 120 и 240 см – с 1977 г. За дату оттаивания почвы принимался день, когда температура почвы перешла через 0°C в сторону повышения, а за дату замерзания, наоборот, в сторону понижения. Соответственно, отрезок времени между этими датами представляет собой «безморозный период» или период сезонного оттаивания. Отметим, что в работе не учитывался тип почвы в окрестностях станций, который, несомненно, сказывается на режиме оттаивания, это тема дальнейших наших исследований.

Обсуждение результатов. На станции Островное, которая является самой северной, почва вблизи поверхности земли (20 см) в среднем начинает оттаивать 12 мая (самая ранняя дата – 1 мая, а самая поздняя – 25 мая) – таблица 1. В континентальной части исследуемой территории (станция Марково) оттаивание происходит в конце мая (раннее оттаивание зарегистрировано 6 мая, а позднее – 14 июня). На юге территории верхний слой начинает в среднем прогреваться до положительных температур, почти как на севере – 11 мая (ранняя дата – 26 апреля, а поздняя – 28 мая). Замерзать верхний слой почвы в среднем начинает на севере 3 октября, на юге – 11 ноября, а в центральной части – 17 ноября. Таким образом, верхний слой почвы на севере имеет положительную температуру в среднем в течение 144 дней (причем этот период колеблется от 135 до 163 дней); в центральной части территории – 175 дней (продолжительность изменяется от 119 до 231 дня); на юге – 177 дней (колеблется от 153 до 202 дней).

Таблица 1

Характеристики режима оттаивания почвогрунтов на разных глубинах

Глубина, см	Островное			Марково			Магадан		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*
20	12 мая	3 октября	144	25 мая	17 ноября	175	11 мая	11 ноября	177
40	–	–	–	27 мая	9 ноября	156	–	–	–
60	23 мая	10 октября	141	–	–	–	–	–	–
80	–	–	–	2 июня	3 декабря	185	06 июня	19 декабря	186
120	7 июня	23 октября	138	–	–	–	11 июня	27 декабря	180
160	–	–	–	6 июня	28 января	240	26 июня	3 января	179
240	5 июля	16 ноября	133	–	–	–	–	–	–

Примечание: 1*– дата оттаивания; 2*– дата замерзания; 3*– продолжительность сезонного оттаивания, дни

Волна тепла распространяется до глубины 160 см в течение 12 дней в центральной части территории, т.е. относительно быстро, а на юге довольно медленно – через 46 дней. По-видимому, сказывается охлаждающее влияние Охотского моря. Замерзание, которое, как правило, начинается с самого верхнего 20-ти см горизонта (исключение район станции Марково), проникает в глубину на 240 см в северном районе в среднем за 44 дня; на глубину 160 см в центральном районе – за 72, а на юге – за 53 дня. Таким образом, тепло, полученное почвой в теплый период, дольше всего сохраняется в центральной части исследуемой территории.

Помимо межгодовых колебаний приведенных выше показателей температурного состояния вечной мерзлоты нами определены тенденции их изменения (табл.2).

Таблица 2

Темпы изменения характеристик оттаивания почвы на разных глубинах, дни/10 лет

Глубина, см	Островное			Марково			Магадан		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*
20	-3,4	-1,4	2,4	-2,1	3,3	5,7	-1,8	3	4,8
40	-	-	-	1,3	5,9	4,4	-	-	-
60	-3,3	2,9	5,8	-	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-2,5	4,4	6,9	-2,3	12,8	15,1
120	-2,8	2,4	5,3	-	-	-	-2,8	1,4	15,0
160	-	-	-	2,3	-1,5	3,8	-3,5	16,1	19,6
240	-5,6	6,5	10,9	-	-	-	-	-	-

Примечание: 1*– дата оттаивания; 2*– дата замерзания; 3*– продолжительность сезонного оттаивания

Оттаивание почв повсеместно за последние десятки лет (с 1963 по 2010 г.) происходит раньше со скоростью около 2-3 дней/за 10 лет, а замерзание значительно позже – от 3 до 13 дней/за 10 лет в зависимости от глубины и района исследуемой территории. В результате этого наблюдается устойчивая тенденция увеличения продолжительности сезонного оттаивания на 3-15 дней/за 10 лет.

Таким образом, проведенный анализ ежедневных данных температурного состояния верхнего слоя криолитозоны на крайнем северо-востоке России выявил реакцию почвы на современное потепление климата. Увеличение продолжительности сезонного оттаивания, несо-

мненно, повлечет за собой изменение ландшафтов этой территории и внесет определенный вклад в эмиссию парниковых газов.

THE MODERN MODE OF THE KRIOLITOZONA' UPPER HORIZON DEFROSTING ON NORTH-EAST OF RUSSIA

A.G. Fedorova, L.N. Vasilevskaya

Far Eastern Federal University, 690950, Vladivostok, Sukhanova Street, 8,

e-mail: fag95@mail.ru

Supervisor - Ph.D., Associate Professor, Department of Oceanology and Hydrometeorology of FEFU Vasilevskaya L.N.

The report presents the results of indicators evaluation of soil thawing in the extreme North-East of Russia, which based on observational data of soil temperature at the meteorological stations Ostrovnoye, Markovo and Magadan between 1963 and 2010. It is shown that thawing begins for 2-3days/10 years earlier, and freezing for 3 to 13 days/10 years later depending on the area and depth in the whole territory. The rate of increase in the length of "frost free period" of the soil condition is increased by 3-15 days/10 years.

Key words: soil temperature; thawing of soil; freezing of soil.

УДК 551.51

**СИТУАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РОСГИДРОМЕТА И ЕГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С НАЦИОНАЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ
ПО УПРАВЛЕНИЮ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ (НЦУКС)
В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ**

А.В. Цыганков, Л.Н. Паршина

Гидрометцентр России

123242, г. Москва, Большой Предтеченский пер., 11-13,

e-mail: lopi@mecom.ru

В сообщении рассматриваются задачи, поставленные перед ситуационным центром (СЦ), основные мероприятия и функциональная структура, которая представляет собой совокупность функциональных сегментов, обеспечивающих выполнение определенных функций. Мониторинг Интернет-публикаций и материалов СМИ на предмет появления информации о неблагоприятных или опасных явлениях окружающей природной среды, об ущербе и жертвах по причине процессов, происходящих в окружающей природной среде.

Ключевые слова: ситуационный центр; оперативный мониторинг; мониторинг Интернет-публикаций; опасные явления окружающей природной среды.

Одним из современных методов повышения эффективности работы структур разных уровней являются ситуационные центры.

Приказом руководителя Росгидромета от 1 июня 2011 года № 321 на базе ФГБУ «Гидрометцентр России» создан Ситуационный центр Росги-

дромета и утверждено Положение о Ситуационном центре Росгидромета. Ситуационный центр является постоянно действующим оперативным органом и выполняет возложенные на него задачи во взаимодействии с оперативно-прогностическими органами Росгидромета. Конечной целью создания СЦ является повышение эффективности и качества управленческих решений, предотвращение и устранение кризисных и чрезвычайных ситуаций.

Основными задачами Ситуационного центра являются:

- осуществление оперативного мониторинга, обобщения и анализа экстренной информации (штормовых предупреждений (оповещений) об ожидаемых (наблюдающихся) опасных гидрометеорологических и гелиогеофизических явлениях);

- осуществление оперативного мониторинга, обобщения и анализа незамедлительно передаваемой информации о высоких и экстремально высоких уровнях загрязнения (включая радиоактивное) окружающей среды;

- координация деятельности и контроль функционирования сил и средств Росгидромета в рамках ФП РСЧС-ШТОРМ и ФП РСЧС-ЦУНАМИ.

Основными мероприятиями, проводимыми дежурной сменой Ситуационного центра, являются:

- непрерывный мониторинг экстренной информации о состоянии окружающей среды, развития возникших опасных природных явлений;

- доведения информации в соответствии со «Схемой доведения экстренной информации о состоянии окружающей среды»;

- оповещение руководителей организаций и учреждений Росгидромета, входящих в органы управления РСЧС федерального уровня об объявлении чрезвычайной ситуации (времени, месту и характеру);

- организация работ по координации сил и средств ФП РСЧС «ШТОРМ» (ФП РСЧС «ЦУНАМИ»), а также по привлечению в установленном порядке оперативных подразделений (специалистов) организаций и учреждений Росгидромета к работе в Ситуационном центре в зависимости от складывающейся ситуации;

- оперативное информационное взаимодействие с Национальным центром управления в кризисных ситуациях МЧС России, Центром управления в кризисных ситуациях Центрального федерального округа Российской Федерации, а при необходимости с оперативными подразделениями других федеральных органов исполнительной власти, имеющих функциональные подсистемы РСЧС.

Ситуационный центр – новое понятие для системы Росгидромета, хотя многие функциональные элементы, присущие современным СЦ, тра-

диционно используются (например, технологический мониторинг состояния работы основных элементов службы: наблюдения – связь – обработка данных – продукция).

Функционирование информационно-технологического оборудования дежурной смены Ситуационного центра обеспечивает ГУ «ГВЦ Росгидромета».

Функциональная структура ситуационного центра

Общее технологическое решение СЦ представляет собой совокупность функциональных сегментов, обеспечивающих выполнение определенных функций.

Сегмент визуализации

Сегмент визуализации предназначен для отображения информации от различных источников СЦ на системах отображения общего обзора (видеополе). Источниками изображений могут быть компьютеры сегмента автоматизированных рабочих мест и сегмент видеоконференцсвязи. Сегмент обеспечивает параллельное (одновременное) отображение информации от нескольких источников.

Видеополе сегмента визуализации реализована мультиэкранным комплексом с динамическим или статическим выделением полей для каждого из отображаемых изображений.

Общая конфигурация видеополя и управление потоками на него осуществляется персоналом сопровождения с центрального пульта коммутации.

Сегмент автоматизированных рабочих мест.

Сегмент автоматизированных рабочих мест представляет собой совокупность персональных компьютеров или ноутбуков, видеосигнал от которых доступен сегменту визуализации. Он предназначен для работы экспертов во время работы СЦ. Сегмент автоматизированных рабочих мест имеет подключение автоматизированных рабочих мест к локальной вычислительной сети, через которую обеспечивается доступ рабочих мест к источникам информации, включая источники информации, находящиеся вне СЦ.

Сегмент аудио/видео-конференц связи (АВКС).

Сегмент АВКС обеспечивает возможность организации конференц-связи с объектами вне СЦ. Сегмент рассчитан на конференц-связь между различными СЦ (как в Росгидромете, так и в СЦ других ведомств и организаций). Видеорежим конференц-связи в СЦ обеспечивается применением видеокamer (поворотных или статических) и возможностью направления видеопотока в сегмент визуализации. Для связи с внешними объектами сегмент АВКС использует цифровые каналы связи.

Сегмент вспомогательного оборудования

Для обеспечения работы СЦ предусмотрено использование чтения/записи изображений и звука, документ-камера для воспроизведения материалов на бумажных носителях, многофункциональные устройства печати и сканирования документов.

Сегмент диспетчеризации

Сегмент диспетчеризации обеспечивает:

- мониторинг текущей ситуации;
- выделение ситуаций, претендующих на уточнение или специальное сопровождение;
- идентификацию по времени и месту, классификацию таких ситуаций с определением в случае необходимости оперативной структуры ее уточнения или дальнейшего сопровождения;
- передачу ситуации на уточнение или сопровождение с регистрацией;
- контроль сопровождения ситуации;
- информацию для других ведомств и организаций о доступной оперативной продукции в случае их экстренного обращения;
- составление оперативного суточного отчета.

Информацией для мониторинга текущей ситуации является:

- информация Росгидромета о прогнозе и свершившихся неблагоприятных и опасных явлениях; данная информация служит для составления отчетов по неблагоприятным и опасным явлениям, заблаговременности и оправданности соответствующих предупреждений;
- запросы других ведомств и структур на требующееся сопровождение организациями Росгидромета в случаях, отличающихся от регламентного обслуживания;
- мониторинг ИНТЕРНЕТ-публикаций и материалов СМИ на предмет появления информации о Росгидромете и его организациях, о неблагоприятных или опасных явлениях окружающей природной среды, об ущербе и жертвах по причине процессов окружающей природной среды.

Сегмент выдачи продукции и связи с другими СЦ

Сегмент обеспечивает адресное и циркулярное распространение продукции СЦ Росгидромета в соответствии с регламентом и/или в случае специализированного сопровождения в чрезвычайных ситуациях, к которому привлечен Росгидромет. Распространение продукции ориентировано на предоставление информации в цифровом виде с использованием средств электронной почты и передачи информации по цифровым каналам связи.

Иерархическая структура ситуационных центров Росгидромета.

В соответствии с существующей структурой Росгидромета и сложившейся практикой организации оперативного обслуживания реализуется следующая структура СЦ Росгидромета:

- СЦ Росгидромета (Москва);
- СЦ ЦА Росгидромета;
- СЦ регионального уровня (СЦ в УГМС и в профильных НИУ, ведущих оперативное обслуживание);
- элементы оперативной связи организаций и учреждений Росгидромета (технологические элементы организации конференц-связи с СЦ различного уровня).

Все СЦ строятся с использованием типового технологического решения, что не исключает наличие СЦ с решением, отличающимся от типового (например, уже существующие СЦ – ФИАЦ).

Состояние работ по развертыванию системы СЦ Росгидромета.

В рамках Проекта модернизации и технического перевооружения организаций и учреждений Росгидромета в 2011 году реализована установка программно-аппаратных комплексов СЦ Росгидромета (Москва, ГУ «Гидрометцентр России», ГУ «ГВЦ Росгидромета»), СЦ ЦА Росгидромета (Москва, Росгидромет), СЦ регионального уровня (Ростов-на-Дону, Хабаровск, Сочи) и поставлено программное обеспечение индивидуальных средств видеоконференцсвязи (Казань, Владивосток). В 2010 году введен в эксплуатацию СЦ ФИАЦ (Обнинск, НПО «Тайфун»).

В настоящее время СЦ Росгидромета оперативно задействован в работе специалистов Росгидромета в составе НЦУКС (текущая работа, проблемы аварии на АЭС Японии, паводки весеннего периода, пожарная обстановка жаркого периода года и прочее), комплексы технических средств активно используются для организации совещаний, требующих участия специалистов из различных городов.

THE SITUATION CENTRE ROSHYDROMET AND ITS INTERACTION WITH THE NATIONAL CENTER FOR CRISIS MANAGEMENT (EMERCOM) IN ORDER TO ENSURE THE SAFETY OF THE POPULATION

A. V. Tsygankov, L. N. Parshina
 FSBI «Hydrometeorological Centre of Russia»
 123242, Moscow, Bolshoy Predtechensky Avenue, 11-13,
 e-mail: lopi@mecom.ru

The report deals with the objectives of the situational center (SC), main activities and functional structure that represents a set of functional segments that perform specific functions. The monitoring of Internet publications and media materials for the emergence of information about adverse or dangerous phenomena of the natural environment, about the damage and casualties due to the processes occurring in the environment.

Key words: situation centre; operational monitoring; monitoring of Internet publications; environmental hazards.

УДК 551.482

К ВОПРОСУ О ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЯХ НА РЕКАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ И УРАЛА

А.А. Шайдулина, З.Р. Тимерова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614000, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: adelinash89@mail.ru

Рассмотрены существующие подходы к прогнозированию горизонтальных русловых деформаций. Дана характеристика методов оценки плановых деформаций. Представлены прогнозы плановых деформаций для некоторых объектов инфраструктуры Кировской области. Дана характеристика горизонтальных русловых деформаций некоторых рек бассейна Камского водохранилища.

Ключевые слова: горизонтальные русловые деформации; русловой процесс; прогноз.

Процессы размыва и аккумуляции в руслах рек находятся в тесной зависимости от физико-географических факторов и условий на водосборе, особенно геологических, так как русловые деформации в разных по составу грунтах протекают неодинаково. Помимо этого, значительное влияние оказывает антропогенное воздействие, которое зачастую полностью меняет саму направленность русловых процессов (например, строительство берегоукреплений и бетонных стенок). Прогнозирование плановых деформаций на реках является наиболее сложной задачей, т.к. требует определения скорости смещения бровки берега; скорость же размыва определяется большим числом факторов. Также важно учитывать тип руслового процесса, который определяет метод прогноза русловых деформаций, а также, во многом, оправдываемость результатов их прогнозирования.

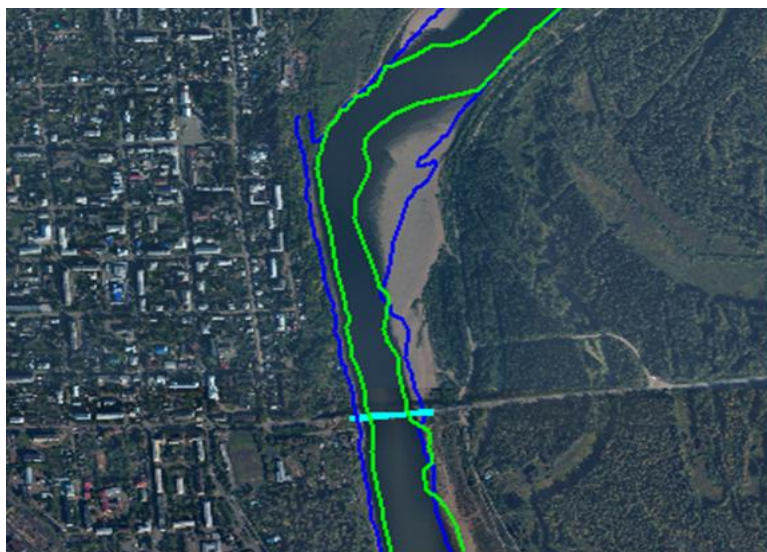
Горизонтальные русловые деформации могут представлять собой опасность для объектов инфраструктуры, населения городов, производственно-технологических комплексов. При построении гидротехнических сооружений, определений условий судоходства, построение нефтепроводов и т.п., важно учитывать способность русла менять свое положение в плане.

Наиболее широко применяемым нормативным документом при прогнозе русловых деформаций для решения практических задач в настоящее время является СТО ГУ ГГИ 08.29-2009 «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки», который является обновленным и дополненным ВСН 163-83 Миннефтегазстроя «Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов». Оба нормативных

документа основываются на гидроморфологической теории (ГМТ), разработанной в Государственном гидрологическом институте под руководством Н.Е. Кондратьева, И.В. Попова и Б.Ф. Сنيщенко. Расчеты деформаций и их прогноз выполнены по методикам, рекомендованным в этих нормативных документах.

Исследования последних лет, проведенные на р. Вятке в 2012-2013 гг., и на реках бассейна Камского водохранилища (рр. Обва, Иньва, Косьва, Яйва) в 2013-2014 гг. включали построение совмещенных планов (крупномасштабных карт и космоснимков), выполненных в 1989 и 2011 гг. (р. Вятка) и 1989 и 2013 гг. (реки бассейна Камского водохранилища). Совмещение выполнено с использованием современных геоинформационных систем MapInfo, произведено в единой системе координат WGS-84 с погрешностью не более 10 м.

В результате проведенных исследований рассчитаны скорости, и сделан прогноз развития горизонтальных деформаций русел до 2030 г (рисунок).



Совмещенные планы русла за 1989 г. (черный цвет), 2011 г. (космоснимок) и прогнозное положение русла в 2030 г. (серый цвет) в районе автодорожного моста г. Слободской, р.Вятка

В районе автодорожного моста г. Слободской, р. Вятка установлено, что размыв опор моста будет происходить и дальше: побочень у левого берега будет продолжать увеличиваться, за счет этого русло будет продолжать сужаться, скорости течения нарастать (рисунок). Единственно

реальное мероприятие по предотвращению размыв опор моста – их укрепление.

Помимо совмещенных планов и расчета средней скорости деформаций для каждой реки в целом, и по участкам в частности, на реках Камского бассейна установлены величины естественных факторов, определяющие горизонтальные русловые деформации исследуемых рек (таблица).

Природные факторы и величина горизонтальных русловых деформаций для исследуемых рек

<i>Реки</i> <i>Факторы речного бассейна</i>	<i>Реки равнинной части</i>		<i>Реки предгорной части</i>		<i>Реки горной части</i>	
	<i>Иньва</i>	<i>Обва</i>	<i>Яйва</i>	<i>Косьва</i>	<i>Яйва</i>	<i>Косьва</i>
Рельеф (высота, м)	100-400				400-1000	
Климат (осадки, мм)	500-600		500-700		700-800	
Растительность	южно-таежные пихтово-еловые леса, значительная часть сведена человеком; пашни				пихтово-еловые, смешанные хвойно-лиственные леса	
Почвы	сильноподзолистые, среднеподзолистые, дерновые кислые		дерново-сильно-аллювиальные		горные луговые, горные подзолистые, горные дерново-подзолистые, горные лесные бурые	
Геологическое строение	осадочные, обломочные породы; аллювий в четвертичной системе				магматические, метаморфические породы	
Величина горизонтальных русловых деформаций (скорость, м/год)	0,45	0,34	0,55	0,63	0,27	0,39
Преобладающий процесс	аккумуляция наносов		размыв	размыв	аккумуляция наносов	

Однако, все упомянутые методы оценки плановых деформаций имеют существенные общие недостатки, которые очень ярко проявляются при оценке деформаций русел меандрирующих рек. Данные методы никак не учитывают связность грунтов и крупность наносов. Никак не отражены условия транспорта наносов и их баланс (хотя при оценке плановых деформаций меандрирующих рек заведомо имеет место дефицит наносов в пределах рассматриваемого участка). Не учитывается циклический характер процесса отступления бровки берега при развитии излучин. Полевое обследование и анализ большого количества материалов инженерно-гидрологических изысканий показало, что отступление бровки берега при развитии излучин имеет циклический характер: размыв дна – нарушение

устойчивости берегового склона – обрушение – формирование мелководного русла с повышенной скоростью течения, переката – размыв и т.д. Указанные недостатки обуславливают значительное несовпадение прогнозируемых и фактических величин деформаций русла.

Библиографический список

1. ВСН 163-83 Миннефтегазстроя «Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов».

2. СТО ГУ ГГИ 08.29–2009 «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки». СПб.: Нестор-История, 2009. 184 с.

THE QUESTION OF HORIZONTAL CHANNEL DEFORMATIONS ON RIVERS OF CENTRAL RUSSIA AND URAL

A.A. Shaydulina, Z.R. Timerova
Perm State University,

614000, Perm, Bukireva Street, 15, e-mail: adelinash89@mail.ru

The existing approaches to the prediction of the horizontal channel deformations. The characteristic of methods to assess the planned deformation. Presents forecasts for some strains of planned infrastructure of the Kirov region. The characteristic of the horizontal channel deformations some rivers of the Kama Reservoir.

Key words: horizontal riverbed deformation; riverbed process forecast.

УДК 551.515.3

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ СИЛЬНЫХ СМЕРЧЕЙ В ПРИКАМЬЕ

А.Н. Шихов, А.В. Быков

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: and3131@inbox.ru

Проанализированы условия развития двух случаев сильных смерчей, наблюдавшихся 7 июня 2009 г. в Пермском крае и 29 августа 2014 г. в Башкортостане. Траектории прохождения смерчей определены по разновременным снимкам со спутников серии LANDSAT. С использованием мезомасштабной модели атмосферы WRF и данных реанализа CFS выполнена оценка возможности краткосрочного прогнозирования смерчеопасных ситуаций в регионе. Для оценки достоверности полученного результата использовались данные наземных, спутниковых и радиолокационных наблюдений, по которым производилось сопоставление фактических и расчетных траекторий прохождения мезомасштабных конвективных систем и их интенсивности.

Ключевые слова: смерчи; мезомасштабные конвективные системы; модель WRF.

Смерчи представляют собой одно из наиболее редких и опасных явлений погоды. По многолетним данным, в Уральском регионе смерчи наблюдаются в 10 раз реже, чем сильные шквалы со скоростью ветра ≥ 25 м/с. В большинстве случаев, это слабые смерчи (F0 – F1 по шкале Фуджиты-Пирсона), длина пути которых не превышала 25 км [2].

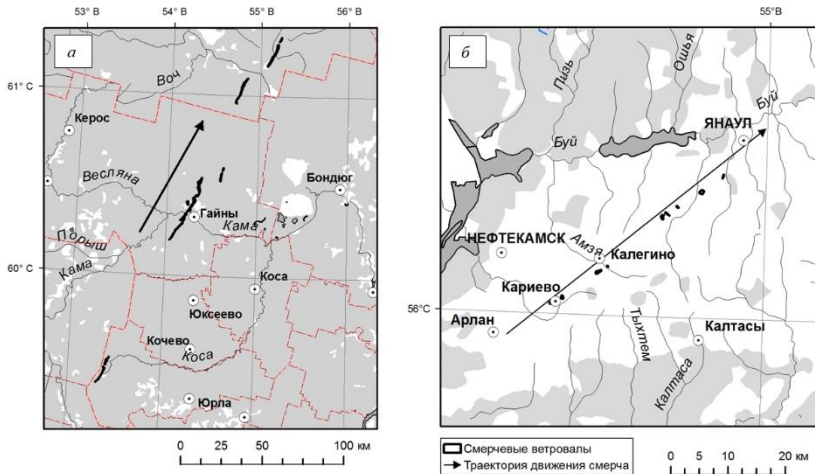
За последние 10 лет в Пермском крае и сопредельных районах Башкортостана и Республики Коми зафиксировано 6 случаев смерчей [1]. Краткая информация о них приведена в табл. 1. Наибольший интерес для изучения представляют два случая сильных смерчей, наблюдавшихся 7 июня 2009 г. на северо-западе Пермского края и 29 августа 2014 г. в Башкортостане.

Таблица 1

Краткая характеристика случаев смерчей, наблюдавшихся в регионе в последние годы

<i>Дата наблюдения</i>	<i>Место наблюдения</i>	<i>Длина пути, км</i>	<i>Ширина полосы разрушений, км</i>	<i>Характеристика ущерба</i>
2004-2005 гг.	Гайнский район, 25 км северо-восточнее пос. Керос	16	0,3	Ветровал на площади 227 га
2005 г.	Чердынский район, вблизи пос. Чепечанка	14	0,25	Ветровал на площади 126 га
24.05.2007	с. Русский Сарс, Октябрьский район	-	-	Ущерб 494 тыс. руб.
30.08.2008	Краснокамский район Пермского края, дачный кооператив Алешиха	5	0,2	Пострадал 1 чел. разрушены дачные постройки. Ветровал на площади 60 га
07.06.2009	Юрлинский, Гайнский районы Пермского края, Усть-Куломский район республики Коми	90	0,3 – 0,6	Поврежден 21 дом в с. Кебраты. Ветровал на площади 2,5 тыс. га.
29.08.2014	Нефтекамский, Калтасинский, Янаульский районы Башкортостана	50	0,5	Погибло 2. пострадало 76 чел., ущерб 600 млн. руб., ветровал на площади 143 га

Длина пути этих смерчей превышала 50 км, а ширина полосы разрушений – 500 м. Траектории прохождения смерчей были определены по результатам сопоставления разновременных снимков со спутников LANDSAT и SPOT-5 (рисунок). Более подробно методика описана в работе [3].



Траектории прохождения смерчей 07.06.2009 (а) и 29.08.2014 г. (б)

Анализ смерчеопасных ситуаций 07.06.2009 г. и 29.08.2014 г. и оценка возможности прогнозирования смерчей выполнены на основе глобальных и мезомасштабных моделей атмосферы. Для расчетов использована модель WRF/ARW новейшей версии 3.6.1 – численная негидростатическая региональная система прогнозирования погоды. Инициализация модели WRF и задание граничных условий (с шагом 1 ч.) выполнена по данным реанализа численной модели прогноза CFS (CDAS). В обоих случаях расчеты по модели WRF производились на сетке с шагом по горизонтали равным 4 км, размер расчетной области составил 400×400 точек. Расчет вели на 38 вертикальных уровнях. Период моделирования составлял 24 ч, а временной шаг вывода данных – 1 ч.

Расчеты выполнялись с использованием следующих настроек модели WRF: микрофизика облачности – схема Томпсона, длинноволновая радиация – схема RRTM, коротковолновая радиация – схема Дудья, приземный слой – схема Монина-Обухова с вязким подслоем Карлсона-Боланда и стандартными функциями подобия, подстилающая поверхность и почва – схема NOAH; пограничный слой – схема университета Енсей. Параметризация конвекции отключалась, производилось ее прямое моделирование. Таким образом, оценивалось качество воспроизведения моделью процесса эволюции мезомасштабных конвективных систем (МКС), с которыми были связаны опасные явления погоды (смерчи, шквалы и крупный град).

Для оценки достоверности моделирования глубокой конвекции выводились следующие результаты расчетов: температура и влажность воздуха у земли и по различным высотам, скорость ветра на высоте 10 м, интенсивность осадков в виде дождя и града (мм/ч); расчетная радиолокационная отражаемость (DbZ). Дополнительно по выходным данным модели средствами программного комплекса OpenGrADS 2.0 рассчитывалась высота верхней границы облаков (Нвго, км) и температура на данном уровне (температура ВГО, °С). Результаты моделирования сопоставлялись с данными станционных, радиолокационных и спутниковых (данные Terra/Aqua MODIS) измерений.

Для анализа смерчопасной ситуации на синоптическом масштабе использовались различные индексы конвективной неустойчивости, разработанные для прогноза суперячеек и смерчей. По данным реанализа по модели CFS (CDAS) (с шагом по времени 1 ч. и шагом по пространству 0.5°), рассчитывалась доступная потенциальная энергия неустойчивости (CAPE), энергия противодействия конвекции (CIN), относительная завихренность в слое от земли до 3 км (SRH), индекс для прогноза сильных конвективных штормов (SWEAT) и комплексный предиктор для прогноза суперячеек (SCP) (табл. 2). Развитие суперячеековых штормов и смерчей вероятно при значениях $SRH \geq 150$, $SWEAT \geq 400$ и $SCP \geq 1$ [4].

Таблица 2

Показатели вероятности развития суперячеековых штормов 07.06.2009 г. и 29.08.2014 г., рассчитанные по данным реанализа CFS

Параметр	7.06.2009 г.		29.08.2014 г.	
	Гайны, 11 UTC	Максимум, 12 UTC	Янаул, 13 UTC	Максимум, 12 UTC
CAPE, Дж/кг	300 – 400	1600 – 1800	500 – 600	800 – 1000
CIN, Дж/кг	-50...-75	0...-50	-50...-75	-25...-50
SRH	200-250	250-300	200 – 250	350...400
SCP	1 – 1,5	2,5 – 3	2,5 – 3	4 – 5
SWEAT	250 – 300	350 – 400	350 – 400	400 – 450

Синоптическая ситуация в регионе 07.06.2009 г. в целом определялась теплым сектором высокого циклона, который смещался с республики Марий Эл в район Сыктывкара со скоростью 12 м/с. В средней тропосфере теплomu сектору соответствовала передняя часть высотной ложбины, ось которой была ориентирована со Скандинавии на центральную часть Европейской России. Скорость ветра в средней тропосфере достигала 30 м/с. В первой половине дня через территорию Удмуртии и Кировской области пролегал меридионально ориентированный фронт полярной системы, вдоль которого перемещались волновые возмущения. Одно из них, сместившись на север Пермского края, к 12 ч. UTC оформилось в частный циклон с замкнутой изобарой 1005 гПа.

В теплом секторе циклона на Зауралье и Западную Сибирь поступала тропическая воздушная масса с максимальной температурой +29...+32°, и температурой точки росы у земли +8...+10°. За холодным фронтом максимальная температура была в пределах +17...+19°, т.е. контраст температур на фронте достигал 12-15° С. Днем 7 июня полярный фронт начал смещаться на восток-северо-восток как холодный. К 15 UTC 7 июня он пересек территорию Пермского края. С прохождением волновых возмущений на фронте и был связан комплекс опасных явлений погоды: шквалы 20-27 м/с, крупный град и смерч.

По данным реанализа по модели CFS, в период между 10 и 12 UTC 07.08.2009 г. в центральных и юго-западных районах края складывалась смерчеопасная ситуация, обусловленная сильной конвективной неустойчивостью атмосферы (энергия неустойчивости 1600-1800 Дж/кг) и сдвигом ветра (индекс SWEAT достигал 350...400). Фактически смерч прошел через северо-западную часть Пермского края в период между 09.30 и 11.30 UTC, а в центральных и юго-западных районах наблюдались только шквалы 20-25 м/с и крупный град.

Синоптическая ситуация 29.08.2014 г. определялась высотной циклонической депрессией над севером ЕТР и высотным гребнем, ориентированным с района Каспийского моря на Зауралье. На этом фоне с Нижнего Поволжья на Татарстан, а затем на Удмуртию смещался углубляющийся юго-западный циклон. Циклон сформировался на волне полярного фронта к северу от Волгограда в 18 ч. UTC 28 августа. В 0 ч. UTC центр циклона располагался над Тамбовской областью, а в 12 ч. UTC он находился уже восточнее Казани, давление в его центре упало до 991 гПа. Скорость углубления циклона составляла около 1 гПа/ч. Циклон сформировался на полярном фронте, в его теплом секторе на Урал поступала тропическая воздушная масса с температурой на поверхности АТ-850 до +22 °С, а в тыл циклона поступала воздушная масса с температурой на поверхности АТ-850 всего +6...+8 °С. В средней тропосфере над Предуральем наблюдалось струйное течение со скоростью ветра до 40 м/с. К 12 ч. UTC начался процесс окклюдирования, точка окклюзии полярного фронта проходила через северо-западные районы Башкирии.

По данным реанализа по модели CFS, смерчеопасная ситуация складывалась в 12-13 ч. UTC у точки окклюзии полярного фронта по северным районам Башкирии и на крайнем юге Пермского края. Она была обусловлена сильным сдвигом ветра в теплом секторе циклона на фоне умеренной неустойчивости атмосферы (CAPE 800-1000 Дж/кг). Индекс SWEAT в теплом секторе циклона достигал 450 (табл. 2).

По данным доплеровского метеорологического радиолокатора, установленного в г. Ижевск, в 07.40 UTC к юго-западу от г. Бирск сфор-

мировался суперячейковый шторм с высотой верхней границы облаков (Нвго Сб) до 14 км, который достиг максимального развития в период между 08 UTC и 09 ч. UTC, смещаясь через Дюртюлинский район Башкортостана. С его прохождением отмечался град диаметром до 40 мм. Второй, более мощный суперячейковый шторм (также с Нвго до 14 км) сформировался около 11.00 UTC южнее г. Мензелинск, и смещался по потоку через Нефтекамский, Калтасинский и Янаульский районы Башкортостана на юг Пермского края. С его прохождением был связан смерч и крупный град диаметром до 50 мм. В период с 13 по 16 ч. UTC суперячейка эволюционировала в МКС квазикруглой формы диаметром до 150 км, которая вызвала сильные ливневые дожди (до 40 мм) на востоке Пермского края.

В обоих рассмотренных случаях модель WRF воспроизводит формирование мезомасштабных конвективных систем в зонах, где наблюдались смерчи, но значительно недооценивает их интенсивность (например, высота верхней границы Сб по модели занижена на 3-5 км в сравнении с фактическими данными). Недооценка интенсивности конвекции в зонах формирования смерчей, вероятно, обусловлена слабым дневным прогревом воздуха в условиях значительной облачности вблизи центра циклона. В результате этого модель занижает энергию неустойчивости.

В то же время, результаты моделирования конвективных опасных явлений, наблюдавшихся в центральных районах Пермского края 07.06.2009 г. после интенсивного дневного прогрева, характеризуются более высокой достоверностью. Модель WRF воспроизводит формирование на холодном фронте линейной системы Сб с Нвго до 12 км, сильными ливнями и градом, а ошибка модели по времени прохождения системы составляет не более 1 ч.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-05-96000-р-Урал-а).

Библиографический список

1. База данных опасных явлений погоды Пермского края // URL: <http://map.psu.ru/search.aspx> (дата обращения 11.07.2015)
2. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала. Справочник специалиста. Л.: Гидрометеиздат. 1987. Ч.3. 200 с.
3. *Шихов А.Н.* Оценка последствий стихийных природных явлений для лесных ресурсов Пермского края по многолетним рядам данных космической съемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 21–30.

4. *Doswell C.A. and Shultz D.M.* On the use of indices and parameters in forecasting severe storms // *Electronic J. Severe Storms Meteorology*. 2006. Vol. 1. No. 3. P. 122.

ANALYSIS OF FORMATION CONDITIONS OF SEVERE TORNADOES IN THE PRIKAMYE REGION

A.N. Shikhov, A.V. Bykov

Perm State University, 614990, Perm, Bukirev Street 15,
email: and3131@inbox.ru

It is studied the conditions of the two cases of strong tornadoes observed June 7, 2009 in the Perm region, and August 29, 2014 in Bashkortostan. The tornado tracks are determined by multi-temporal images from the satellites LANDSAT. Using the WRF mesoscale atmospheric model and reanalysis data, it is estimate the possibility of short-term forecasting of tornado danger in the region. The model was run with the settings of direct modeling deep convection with spatial step was 3 km. To estimate the reliability of the modeling results, we used the data of terrestrial, satellite and radar observations on which the comparison was made of *the* actual and calculated mesoscale convective systems track and their intensity.

Key words: tornadoes; mesoscale convective storms; the WRF model.

УДК 502.2.05:551.5

ВЫЯВЛЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ РАССЕИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АТМОСФЕРЫ В Г. ПЕРМИ

В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: shklyaev@psu.ru

В статье рассматриваются изменения различных характеристик инверсий в Перми за период с 1959 г. по 2012 г. Выявлено, что наибольшая частота приземных и приподнятых инверсий температуры наблюдалась с 1959 г. по 1968 г. В последующий период произошло существенное уменьшение частоты инверсий, которая в последние годы снова стала возрастать. Мощность и интенсивность температурных инверсий за последние 55 лет существенно не изменились.

Ключевые слова: приземные и приподнятые температурные инверсии; климатические изменения.

Формирование высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха определяется различными метеорологическими характеристиками пограничного слоя атмосферы (ПСА), такими как турбулентность, стратификация, скорость и направление ветра, температура, осадки и другими метеорологическими явлениями. Значительное влияние на

содержание вредных примесей в атмосферном воздухе оказывает стратификация атмосферы. Самое интенсивное накопление вредных веществ в ПСА наблюдается при условиях формирования приземных и приподнятых температурных инверсий, т.е. при ослаблении турбулентного перемешивания, особенно если эти процессы сопровождаются слабыми скоростями ветра (случаи застоя воздуха). В то же время, при формировании неустойчивой стратификации, когда температура воздуха с высотой уменьшается быстрее, чем при адиабатическом подъеме воздуха, турбулентная диффузия примесей усиливается, что приводит к интенсивному рассеиванию загрязняющих веществ.

Главными характеристиками инверсий температуры являются их повторяемость, мощность и интенсивность. Повторяемость приземных инверсий определяет возможность застоя воздуха в этих районах. Мощность инверсии определяют по разнице между верхней и нижней границами инверсии. Интенсивность инверсии – это разница температуры на ее границах.

Изотермия – такое состояние части атмосферы, при котором температура в слое воздуха с увеличением высоты практически не изменяется. В условиях изотермии процессы вертикального перемещения объемов воздуха практически прекращаются и, поэтому, рассеивание загрязняющих веществ ослабевает.

В связи с наблюдаемыми климатическими изменениями, будет изменяться рассеивающая способность атмосферы. В крупных городах антропогенное изменение температуры воздуха, приводящее к формированию острова тепла, будет приводить к изменению частоты появления таких явлений как туманы, смоги. Используя результаты радиозондирования за последние десятилетия можно выявить тенденции происходящих изменений рассеивающей способности атмосферы. В этом случае инверсии и изотермии будут являться удобной характеристикой качества атмосферного воздуха.

Для выполнения анализа инверсионных слоев были привлечены данные радиозондирования за сроки 00 ч. и 12 ч. международного согласованного времени за период с 1973 по 2012 год. Кроме этого, привлекались данные о характеристиках инверсий за период с 1959 г. по 1968 г. приведенные в справочном пособии [1]. Следует отметить, что высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха от крупных промышленных предприятий формируется, прежде всего, от приподнятых инверсий с нижней границей не более 300 метров. Таким образом, в исследовании уделяется основное внимание таким характеристикам, как повторяемость (%), мощность (км) и интенсивность (°С) приземных и приподнятых инверсий (с нижней границей не более 300 мет-

ров), а также повторяемость (%) изотермии по месяцам, сезонам и десятилетиям исследуемого периода.

Согласно обработанным данным, повторяемость приземных инверсий в среднем за год наблюдается в 32% случаев за исследуемый период и в 44% по данным [1].

Частота формирования приземных инверсий с каждым десятилетием в период с 1973 по 2012 г. возрастает, но все же не достигает максимальных значений, которые наблюдались в 1959–1968 гг. (рис. 1). Наиболее часто приземные инверсии наблюдаются в летний период года. Для летнего периода характерны и наиболее существенные изменения частоты приземных инверсий за периоды 1973–1992 гг. и 1993–2012 гг. Уменьшение повторяемости инверсий происходит в переходные сезоны года, с минимальным значением в октябре. К зиме происходит нарастание продолжительности и наблюдается 2-й максимум в январе.

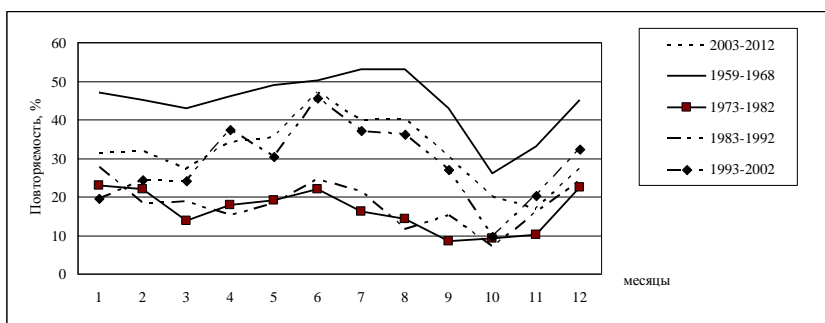


Рис. 1. Повторяемость (%) приземных инверсий

Повторяемость приподнятых инверсий с нижней границей не более 300 м за рассматриваемый период так же меньше их повторяемости по сравнению с периодом 1959–1968 гг., приведенным в справочном пособии (рис. 2). Приподнятые инверсии в среднем за год на территории Перми имеют повторяемость около 5%. Четкой тенденции к росту повторяемости от десятилетия к десятилетию не прослеживается. Наиболее часто приподнятые инверсии наблюдаются в холодную часть года. Наибольшие ее значения наблюдаются в январе (6–9%). В январе и феврале такие инверсии могут прослеживаться в течение всех суток, не разрушаясь днем [2]. В переходные сезоны года повторяемость приподнятых инверсий уменьшается до 1–3%.

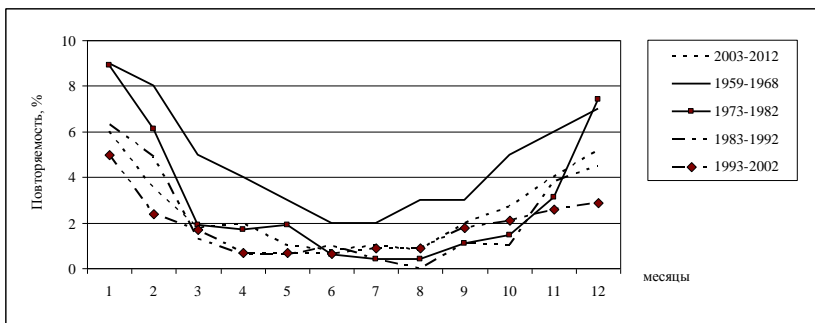


Рис. 2. Повторяемость (%) приподнятых инверсий

Наибольшая мощность приземных инверсий наблюдается в ночной срок (00 ч.) и находится в пределах 0,3–0,5 км (рис.3). Максимум наблюдается зимой (0,3–0,8 км), а минимум– летом (0,1–0,2 км).

За весь анализируемый период времени (1959–1968 г., 1973–2012 г.) не отмечается различий в годовом ходе. Существенные различия имеются лишь в декабре–январе, когда максимум мощности составляет 0,9 км (справочное пособие), а минимум в эти месяцы наблюдается в период с 1993г. по 2002 г. и составляет 0,3 км.

Мощность приподнятых инверсий так же минимальна в дневной срок и в летний период. Сезонные изменения мощности низких приподнятых инверсий примерно такие же, как и приземных, поскольку приподнятые низкие инверсии (0,01–0,50 км), как правило, образуются при разрушении снизу приземных инверсий.

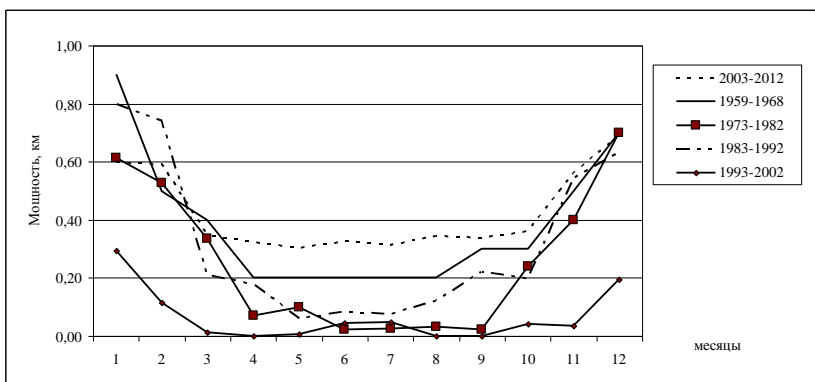


Рис. 3. Средняя мощность (ΔН км) приземных инверсий

Интенсивность приземных инверсий за 00 ч. минимальна в переходные сезоны года. Наиболее интенсивные инверсии наблюдаются зимой (рис. 4).

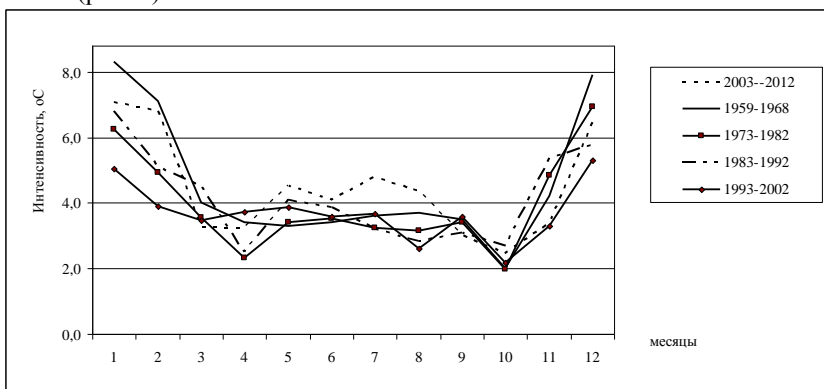


Рис. 4. Средняя интенсивность (ΔT °C) приземных инверсий

Также хорошо прослеживается тенденция к увеличению интенсивности приземных инверсий от 1973 г. к 2012 г. Средние значения, заимствованные из справочного пособия в безморозный период года примерно на 1°C меньше, чем за последнее десятилетие (2003–2012 гг.), а в зимнее время года наоборот больше, но на незначительную величину (около $0,5^{\circ}\text{C}$). Менее интенсивны приземные инверсии в дневной срок (12 часов) в безморозный период, но в зимнее время года интенсивность приземных инверсий так же велика. Аналогичная ситуация наблюдается при рассмотрении интенсивности приподнятых инверсий.

Наиболее часто слои изотермии встречаются в переходное время года. Максимальное количество дней с изотермией отмечается с 1959 г. по 1968 г. (по данным справочного пособия), с разницей в 1 день в сторону уменьшения за последнее десятилетие.

Таким образом, сравнивая среднюю повторяемость приземных инверсий за период 1959–1968 гг. с данными за 1973–2012 год, можно отметить смещение в наступлении максимума в теплый период года. В текущий период он приходится на июнь.

Анализируя данные за 1973–2012 гг., можно сделать вывод, что за все месяцы года наблюдалось на 2–4% меньше приподнятых инверсий, чем в 1959–1968 гг.

Существенных изменений мощности и интенсивности инверсий за последние 55 лет на произошло.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант р_урал_а, № 14-05-96002.

Библиографический список

1. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие под ред. д-ра геогр. наук Э.Ю. Безуглой и д-ра физ.-мат. наук, профессора М.Е. Берлянда. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 182 с.

2. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Исследование инверсий нижней атмосферы по результатам наблюдений метеорологического температурного профилемера и радиозондирования // Географический вестник. 2014. № 4 (31). С. 62–66.

IDENTIFYING LONG-TERM TRENDS OF CHANGES OF THE DISPERSION OF POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERE IN PERM

V.A. Shklyayev, L.S. Shklyayeva
Perm State University, 614990, Perm, Bukireva Street, 15,
e-mail: shklyayev@psu.ru

The article discusses changes of characteristics of inversions in Perm for the period from 1959 to 2012. Revealed that the highest frequency of surface and elevated inversions of temperature was observed from 1959 to 1968. In the subsequent period there was a significant decrease in the frequency of inversions, but in recent years again began to grow. The power and intensity of temperature inversions over the past 55 years has not significantly changed.

Key words: surface and elevated temperature inversions; climate change.

УДК 581.9

МОРОЗЫ И ОТТЕПЕЛИ В ИЖЕВСКЕ В XX–XXI СТОЛЕТИЯХ

А.В. Шумихина

Удмуртский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 426068, Россия, г. Ижевск, ул. Сабурова, д. 25,

e-mail: kamb2442@mail.ru

Научный руководитель – зав. кафедрой метеорологии, климатологии, экологии атмосферы К(П)ФУ, д.г.н., профессор Переведенцев Ю.П.

Рассмотрен климатический ряд ежедневных значений максимальных и минимальных температур воздуха с 1933 по 2013 г. в городе Ижевске. Рассчитаны основные характеристики распределения этих температур, изучены взаимосвязи между погодными явлениями и синоптическими условиями, при которых они наблюдались. Выявилось, что за последние десятилетия существует тенденция к уменьшению повторяемости морозных дней, а повторяемость оттепелей возрастает. Наиболее экстремальные морозы наблюдаются при длительных волнах холода при ультраполярном вторжении арктического воздуха. В последние десятилетия продолжительность волн холода уменьшилась, поэтому их абсолютные минимумы не достигают рекордных значений, зафиксированных в более ранние периоды. Анализ синоптических условий возникновения оттепелей в Ижевске показал, что чаще всего они имеют место при юго-западных потоках на изобарической поверхности АТ-500 гПа.

Ключевые слова: изменения климата; температура воздуха; оттепели; экстремальные морозы; волны холода; волны тепла.

В последние десятилетия происходят существенные климатические изменения, как в глобальном, так и региональном масштабе, приводящие к заметным природным и социально-экономическим последствиям, что нашло свое отражение в опубликованных в 2013-2014 гг. Оценочных докладах МГЭИК и Росгидромета. Целью данной статьи является изучение повторяемости, динамики и интенсивности экстремальных морозов и оттепелей в г. Ижевске в период 1933-2013 гг. на фоне происходящих региональных изменений температурного режима, который, как известно, формируется под влиянием как макромасштабных, так и местных факторов.

Материалами для исследования послужили ежедневные метеорологические наблюдения с 1933 по 2013 г. на станции Ижевск (80 лет). Анализировались климатические ряды максимальной и минимальных температур воздуха. С помощью карт реанализа (<http://www1.wetter3.de/Archiv/>) были изучены синоптические условия возникновения волн холода и тепла. Для этого были рассмотрены карты геопотенциала на изобарической поверхности АТ-500 гПа, приземное барическое поле, температура воздуха на изобарической поверхности АТ-850 гПа.

Повторяемость и динамика экстремальных морозов. На режим минимальной температуры в большей степени, чем на среднюю месячную температуру воздуха, оказывают влияние особенности местоположения станции (характер рельефа, близость больших водоемов, микроклиматические особенности подстилающей поверхности и т. д.) [1].

Дни с минимальной температурой воздуха -20°C и ниже наблюдаются в Ижевске с октября по апрель. Самая ранняя дата морозов, зафиксированная 31 октября 1976 г. ($-22,9^{\circ}\text{C}$), наблюдалась в условиях затора арктического холода (-15°C на уровне 850 гПа) в тылу высотной ложбины. Наиболее поздняя дата мороза была зафиксирована 1 апреля 1963 г. ($-23,9^{\circ}\text{C}$), причиной стал низкий холодный антициклон, в восточной периферии которого находился Ижевск при температуре на уровне 850 гПа в -17°C .

В табл. 1 приведена средняя, максимальная и минимальная повторяемость дней с минимальной температурой воздуха ниже -20 , -25 , -30 и -35°C и количество лет, в которые они происходили.

Таблица 1

Повторяемость минимальных температур и количество лет с данными температурами, дни

Месяц	< -20°C				< -25°C				< -30°C				< -35°C			
	Кол-во лет	Сред. повторяемость	Макс. повт.	Год с макс. повт.	Кол-во лет	Сред. повторяемость	Макс. повт.	Год с макс. повт.	Кол-во лет	Сред. повторяемость	Макс. повт.	Год с макс. повт.	Кол-во лет	Сред. повторяемость	Макс. повт.	Год с макс. повт.
Ноябрь	50	2,1	10	1957	21	0,5	6	1957	3	0,04	1		–	–	–	–
Декабрь	75	7,7	27	1955	54	3,2	18	1955	24	0,9	9	1955	12	0,2	3	1958, 1968
Январь	79	11,0	26	1969	69	5,5	24	1972	45	2,3	13	1972	19	0,7	7	1942, 1969
Февраль	77	9,1	24	1954	67	4,1	15	1954	37	1,3	7	1954, 1976, 1994	16	0,3	7	1976
Март	50	2,7	13	1942	25	0,8	6	1942, 1983	8	0,1	1		–	–	–	–

Сильные морозы обусловлены развитием в зимний период меридиональной формы циркуляции. Экстремальные морозы с минимальной температурой воздуха ниже -35°C чаще всего наблюдаются в Ижевске в тылу глубоких высотных ложбин при затоке арктического сухого воздуха – при так называемых ультраполярных вторжениях. Притом именно в этих случаях наблюдаются наиболее длительные периоды морозной погоды. Влияние подобных синоптических условий в течение нескольких дней способствует наиболее сильным понижениям температуры воздуха до -40°C и ниже. Ветер в приземном слое при этом чаще всего наблюдается северных и восточных направлений. Экстремальные морозы наблюдаются при наличии на поверхности АТ-500 гПа глубокой ложбины холода (488–544 гп. дам).

Продолжительные морозные периоды с минимальной температурой менее -35°C в течение 4 и более дней возникали в Ижевске до 1990-х годов в среднем многолетнем раз в пять лет, в последние десятилетия они практически не наблюдаются, их продолжительность не превышает 1-2 дня.

Изучая межгодовую изменчивость повторяемости температур воздуха ниже -20°C , видно, что с 1944 г. до 1969 г. количество морозных дней увеличивается до 63 случаев в году, после 1969 г. их количество

уверенно убывает. Минимум отмечен в 1981, 1990 и 2008 годах – всего 13 случаев в году. В целом тренд имеет отрицательный знак в рассматриваемый период наблюдений (рис.1).

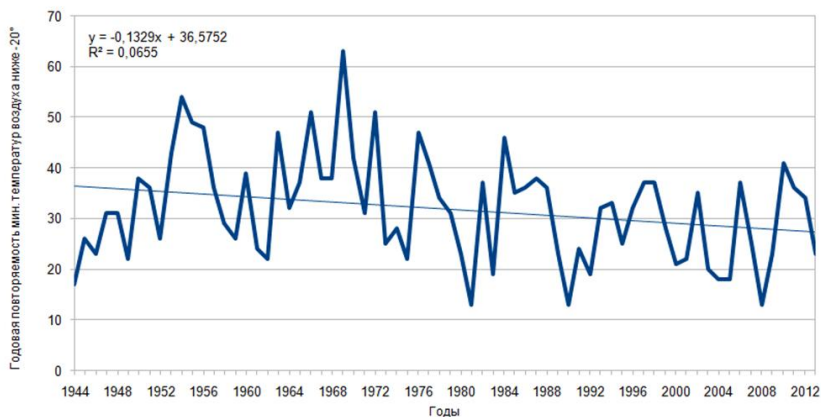


Рис. 1. Межгодовые изменения и линейный тренд повторяемости минимальных температур воздуха ниже -20°C

Повторяемость и динамика оттепелей. Устойчивое понижение среднесуточной температуры ниже 0°C , обозначающее начало зимнего периода в Ижевске наблюдается в конце октября; весной среднесуточная температура воздуха преодолевает отметку 0° в сторону повышения в начале апреля. Поэтому за период отрицательных температур, в течение которого могут наблюдаться оттепели, был взят период с ноября по март. В течение него в среднем наблюдается 30 дней с оттепелями, причем большая часть из них приходится на ноябрь и март (табл.2). В январе, феврале и декабре число дней с оттепелью гораздо ниже и в среднем равно 7 в году. Реже всего дни с оттепелью встречаются в январе и феврале – в среднем 1-2 дня в месяц, в декабре их средняя повторяемость – 3 дня.

Таблица 2

Средняя и максимальная повторяемость оттепелей, дни

Месяц	Средняя повторяемость	Максимальная повторяемость	Год с максимальной повторяемостью оттепелей
Январь	2	13	2007
Февраль	2	16	2002
Март	12	24	1975
Ноябрь	11	26	1971
Декабрь	3	13	2006
Зимние месяцы	7	22	2002
Год	30	58	2002

Для изучения интенсивности оттепелей были рассчитаны средние многолетние значения максимальных температур воздуха при оттепелях по месяцам в период с 1933 по 2013 г. (табл. 3). Наибольшая интенсивность оттепелей также принадлежит ноябрю и марту, наименьшая – январю. Среднее годовое значение температур воздуха при оттепелях $+1,7^{\circ}\text{C}$, в календарные зимние месяцы $+0,9^{\circ}\text{C}$.

Таблица 3

Средняя интенсивность оттепелей, $^{\circ}\text{C}$

Январь	Февраль	Март	Ноябрь	Декабрь	Зимние месяцы	Год
0,7	1,1	2,4	2,3	1,0	0,9	1,7

Динамика повторяемости оттепелей с 1944 по 2013 г. положительная – количество дней с оттепелями увеличивается (рис.2).

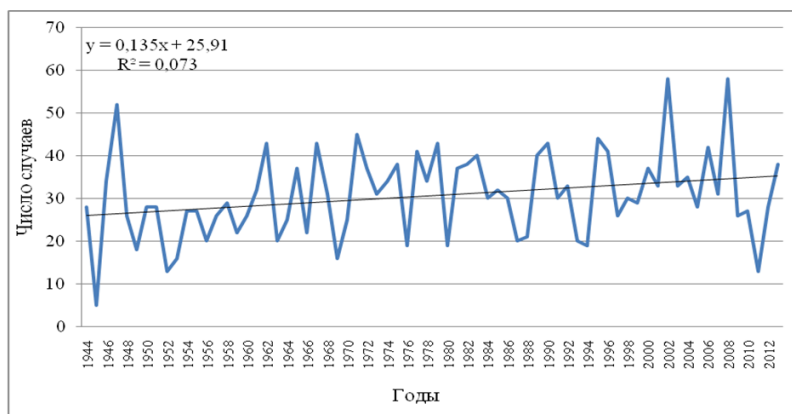


Рис.2. Межгодовые изменения и линейный тренд повторяемости оттепелей

В календарные зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) тенденция к увеличению числа дней с оттепелями сохраняется, но линия тренда имеет меньший наклон. Это позволяет сделать вывод, что количество оттепелей увеличивается в большей степени за счет переходных сезонов.

Изменчивость интенсивности оттепелей в течение изучаемого периода незначительна. Год от года они испытывают значительные колебания, но линия тренда имеет слабо выраженный положительный знак.

Анализ продолжительности волн тепла, в период которых наблюдались оттепели, говорит об их увеличении в течение изучаемого

периода. Рекордно длинные периоды с оттепелью зафиксированы в декабре 2006 и 2008 годов: 10 и 9 дней соответственно.

В Ижевске за рассматриваемый период в приземном поле при оттепелях наблюдались разные формы циркуляции, причем доля циклонического типа циркуляции от общего количества случаев составила 52%, антициклонического – 30%. В 18 случаев из 100 оттепели наблюдались при промежуточных формах циркуляции – на периферии циклонов и антициклонов и в седловинах.

На высотных картах при оттепелях преимущественно наблюдается гребень тепла. Явление заканчивается, как правило, с ослаблением высотного гребня и распространением ложбины холода с запада на восток. Наиболее повторяющиеся направления воздушных масс, при которых наблюдались оттепели в Ижевске – юго-западные.

Библиографический список

1. *Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. 96 с.

FROSTS AND THAWS IN IZHEVSK IN XX-XXI CENTURIES

A.V. Shumikhina

Udmurt Centre for Hydrometeorology and Environmental Monitoring,
426068, Izhevsk, Saburova Street, 25, e-mail: kamb2442@mail.ru

The paper considers a climatic series containing average, maximum and minimum daily air temperature in the period of 1933-2013 in the city of Izhevsk. The principal parameters of repeatability are observed, reanalysis relationship between weather phenomena and synoptic situation is held with the help of maps. The tendency to decrease the frequency of frosty days and the tendency to increase the frequency of thaws is showed. The most extreme cold weather is observed at long waves of cold at ultra polar invasion of air. In recent decades, the duration of cold waves decreases, so they do not reach the record values recorded during earlier periods. An analysis of the synoptic conditions for the appearance of thaws in Izhevsk showed that they often occur in the southwestern flows at a pressure level of AT-500 hPa.

Key words: climate; climate change; air temperature; extreme temperatures; frosts; thaws.

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

УДК 912.43, 528.913

СОЗДАНИЕ МАКЕТА АТЛАСА «ПРИРОДА ПЕРМСКОГО КРАЯ» КАК ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНЫХ ВУЗОВСКИХ КУРСОВ

Н.В. Бажукова, А.Н. Ташкинова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: bazhukova.nv@mail.ru, sngist@ya.ru

Аннотация: Разработаны структура и макет атласа «Природа Пермского края», как наглядное учебное пособие для вузовских дисциплин. Разработаны типовые картографические основы для создания физической карты и карт природных явлений, административной карты и карт социально-экономической тематики атласа Пермского края. Создана серия геологических, геоморфологических, климатических, гидрологических, почвенных, геоботанических, зоогеографических и ландшафтных карт.

Ключевые слова: наглядное учебное пособие, создание атласа, картографическая основа, ГИС-технологии.

Специфика географического образования состоит в том, что при формировании понятий и в самом процессе исследования необходима опора на зрительные образы. В связи с этим велико значение таких пособий, как географические атласы.

Пермский край – объект изучения в различных дисциплинах пермских ВУЗов. Одной из основных дисциплин является «География Пермского края», при изучении которой преподаватели и студенты должны пользоваться картами атласа Пермского края. Но на сегодняшний день атласа учебного назначения для ВУЗа нет. Поэтому используется «Атлас Пермской области. География. История» (М.: ДИК, 1997), нуждающийся в обновлении, так как карты в нем приведены по данным 60-80 х гг. прошлого века и предназначены для средней школы.

Работа направлена на разработку концепции и создание атласа «Природа Пермского края» учебного назначения, который дает наиболее точную и научно достоверную комплексную картографическую характеристику природных условий, уникальных природных объектов на территории нашего края. На данном этапе цель – обеспечение наглядным картографическим материалом курса «География Пермского края» (природа), актуализация и редактирование существующих карт и создание новых.

Поставленные задачи: представить в картографическом виде свод современной информации о природных условиях, способствовать распро-

странению знаний о природе края и представить их студентам, а также заинтересованным гражданам и организациям в виде атласа.

Общий план работ по созданию атласа включает следующие этапы:

1. Подготовительный этап:

- разработка проекта и написание программы атласа;
- поиск, анализ и первичная обработка данных.

2. Технологический этап:

• разработка математической и географической основы карт атласа;

- написание программ карт;
- составление макетов карт и их легенд;
- создание оригиналов карт;
- подготовка дополнительных данных (иллюстраций, текстов и других материалов);
- изготовление типовых компоновок листов;
- определение внутреннего и внешнего художественного оформления атласа.

3. Заключительный этап:

- верстка макета атласа,
- издание атласа в электронном формате *.pdf.

Особого внимания при проектировании атласа требует разработка картографической основы. При разработке атласа региона следует учитывать, что все карты природной или социально-экономической тематики в нем должны быть построены с использованием единой картографической основы (табл. 1).

В структуре разрабатываемого атласа 12 разделов и более 40 карт (табл. 2). Наряду с картами, существенное место в нем отведено пояснительным текстам, справочным сведениям, графическим моделям, архивным материалам, космическим снимкам и т.д. Основными объектами картографирования выступают природные компоненты, отображаемые сериями геологических, геоморфологических, климатических, гидрологических, почвенных, геоботанических, зоогеографических и ландшафтных карт.

1. Вводный раздел: краткая географическая характеристика природы Пермского края, список использованных источников, сведения об авторах карт, оглавление, общие для всех карт атласа условные обозначения.

2. Общая характеристика региона: географическое положение Пермского края (текстовые материалы, карты административно-территориального устройства, физическая карта, фотокосмокарта).

Таблица 1

Элементы картографической основы для общегеографических и тематических карт атласа Пермского края учебного назначения

Элемент	<i>Карты природных явлений</i>	<i>Физическая карта</i>	<i>Карты социально-экономических явлений</i>	<i>Административная карта</i>
Математическая основа				
Масштаб	1:2 500 000	1:2 500 000	1:2 500 000	1:2 500 000
	1:5 000 000	-	1:5 000 000	-
Картографическая проекция	Равноугольная поперечная цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера, 10-я зона			
Картографическая градусная сетка	Густота сетки 2° по широте и долготе			
Географическая основа				
Гидрографическая сеть	75 рек (при необходимости увеличить количество рек)		8 рек	
	6 озер с надписью		6 озер без надписи	
	2 водохранилища	3 водохранилища	2 водохранилища	
	-	болота	-	
Населенные пункты	центры муниципальных образований			
	другие населенные пункты при необходимости			
Административные границы	5 субъектов Российской Федерации			
	Пермского края			
	-	-	40 муниципальных образований края	
	-	-	8 городских округов края	
Дорожная сеть	-	-	при необходимости	автомобильные, железные дороги
Рельеф	отмывка (метод теневой пластики при косом освещении)		-	-

3. Геология: геологическая карта, тектоническая карта, экологическая оценка геологической среды, полезные ископаемые.

4. Рельеф: цифровая модель рельефа, геоморфологическое районирование, экзогенные процессы.

5. Климат: климатическая карта, радиационный баланс, атмосферное давление, температура воздуха (среднегодовая, средняя температура января и июля), преобладающее направление ветра (январь, июль), осадки (годовая сумма осадков; осадки холодного и теплого периода), число дней с ливнем и грозами, уровень снежного покрова, метели, облачность, туманы.

6. Воды: гидрографическая сеть (реки, озера, болота, водохранилища, пруды), гидрологическое районирование территории, характеристика речного стока (средний годовой сток, максимальный весенний сток, минимальный меженный сток), ледовые явления (заморозание и вскрытие рек), изменение русел рек.

7. Почвы: почвенная карта, эродированность почв, переувлажненность почв, агропочвенное районирование.

8. Растительность: геоботаническое районирование (преобладающие породы древесной растительности), запасы спелой древесины, кормовые растения, лекарственные растения.

9. Животный мир: общая зоогеографическая карта.

10. Природно-территориальные комплексы: физико-географическое районирование, ландшафтная карта.

11. Опасные природные явления: геолого-тектонические, геолого-геоморфологические, гидро-метеорологические, биологические.

12. Контурные карты: для составления карт природных явлений и карт социально-экономических явлений разных масштабов.

Атлас специально предназначен для комплексного изучения, оценки территории и для углубленных научных исследований. Карты атласа удобно сопоставлять и сравнивать. Если потребуется, то можно получить количественные сведения, провести математические корреляции и составить производные изображения.

Предполагаемый результат – полиграфическое и электронное учебно-справочное пособие: учебный географический атлас «Природа Пермского края» предназначенный для изучения курсов «География Пермского края» (Часть 1).

Работа в своей теоретической части опирается на труды ведущих картографов и географов, исследователей в области теории картографии, атласного и географического картографирования, А. М. Берлянта [1], Е. А. Божилиной [2], И. П. Заруцкой [3], Т. Г. Сватковой, Н. В. Красильниковой [4], К. А. Салищева [5].

Для успешного достижения цели у авторов имеется опыт работы в области географического и геоинформационного картографирования и допечатной подготовке изданий, включающих картографический материал.

Таблица 2

Структура атласа

Раздел	Содержание		
	Карты, шт.	Масштабный ряд	Объем, стр.
1. Общая характеристика региона	3	1:2 500 000	4
2. «Геология»	5	1:2 500 000	6
3. «Рельеф»*	3	1:2 500 000	2
4. «Климат»	11	1:2 500 000, 1:5 000 000	6
5. «Воды»	7	1:2 500 000, 1:5 000 000	6
6. «Почвы»	4	1:2 500 000, 1:5 000 000	4
7. «Растительность»*	6	1:2 500 000	4
8. «Животный мир»*	6	1:2 500 000	4
9. «Природно-территориальные комплексы»*	3	1:2 500 000, 1:5 000 000	4
10. Опасные природные явления	3	1:2 500 000	4
11. Контурные карты	4	1:2 500 000, 1:5 000 000	4
* Раздел в разработке. Возможно изменение содержания и объема.			

Актуальность и необходимость применения ГИС-технологий в современных научных исследованиях и в создании карт природы позволяют эффективно агрегировать данные в единой системе координат с возможностью пространственного анализа разнородных карт.

В работе используется лицензионное программное обеспечение (ArcGis 10.2, CorelDRAW X6); космические снимки территории Пермского края за 2000-2014 гг., предоставленные ГИС-центром ПГНИУ.

Создание атласа «Природа Пермского края» – это лишь первый этап в разработке общего комплексного регионального атласа. Далее следует приступить к созданию – Социально-экономического атласа Пермского края для обеспечения курса "География Пермского края" (Население и хозяйство). Таким образом, по завершении работ, объединив первую и вторую части атласа Пермского края, можно говорить о полном картографическом обеспечении двух учебных курсов на географическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета. Данный атлас будет интересен не только студентам и преподавателям ПГНИУ, но и другим вузам и учебным учреждениям, где читают курсы «География Пермского края», «Краеведение», «Регионоведение», «Природопользование», «Ресурсоведение» и другие.

Библиографический список

1. Берлянт А. М. Картография. М.: 2001, 236 с.
2. Божилкина Е. А. Геоинформационное картографирование: карты природы. М., 2010, 316 с.
3. Заруцкая И. П., Красильникова Н.В. Картографирование природных условий и ресурсов. М., 1988, 239 с.
4. Сваткова Т. Г. Атласная картография. М., 2002, 203 с.
5. Салищев К. А. Комплексные региональные атласы. М., 1976, 638 с.

УДК 911.3

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭТНИЧЕСКИХ И МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РОССИИ

В.С. Белозеров, А.А. Черкасов

Северо-Кавказский федеральный университет
355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1,
e-mail: cherkasov_stav@mail.ru

Геоинформационные технологии в значительной мере облегчили труд исследователя. ГИС стала настольным инструментом многих ученых, экспертов, позволяет производить полный спектр моделирования различных пространственно-временных процессов. Не исключение этнические и миграционные процессы. В статье представлен опыт геоинформационного моделирования и картографирования этнических и миграционных процессов в России, возможности визуализации отображения расселения народов, этнической структуры населения, а так же различных аспектов миграционных процессов.

Ключевые слова: геоинформационные системы, моделирование, визуализация, картографирование, этнические процессы, миграционные процессы.

В современном мире этнические и миграционные процессы оказывают значительное влияние на характер социально-экономического развития территорий, при этом оба эти процессы взаимосвязаны. Этнические миграции активно меняют географию расселения народов и способствуют смене этнической структуры населения.

Учеными Северо-Кавказского федерального университета разрабатывается система полимасштабного геоинформационного мониторинга этнодемографических процессов [10], демографических [11] миграционных [2], этнических аспектов урбанизации [13] разработан универсальный регламент работы и практические рекомендации по подготовке и проведению геоинформационного мониторинга этнических и миграционных процессов на региональном уровне.

В качестве базового программного обеспечения организации системы мониторинга выступает ArcGIS Desktop фирмы ESRI, объединяющий три взаимосвязанных базовых приложения (ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox). Программное обеспечение обладающий функциями и инструментами для ведения ГИС-мониторинга этнических и миграционных процессов. Её удобно применять для решения фактически всех картографических задач, включая создание карт, анализ карт, редактирование данных, подготовка пространственных моделей. ArcGIS позволяет качественно организовать хранилище пространственной информации (база геоданных), в которой реализованы возможности использования различных типов данных (результаты переписей населения отражающие этническую структуру населения России за продолжительный период времени, показатели прибывших и выбывших, возрастная структура миграционного потока и т.д.) на уровне регионов и муниципальных районов а так же отдельных населённых пунктов [3, 4].

Важным условием геоинформационного мониторинга этнических и миграционных процессов является визуализации, в том числе посредством геоинформационного моделирования. Под геоинформационным моделированием этнических и миграционных процессов нами понимается процесс преобразования пространственных данных об этнической структуре населения, миграционном приросте (убыли) населения в качественно новую пространственную информацию. В целом для визуализации и моделирования этнических и миграционных процессов используется ряд методов и способов: центрографический, трансформированные изображения (анаморфозы), типологический, способ качественного и количественного фона (покрытие), точечный метод (способы ареалов), картодиаграммы, сетчатые диаграммы и т.д. [5] Далее более подробно рассмотрим опыт использования методов при геоинформационном моделировании этнических и миграционных процессов.

Достаточно эффективно нами используется центрографический метод [9]. Созданный на основе центрографического метода картографический материал при исследовании миграции населения позволяет определять территориальный вектор миграционной активности населения, выявлять зоны миграционной привлекательности, демонстрировать динамику смещения региональных центров тяжести выбытия и прибытия мигрантов. Незаменим центрографический метод при исследовании этнических миграций [6]. На рисунке 1 приведен пример применения центрографического метода для определения центра тяжести миграционного прироста населения России в период с 1992 по 2012 гг.

Модель отчетливо демонстрирует смещения центра миграционного оттока населения в восточном направлении, а так же показывает центр тяжести миграционного прироста населения России.

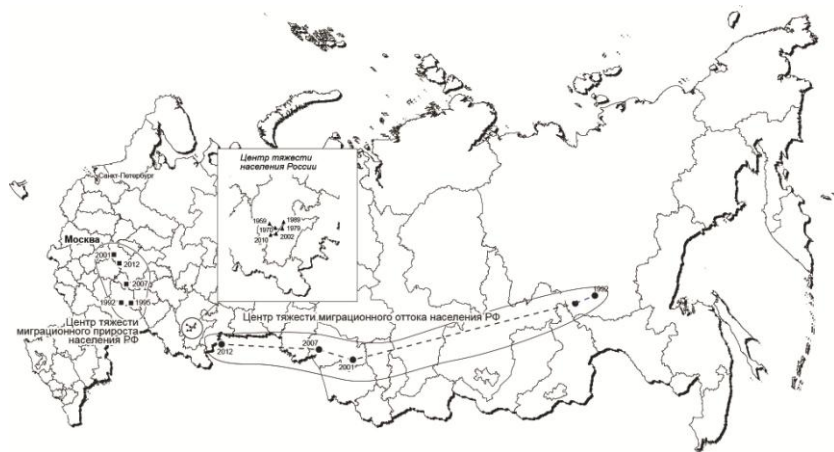


Рис. 1. Применение центрографического метода для определения центра тяжести миграционного прироста населения Российской Федерации, 1992-2012 гг.

Данный метод так же используется для определения центра тяжести расселения этносов в России за разные переписные годы [13]. Анализ данных моделей позволяет оценить тренды в расселения этносов, позволяет выявить, находится тот или иной этнос в «равновесии» или «дисбалансе», определять вектор смещения центра тяжести расселения, выделить народы с разной интенсивностью смены географии расселения.

Для отображения географии расселения различных этносов, удобно применять точечный метод (способы ареалов) [3]. В качестве исходных данных построения моделей ареала расселения выступает численность этноса в регионах. Используя систему повторяющихся наблюдений, картографические модели позволяют исследовать трансформирующуюся во времени географии расселения отдельных этносов, компоновка данных позволяет определять ареалы соприкосновения различных этнических групп. Нами так же отработана методика оптимального определения веса 1 точки (1 точка равна 200 чел.), так как это необходимо для сопоставления этносов с различной численностью населения на разных территориальных уровнях.

При анализе расселения этносов достаточно интересно использовать метод картографических анаморфированных изображений. В качестве

исходных данных построения анаморфозы выступает так же численность этноса в регионах. Визуально видим контраст отдельных регионов. В частности на рисунке 2(б) на анаморфозе численности армян отчётливо выделяются южные регионы: Краснодарский и Ставропольский край, Республика Адыгея, а так же Московская область и Москва, территории с высокой численностью в структуре населения армян.

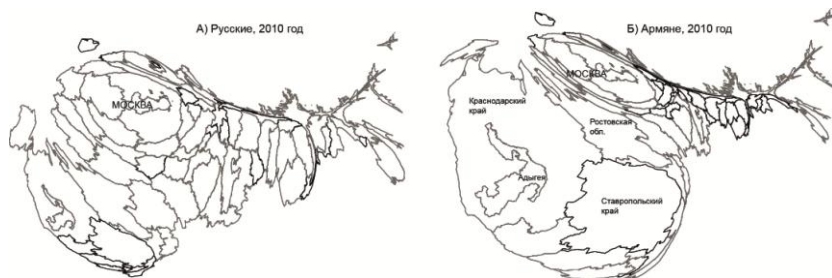


Рис. 2. Анаморфозы построенные на основе численности русских и армян в регионах России

Достаточно прост для подготовки картографических моделей метод качественного и количественного фона (покрытие) [14]. Данный способ нами активно применяется для отображения миграционных процессов, в частности динамики миграционного прироста (убыли населения). При подготовки данных моделей используется выработанная и апробированная шкала прироста убыли человек на тысячу населения. Удобен данный метод и для выделения центров и зон миграционной активности населения и т.д. Так же он удобен для построения моделей отражающий преобладающий этнос в регионе (муниципальном районе, населённом пункте).

Активно используется при моделировании этнических и миграционных процессов способ картодиаграмм а так же сетчатых диаграммы [7]. Построения таких моделей позволяет наглядно демонстрировать этническую структуру населения отдельных территорий. Достаточно эффективно применяются при подготовки этнических портретов регионов, муниципальных районов и городов. Так же возможно использовать для картографирования прибывших и выбывших мигрантов, качественных показателей миграционного прироста населения на уровне отдельных населённых пунктов.

Возможность геоинформационных систем достаточно оперативно обрабатывать и организовывать в базу геоданных большие массивы информации в последующем позволяет оперативно моделировать

этнические и миграционные процессы на разных территориальных уровнях. Ряд выше представленных моделей использованы при подготовке и издании тематических атласов, в частности «Миграционные процессы в России» [1], Этнический атлас Ставропольского края [8], Атласная информационная система «Расселение народов в России»¹ и др.

Работа подготовлена при финансовой поддержке РФФИ № 13-06-00462

Библиографический список

1. Белозеров В.С., Щитова Н.А., Панин А.Н., Чихичин В.В., Фурщик М.А., Черкасов А.А., Гусаков Е.А. и др. Миграционные процессы в России: Атлас. Ставрополь: изд-во СГУ, 2011. 52 с.: ил.

2. Белозеров В.С., Раужин И.Г. Геоинформационная система полимасштабного мониторинга миграционных процессов в России // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт / ред. кол.: С.П. Евдокимов. Смоленск, 2012. С. 280 – 283.

3. Белозеров, В.С. Черкасов А.А. Исследование этнических аспектов урбанизации в России с помощью ГИС технологий // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2012. – Вып. 80 (3). – С. 183 – 188.

4. Белозеров В.С. Черкасов А.А. ГИС-мониторинг этнических процессов в России // Современная наука и инновации. – Ставрополь. 2013 – №1 – С. 157 – 161.

5. Белозеров В.С., Черкасов А.А., Чихичин В.В., Атлас расселения народов России: подходы особенности создания // Вестник Северо-Кавказского федерального университета: научный журнал. – 2013 – №6(39) – С. 31 – 36.

6. Белозеров В.С., Панин А.Н., Черкасов А.А. Моделирование миграционных процессов // Миграционные мосты в Евразии Сборник VI Международной научно-практической конференции «Роль миграции в социально-экономической и демографическом развитии посылающих и принимающих стран Евразии: регионы Восточной Европы и Центральной Азии» Москва-Ереван, 2014 г. с. 28-31.

7. Белозеров, В.С. Панин А.Н., Черкасов А.А. ГИС «Этнические процессы в России» – инструмент управления полиэтничными территориями // ИнтерКарто-ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие террито-

¹ Атласная информационная система «Расселение народов в России» (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2013620523 от 17 апреля 2013 г., Белозеров В.С., Панин А.Н., Черкасов А.А., Коржов И.Ю.)

рий: картографо-геоинформационное обеспечение /ред. В.С. Тикунов. Белгород 2014. С. 381-391.

8. *Белозеров А.А., Панин А.Н., Приходько Р.А., Чихичин В.В., Черкасов А.А.* Этнический атлас Ставропольского края. Ставрополь: изд-во ФОК-Юг, 2014. 314 с.

9. *Полян П.М., Трейвиш А.И.* Центрографический метод исследования территориальных структур: проблемы развития и применения // Изв. АН. 1990. № 2. С. 92-105.

10. *Панин А.Н.* Атласная информационная система «Этнодемографические процессы в Ставропольском крае»: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2005. 21 с.

11. *Раужин И.Г.* Полимасштабный мониторинг демографических процессов в России с использованием геоинформационных технологий: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2011. 20 с.

12. *Тикунов В.С.* Моделирование в картографии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 405 с.

13. *Черкасов А.А.* Мониторинг этнических аспектов урбанизации на основе ГИС-технологий: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2013. 23 с.

14. *Belozerov V.S., Tikunov V.S., Cherkasov A.A., Ibrahimov A., Caliskan V.* Geoinformation technologies in the study of ethnic aspects of urbanization in Russia // *Geography, environment, sustainability*. 2013. №4(6) – P. 19–30.

GIS MODELING OF ETHNIC AND MIGRATION PROCESSES IN RUSSIA

V.S. Belozerov, A.A. Cherkasov
North-Caucasus Federal University

355009, Stavropol, street. Pushkin, 1, e-mail: cherkasov_stav@mail.ru

Geoinformation technologies greatly facilitated the work of the researcher. GIS has become a reference tool for many scientists, experts, allows for full spectrum modeling of various spatial and temporal processes. No exception ethnic and migration processes. The article describes the experience of geoinformation modeling and mapping of ethnic and migration processes in Russia, visualization display resettlement of peoples, ethnic structure of the population, as well as various aspects of migration.

Key words: geographic information systems, simulation, visualization, mapping, ethnic processes, migration processes.

МУНИЦИПАЛЬНАЯ ГИС АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ (НА ПРИМЕРЕ СОВЕТСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

В.А. Данилов, С.С. Басамыкин

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
614990, г. Саратов, ул. Астраханская, 83,
e-mail: geograf-nauka@yandex.ru

В статье рассматривается пример разработки и наполнения данными геоинформационной системы агропромышленного комплекса на основе свободно распространяемого программного обеспечения, а также примеры ее практического применения для различных категорий пользователей. Описание системы производится на примере Советского муниципального района Саратовской области.

Ключевые слова: геоинформационная система; ГИС АПК; свободно распространяемое программное обеспечение.

В нашей стране сельское хозяйство является стратегической отраслью, которой уделяется большое внимание на государственном уровне. По инициативе государства разрабатываются и внедряются новые инструменты для информационной поддержки органов власти и сельскохозяйственных производителей. В последнее время одними из таких инструментов становятся специализированные геоинформационные системы Агропромышленного комплекса (ГИС АПК) [7].

ГИС АПК создаются на федеральный, региональный и муниципальный уровни. Наиболее распространенными и развитыми являются ГИС федерального и регионального уровня, муниципальные находятся на стадии формирования и встречаются единично [3, 4].

Основными пользователями систем являются органы государственной власти, для которых посредством геопортальных технологий предоставляется доступ к чтению и анализу данных для целей контроля использования земельных ресурсов. Основным преимуществом подобных систем заключается в возможности наглядной графической или картографической визуализации статистических материалов [3, 4, 8].

Используемые и разрабатываемые в настоящий момент ГИС, к сожалению, не способны обеспечить выполнение запросов и требова-

ний предъявляемых к ним со стороны сельскохозяйственных производителей и пользователей на муниципальном уровне.

Во-первых, в существующих системах отсутствует учет муниципальной специфики, которая заключается в проблемах с качеством связи и высокоскоростным доступом к сети в Интернет, через которую в основном функционируют существующие ГИС; высокой динамике изменения границ участков, частой смене арендаторов и ответственных землепользователей; высокой доле земель используемых без официальной отчетности; необходимости предоставления детальной и специализированной информации (крупномасштабная картографическая основа, большой объем специализированных баз данных (БД)).

Во-вторых, различается конечное предназначение системы. В отличие от федеральных и региональных ГИС, решающих в первую очередь информационно-справочные функции и предоставляющие статистическую отчетность, от муниципальных систем требуется в первую очередь выполнение функции обеспечения принятия управленческих решений, таких как проведение мониторинга земельных участков; уточнение границ участков; предоставление комплексной информации об объекте в виде набора тематических карт и баз данных; предоставление отчетных сведений для государственных органов.

Отличие проявляется не только по функциональному назначению, но по целому ряду других параметров. В проектировании отличие заключается в инициативе создания таких систем со стороны самих сельхозпроизводителей, а не директивных указаний государственных органов. Данный вид проектирования получил название «снизу-вверх», по этой причине у подобных ГИС ограничен круг решаемых ими задач как территориально, так и функционально.

В представлении данных пользователю отличие заключается в выделении специальных категорий пользователей, для которых доступен набор функций, баз данных и вид интерфейса. По причине наличия коммерческой тайны в подобных системах часто выделяются сегменты с закрытой информацией.

В стандартах построения системы и БД отличие заключается в отклонении от общегосударственных стандартов, которые являются обязательными для исполнения на федеральном и региональном уровне. Данные стандарты позволяют определить вертикальную составляющую системы, но не могут отразить муниципальную специфику.

На основе проведенного сопоставления ГИС различных уровней и выявленных отличий систем муниципального уровня, была предложена функциональная структура и тематическое наполнение будущей ГИС, состоящей из набора блоков. Функциональная структура представлена 4 классическими блоками: ввода – отвечает за ввод и редактирование информации в виде картографических материалов, данных дистанционного зондирования и атрибутивных таблиц; хранения – обеспечивает хранение данных в виде набора картографических баз данных в векторном виде в формате shape ArcGIS и растровом виде в формате TIFF/GeoTIFF; обработки – осуществляет выполнение разнообразных операций над данными; вывода – реализует функции визуализации и экспорта данных [1, 6, 9]. Все материалы условно разделены на тематические блоки: картографическая основа, природный и сельскохозяйственный. Первый блок содержит обязательные для любого картографического произведения данные, и служит каркасом для представления материалов других блоков. Второй содержит материалы, отражающие природные процессы и явления, влияющие на хозяйственное использование земель, и позволяющие определить направление использования земельных ресурсов. В третий блок включены данные, которые позволяют определять форму использования территории, определять собственника конкретного участка территории; получать информацию о динамике использования земельных ресурсов, землепользователях, валовом сборе урожая, а также состоянии отдельного участка (фрагмента) поля в осенне - весенний период за определенный промежуток времени.

Было предложено программно-аппаратное решение для создания прототипа ГИС. Оно основано на использовании свободно распространяемого программного обеспечения QGIS с использованием возможностей GRASS GIS и представлено в виде клиент-серверного приложения, что подразумевает установку специализированного программного обеспечения на компьютер пользователя [5]. Это позволяет существенно упростить процесс разработки, внедрения и использования ГИС. Система построена на модульном принципе и состоит из модулей «Сельскохозяйственный производитель» и «Органы контроля», предназначенных для одноименных категорий пользователей.

Был разработан прототип, практическое применение которого складывается из двух направлений использования: предоставления комплексной картографической информации и ведении баз данных. При этом необязательно равномерное использование системы в обоих направлениях, поскольку система может решать разнообразные задачи.

Инструментарий ГИС включает общие и специфические возможности отдельных модулей, причем последние в зависимости от категории пользователей различаются. Общие возможности включают наборы общих инструментов и общих материалов; к этой группе возможностей относятся те инструменты и данные, которые доступны различным категориям пользователей в равном виде и объеме.

Общие инструменты позволяют управлять проектом, видом системы или визуализации; редактировать и вносить новые данные в БД, управлять оформлением материалов и производить их вывод из системы. Кроме того, обеспечиваются возможности навигации, управления масштабом, создания пользовательских комментариев, проведение измерений. Для работы с наполнением атрибутивных БД представлены несколько инструментов и команд, одной из которых является традиционная для геоинформационных систем «Таблица атрибутов», для которой предусмотрено два режима: «таблица» и «формы». Этот инструмент позволяет вносить и редактировать сведения, проводить обработку, фильтровать показываемые материалы.

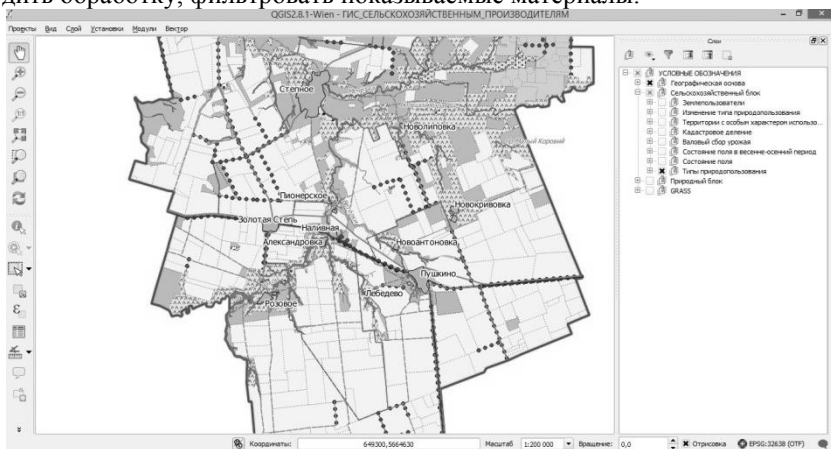


Рис.1 Пользовательский интерфейс специализированной муниципальной ГИС АПК

Общие материалы содержат сведения, предоставляемые всем категориям пользователей, и включают информацию о владельцах и землепользователях участков территории, землях с особым характером использования, землях выведенных или вовлеченных в сельскохозяйственное использование.

Основным результатом работы ГИС являются отчеты в картографической или иной форме. Для удобства работы пользователей с недостаточным знанием основ картографии разработаны шаблоны

картографических отчетов, которые сохранены в системе и доступны через специальный инструмент. Данные шаблоны могут применяться пользователями для быстрого картографического представления своих материалов и сведений, принятия управленческих решений за счет уменьшения степени неопределенности о территории. Единственное условие – чтобы были включены представленные на них картографические слои. Также у пользователя есть возможность самостоятельно создавать подобные шаблоны.

Специфические возможности модуля «Сельскохозяйственный производитель» заключаются в наличии особых инструментов и материалов. Например, в данном модуле представлены интегрированные модули GRASS GIS, которые позволяют создавать и использовать трехмерные модели. Эти модели могут использоваться для мониторинга состояния земель и развития эрозионных процессов.

В данном модуле содержатся материалы для комплексного описания используемой территории. Эти сведения позволяют выстроить процесс сельскохозяйственного производства в соответствии с локальными особенностями территории, и являются основой для разработки мелиоративных мероприятий. Такими материалами являются морфометрические и расчетные характеристики рельефа.

В модуле «Органы контроля» представлены специфические материалы для контроля за использованием земель и проверки материалов сельскохозяйственной отчетности. Для этого применяются результаты картографической обработки данных дистанционного зондирования, например, мультиспектральных космических снимков, позволяющих определить состояние отдельных участков пашни весной или осенью и соотнести размеры площадей, используемые по отчетности и в действительности, а также выявить земли, используемые без отчетности [2]. Набор таких материалов в комплекте с картами посевов за некоторый промежуток времени позволяет выявлять нарушения в ведении севооборота и определять земли с повышенной хозяйственной нагрузкой.

Таким образом, в данной работе был описан пример разработки и наполнения данными геоинформационной системы агропромышленного комплекса для целей земледелия, которая обеспечивает информационную поддержку для управления земельными ресурсами.

Библиографический список

1. *Власов М.Ю., Горбачев В.Г.* Геоинформационные системы. URL: <http://loi.sscs.ru/gis/integro/gis/byte1.htm>. (дата обращения: 20.11.2014).

2. *Геологическая Служба США*. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 13.03.2014).
3. *Главный Вычислительный Центр Министерства Сельского хозяйства Российской Федерации*. Отраслевой геопортал ФГУП «ГВЦ Минсельхоза России». URL <http://geoportals.mcx.ru/portal/> (дата обращения: 17.04.2014).
4. *Глумнов Н. И., Чернов А. В.* Региональная ГИС агропромышленного комплекса. URL: <http://www.gisa.ru/49184.html> (дата обращения: 24.03.2014).
5. *Павлов С.В., Шкундина Р.А., Усов Т.М.* Реализация сервис-ориентированного подхода к разработке корпоративных геоинформационных систем на платформе ArcGIS // ArcReview. 2010 Вып. 2 (53). URL: http://dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=944&SECTION_ID=28 (дата обращения: 20.11.2014).
6. *Самардак А. С.* Геоинформационные системы. Владивосток ДВГУ, 2005. 123 с.
7. *Ушаков А.* Использование геоинформационных технологий в сельском хозяйстве. URL http://loi.sssc.ru/gis/razlgis/doc_geo.html (дата обращения: 25.03.2014).
8. *Data+.* Система дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Геоинформационные системы для бизнеса и общества. URL: http://dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=1470&SECTION_ID=41 (дата обращения: 04.04.2014).
9. *OSgeo.* Руководство пользователя. URL: <http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/> (дата обращения: 20.02.2015).

MUNICIPAL GIS AGRICULTURE: INFORMATION SUPPORT FOR LAND ADMINISTRATION (THE CASE OF THE SOVIET DISTRICT OF SARATOV REGION)

VA Danilov, SS Basamykin
Saratov State University. NG Chernyshevsky
614990, Saratov, ul. Astrakhan, 83, e-mail: geograf-nauka@yandex.ru

The article describes an example of the development and filling data of geographic information system of agriculture based on free software, as well as examples of its practical application to different categories of users. Description of the system is carried out by the example of the Soviet of the municipal district of the Saratov region.

Key terms: Geographic Information System; GIS agribusiness; free software.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТИПОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

М.А. Иванов

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: maximko-87@mail.ru

В статье проводится анализ существующих методов дешифрирования многозональных космических снимков (на примере снимков со спутников Landsat) для картографирования землепользования на региональном уровне генерализации.

Ключевые слова: Landsat; землепользование; визуальное дешифрирование; компьютерная классификация; объектно-ориентированное дешифрирование.

Информация о характере функционального использования территории является необходимой для решения целого ряда задач в области географических и экологических исследований:

- оценка антропогенной нагрузки на территорию;
- тематическое картографирование;
- ландшафтное планирование;
- оценка динамики антропогенных и природно-антропогенных комплексов;
- мониторинг объектов землепользования, и др. [1]

Особенности изменения землепользования во многом определяют темпы эрозионно-аккумулятивных процессов и ряда других экзогенных процессов в пределах равнинных территорий. В связи с высокой динамичностью изменений характера землепользования возникает необходимость оперативного получения актуальной информации об их пространственных изменениях за определённые интервалы времени. Источником такой информации в последние десятилетия являются материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [2]. Пространственное разрешение, охват и тип используемых данных обуславливается масштабом исследования. Для глобального, мелкомасштабного картографирования наиболее подходящими являются многозональные снимки низкого разрешения, например, MODIS. Для решения задач по оценке динамики землепользования в среднем и крупном масштабах более целесообразно использование космических снимков сверхвысокого разрешения и аэрофотосъемки.

Для создания и обновления пространственных баз данных землепользования на региональном уровне (на уровне средних по разме-

рам речных бассейнов или других территориальных единиц) подходят многозональные снимки среднего разрешения, наиболее популярными из которых являются снимки, выполненные со спутников Landsat, начиная с Landsat 5 [6]. Помимо достаточного для решения данных задач разрешения (30 м на пиксель) и съемки в нескольких каналах, выбор данных снимков обусловлен еще рядом причин:

- бесплатный доступ к материалам съемки;
- сплошное покрытие территории;
- большой архив данных (с 1984 г.);
- подходящая периодичность съемки.

Очевидно, что для различных типов снимков используются и различные методы дешифрирования. Для многозональных снимков низкого разрешения в силу обширного охвата лучше использовать методы компьютерной классификации, тогда как для снимков сверхвысокого разрешения эти методы плохо применимы, ввиду большой детальности.

Для снимков Landsat применимы как методы визуального дешифрирования и ручной оцифровки, так и автоматизированные методы дешифрирования. Рассмотрим подробнее эти методы с точки зрения возможности и удобства их применения для картографирования структуры землепользования.

Следует отметить, что дешифрирование типов землепользования предполагает распознавание целого комплекса разнородных объектов с уникальными свойствами отображения, что является задачей более сложной, чем дешифрирование отдельных типов объектов (например, лесов, водоемов и т.п.).

При использовании любых методов в первую очередь необходимо провести предварительное визуальное дешифрирование, для составления перечня идентифицируемых объектов и определения их дешифровочных признаков.

Самым технически простым методом является ручная оцифровка (векторизация) типов землепользования. Основным недостатком такого подхода является трудоёмкость, однако этот метод позволяет идентифицировать максимально возможное количество типов объектов. Одинаково успешно дешифрируются как площадные, так линейные и точечные объекты. Использование комплекса прямых и косвенных дешифровочных признаков позволяет точно разделить разнородные объекты, а также распознать объекты невидимые на снимке. Достоверность результатов в этом случае во многом будет определяться профессионализмом дешифровщика. Возникает возможность появления ошибок, например, пропуск мелких объектов.

Когда речь идёт о картографировании обширных территорий, широко применяются методы компьютерной классификации, подразумевающую автоматизированное подразделение всех пикселей снимка на группы, соответствующие разным объектам (классам) [3]. Сюда относятся методы классификации с обучением (эталонная), без обучения (автономная), гибридная классификация, классификация с использованием нейронных сетей и др.

Из всех перечисленных, только в методах автономной классификации (кластеризации) исключен «человеческий фактор». Классификация с обучением, равно как и алгоритмы нейронных сетей, требуют от дешифровщика правильного подбора обучающей выборки, как залога получения достоверных результатов.

Основным преимуществом методов автоматизированной классификации по сравнению с ручной оцифровкой, является высокая скорость. Вместе с тем, можно выделить ряд недостатков, присущих этим методам:

- невозможность идентификации линейных и незначительных по размеру (точечных) объектов;
- невозможность грамотного распознавания объектов со сложной внутренней структурой (например, населенных пунктов);
- невозможность дифференцирования сельскохозяйственных земель на пахотные и сенокосно-пастбищные угодья (ввиду схожести лугов и полей со всходами культур по яркостным признакам)
- идентификация только по яркостным характеристикам;
- ошибки оmissии и комиссии.

Таким образом, методы попиксельной классификации больше подходят для дешифрирования типов земного покрова, нежели категорий землепользования.

Одним из наиболее современных методов автоматизированного дешифрирования снимков, который можно выделить в отдельную категорию, является объектно-ориентированный анализ изображений.

Методика объектно-ориентированного дешифрирования подразумевает первоначальное выделение на изображении объектов (сегментов), как областей относительной однородности цвета, текстуры и яркости. На следующем этапе проводится классификация этих объектов, как по традиционным спектрально-яркостным признакам, так по признакам геометрическим (форма, площадь, ориентация и др.), контекстным (вхождение в более крупные объекты или области, близость к объектам определенного класса и др.) и текстурным [4].

Наиболее известным программным продуктом в этой области является система объектно-ориентированного анализа изображений Definiens eCognition.

В программе реализована процедура сегментации с переменным разрешением, которая представляет собой последовательное слияние областей, начиная с объектов размером в один пиксель. Шаг за шагом мелкие объекты объединяются в более крупные [5].

Сама процедура дешифрирования может осуществляться различными путями. Один из них – эталонная классификация. Однако в отличие от стандартных методов использующих не более 3х каналов и оперирующих только яркостными характеристиками, в Definiens eCognition эталоны используются для обучения базы знаний, на основе которой изображение будет классифицировано, а сама база знаний представляет собой n-размерное поле признаков, где n – количество признаков. Поскольку программа работает с сегментами, в качестве признаков используются яркостные показатели (значения яркости, среднеквадратичное отклонение, диапазон значений, производные индексы), показатели текстуры (коэффициенты энтропии, однородности), формы (отношение ширины объекта к его длине, размер вписанного в объект прямоугольника, размер вписанного в объект эллипса, индекс формы) и др [2]. Более того, в качестве признаков могут использоваться дополнительные растровые и векторные данные.

Несмотря на большое количество признаков (показатели яркости, текстуры, формы и т.д.) которые применяются при эталонной классификации, она является далеко не идеальным методом автоматизированного распознавания различных типов землепользования. Для наиболее точного выделения различных объектов целесообразно применять различные уровни сегментации изображения и индивидуально подбирать показатели. Показатели должны быть характерными для соответствующего объекта, и в то же время не должны иметь высокого разброса значений в пределах одного класса [6].

С учетом таких требований процедура дешифрирования может быть реализована с использованием алгоритма представленного деревом последовательных иерархически выстроенных процессов. При создании алгоритма важно продумать последовательность выделения классов, чтобы исключить классифицированные объекты из дальнейшей обработки изображения для упрощения идентификации оставшихся классов. Следует отметить, что в разработанном алгоритме процесс идентификации каждого типа землепользования включает целый комплекс процедур:

1. сегментация изображения;

2. выделение класса (индивидуально подобранные признаки заранее прописываются внутри классов);
3. удаление «дыр» (если необходимо)
4. генерализация результата классификации;
5. объединение соседних объектов одного класса в единые полигоны [2].

Несмотря на довольно трудоемкий процесс разработки, иерархический алгоритм дешифрирования имеет ряд преимуществ перед эталонной классификацией. Во-первых, благодаря индивидуально подобранным дешифровочным признакам и вариантам сегментации, резко возрастает достоверность идентификации объектов. Во-вторых, алгоритм не требует от дешифровщика выделения эталонных участков, что не только сокращает время обработки снимка, но и делает этот процесс полностью автоматизированным (то есть, алгоритм отрабатанный на ключевом участке может использоваться для дешифрирования других фрагментов того же снимка).

Методы объектно-ориентированного дешифрирования позволяют выделять такие сложные объекты, такие как населенные пункты. Более того, использование текстурных признаков и различных коэффициентов, описывающих форму объектов, делает возможным разделение пашни со всходами и сенокосно-пастбищных угодий (хоть и не со стопроцентной точностью), а также позволяет дифференцировать селитебные земли на городские и сельские поселения. Однако, этот метод не позволяет идентифицировать линейные и точечные объекты.

На основе анализа рассмотренных методов дешифрирования были выделены основные характеристики каждого из них (Табл. 1).

Таблица 1

Особенности различных методов дешифрирования для картографирования землепользования

	<i>Ручная оцифровка</i>	<i>Автономная классификация</i>	<i>Эталонная классификация</i>	<i>Объектно-ориентированное дешифрирование</i>
<i>Идентифицируемые объекты</i>	Площадные, линейные, точечные	Площадные	Площадные	Площадные
<i>Количество достоверно выделяемых классов</i>	Максимально возможное	Основные классы, хорошо отличимые по яркостным характеристикам	Основные классы, хорошо отличимые по яркостным характеристикам	Возможно выделение сложных по структуре и текстуре объектов
<i>Трудоемкость</i>	Высокая	Низкая	Низкая	Средняя

Очевидно, что для создания наиболее полной, комплексной геоинформационной базы данных землепользования необходимо сочетание методов автоматизированного дешифрирования и ручной векторизации. Однако, при таком подходе возникают свои методические трудности. Например, необходима коррекция топологии между объектами, оцифрованными вручную и построенными в результате компьютерного дешифрирования полигонами. Подводя итог, можно сказать, что выбор метода дешифрирования при картировании землепользования в первую очередь зависит от характера и масштаба задачи, при решении которой эта информация будет использована.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 15-17-20006

Библиографический список

1. Иванов М.А. Идентификация типов землепользования по материалам ДЗЗ с применением системы объектно-ориентированного дешифрирования // Современные проблемы географии и гидрологии суши: сборник статей участников Всероссийской молодежной научной школы. Москва: Географический факультет МГУ, 2010. С. 36-37.

2. Иванов М.А. Идентификация пахотных угодий по материалам дистанционного зондирования Земли с применением системы объектно-ориентированного дешифрирования // Эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы: теоретические и прикладные вопросы. Москва: Географический факультет МГУ, 2011. С. 124-130.

3. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 336с.

4. Андрианов В. Ю. Новые технологии дистанционного зондирования и работы с ДДЗ// ArcReview, 2005. №3. С. 1-2.

5. Martin Baatz, Ursula Benz, Seyed Dehghani. Definiens Ecognition. User guide. Munich, 2004. 486p.

6. Yermolaev O.P., Ivanov M.A. Environmental Assessment of Basin Geosystems Based on the Landscape Approach // Biosciences Biotechnology Research Asia, November 2014.Vol. 11(Spl.Edn.), p.257-263.doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1472>.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF LAND USE MAPPING BASED ON SPACEBORNE IMAGERY

Ivanov M.A.

Kazan (Volga-region) Federal University, 420008, Kazan, 18 Kremlyovskaya St.,

e-mail: maximko-87@mail.ru

The paper analyzes existing methods of multispectral satellite images processing (for Landsat images) for land use mapping at the regional scale.

Key words: Landsat; land use; visual interpretation; computer classification; object-oriented analysis.

**МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ
ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Е.С. Киселева

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,

e-mail: kiseleva.ekaterina@inbox.ru

к.г.н., доцент Черепанова Е.С.

В сообщении рассматриваются особенности проектирования и создания социально-экономических карт на территорию Пермского края.

Ключевые слова: социально-экономическое картографирование, математико-картографическое моделирование.

Содержание социально-экономической науки постоянно меняется в результате происходящих перемен в жизни стран и регионов. В сферу исследований географа ежегодно включаются большие массивы информации и его задача – сделать эту информацию полезной. Создание карт социально-экономических объектов и явлений является необходимым шагом для развития инновационных подходов к управлению регионом, повышения уровня современного понимания и интерпретации происходящих процессов в экономике и обществе. Использование геоинформационных технологий для создания такого типа карт позволяет получать широкий спектр геоизображений любого пространственного охвата и тематики.

К настоящему времени накоплено большое количество разнообразных статистических и литературных материалов по социально-экономической географии Пермского края, которые могут быть систематизированы и представлены в виде системы карт. Создание тематических карт современного социально-экономического положения Пермского края направлено на обобщение знаний о регионе и представление их в форме, удобной для учебной и исследовательской работы.

Основным методом исследования социально-экономических объектов и явлений является метод моделирования, т.е. способ разработки и использования моделей. Метод моделирования основывается на принципе аналогии, т.е. возможности изучения реального объекта не непосредственно, а через рассмотрение подобного ему и более доступного объекта, его модели. Под математико-картографическим моделированием понимается органическое комплексирование математических и картографических

моделей в системе «создание — использование карт» для конструирования или анализа тематического содержания карт [2]. Основная функция математических моделей — целенаправленная переработка исходной информации, передача информации в условной знаковой форме. Карта представляет собой математически строго определенную формализованную модель, построение которой производится по законам математической картографии, то есть включает в себя и математическую, и картографическую модель. Математико-картографическая модель как бы синтезирует математический и картографический элементы вместе.

Методы ГИС-технологий, используемые для создания карт, базируются на использовании баз пространственных данных и алгоритмических процедур, применяемых в ГИС для выполнения пространственного анализа и моделирования [3]. Основные из них: преобразования систем координат, автоматизированная генерализация, классификация, интерполяция, методы представления пространственных объектов и взаимосвязей. Такой набор процедур наряду с операциями оверлея и выбора нужных объектов по запросам позволяет создать большое разнообразие базовых и производных тематических карт.

Важным и первостепенным этапом при составлении социально-экономических карт, является составление программы карт. Программа определяет общий замысел карты, ее содержание и форму. В разработке программы должны учитываться особенности социально-экономического картографирования, назначение карты и характер исходных материалов.

Источники информации для составления социально-экономических карт могут быть разнообразными по видам и тематике. Начиная от официальной статистики и заканчивая энциклопедиями. Все источники целесообразно дополнять и проверять друг с другом. Поиск статистических источников следует уделить особое внимание. Еще Н.Н. Баранский писал: «Главное требование, которое экономическое картографирование предъявляет к статистическим данным, заключается в возможно большей пространственной детализации этих данных, к приуроченности их к мелким территориальным делениям, а если это возможно, то к совершенно точно определенным пунктам» [1]. Таким образом, локализация экономической информации должна быть в большинстве случаев локализована в точке, и лишь некоторые явления могут рассматриваться в площади, например, по административно-территориальному делению.

В ходе подготовительных работ нами была создана программа серии карт социально-экономической географии Пермского края. Источниками информации послужила официальная и ведомственная статистика, материалы сети Интернет и научная литература. Главным

источником информации послужили фондовые материалы Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю, а именно: «Производство промышленной продукции в натуральном выражении по полному кругу предприятий, включая малые предприятия и индивидуальных предпринимателей в 2012 г.», статистические сборники «Муниципальные образования Пермского края» за 2012 и 2014 г. и др. Помимо этого была разработана единая математическая и картографическая основа, макеты компоновки, продуманы принципы генерализации и оформления карт.

Программа включает в себя проект 21 карты, состоящий из трех разделов: «Административно-территориальное деление», «Экономика», «Население и социальная инфраструктура». Главным принципом при проектировании экономических карт послужило отраслевое деление хозяйства Пермского края и особенности изучения этих отраслей в образовательных учреждениях.

Классификация отраслей промышленности производилась по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД). В соответствии с данным классификатором были распределены все найденные предприятия промышленности в Пермском крае. Название группы предприятий давалось исходя из названия раздела ОКВЭД, которому они принадлежат.

Основными разделами карт являются горнодобывающая и обрабатывающая промышленность. Горнодобывающая промышленность объединяет отрасли по добыче и первичной обработке полезных ископаемых. Месторождения являются эксплуатируемыми либо находятся в состоянии консервации, но являются стратегически важными для экономики региона. Обрабатывающая промышленность включает в себя основные отрасли промышленности Пермского края: черная металлургия, цветная металлургия, нефте- и газоперерабатывающая промышленность, химическая и нефтегазохимическая, машиностроение и металлообработка, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, промышленность строительных материалов, легкая и пищевая промышленность. Отраслевые карты включают составляющие производства этих отраслей.

Карты населения отображают информацию о расселении и воспроизводстве населения Пермского края, национального состава муниципальных образований.

Карты социальной инфраструктуры отображают сеть образовательных и медицинских учреждений.

Создание карт производилось в лицензионном программном продукте ArcMap 10.2.

Созданные карты являются серией учебно-справочных карт по социально-экономической географии Пермского края и могут быть

включены в общий тематический атлас Пермского края как социально-экономический раздел. Изучение географии Пермского края в сегодняшний день ведется по атласу еще Пермской области, социально-экономический раздел которого не велик и сильно устарел. Можно также отметить, что подобные отраслевые карты на современный период развития региона создаются впервые.

Библиографический список

1. Баранский Н.Н., Преображенский А.И. Экономическая картография. М.: Государственное издательство географической литературы, 1962. – 284 с.
2. Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 480 с.
3. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М.: КДУ, 2008. – 424 с.

MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC MODELING SOCIAL AND ECONOMIC OBJECTS AND PHENOMENA OF PERM REGION

E.S. Kiseleva

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Perm State University, 614990, Perm, street Bukireva, 15,
e-mail: kiseleva.ekaterina@inbox.ru

In the message a features of the design and creation of social and economic maps the Perm region.

Key words: socio-economic mapping, mathematical and cartographic modeling.

УДК 379.85+004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТУРИСТСКОГО ОБРАЗА РЕГИОНА

М.Н. Куница, Г.В. Лобанов, Н.Л. Гаврютина

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 241036, Брянск, ул. Бежицкая, 14,
e-mail: geobgu@mail.ru

Отражена роль информационных ресурсов в формировании туристского образа региона. Рассмотрена методика создания информационных ресурсов на примере одного из ее элементов. Представлен фрагмент региональной туристско-рекреационной ГИС модельного района.

Ключевые слова: туристский регион, туристский образ региона, информационные ресурсы, природно-рекреационный потенциал, историко-культурный потенциал, наследие.

Туристский образ региона – важный элемент реализации туристской политики. Образ задаёт стратегию развития дестинации через анализ её преимуществ и ограничений среди альтернативных вариантов. Целевая функция образа – активизация спроса, продвижения регионального туристского продукта на рынки разных уровней (от регионального до международного). Формирование туристского образа региона – сложный процесс взаимодействия научно-методологического, методического, проектно-организационного и образовательно-просветительного «блоков», функционирование которых обеспечивается представителями науки, бизнеса, управления и образования. Блоки акцентированы на решение разных задач сбора, хранения, анализа, оценки и представления туристской информации, но их взаимодействие создаёт целостный образ региона. Взаимодействие обеспечивается специализированными информационно-коммуникационными технологиями, опыт разработки и применения которых для интеграции усилий по созданию туристского образа остаётся весьма ограниченным.

Туристский образ ассоциируется с устойчивыми представлениями о преимуществах и ограничениях использования ресурсов региона производителями и потребителями услуг. Для потребителей это вероятность успешного посещения региона, обусловленная собственно привлекательными объектами и обеспечивающей их инфраструктурой. Производители оценивают вероятность выбора региона по преимуществам дестинации среди альтернативных вариантов. Соотношение преимуществ и ограничений изменяется во времени и проявляется как в реальном качестве услуг, так и представлениях о них. Среди технологий, обеспечивающих эффективное взаимодействие производителей и потребителей, получило признание организация геоинформационных ресурсов, интегрирующих пространственные данные об аттрактивных элементах природно-рекреационного и историко-культурного потенциалов, объектах туристской индустрии и инфраструктуре, качестве предоставляемых услуг как способа взаимодействия блоков, формирующих образ региона. Структура, содержание, подходы к разработке и приемы использования таких ресурсов пока недостаточно формализованы и апробированы. Научно-методическими основами создания информационных ресурсов являются общие принципы организации пространственных данных средствами ГИС технологий, в частности картографическое представление туристско-рекреационных ресурсов, возможность решения географических поисковых и аналитических задач, интеграция сведений различного типа и уровня генерализации в базах пространственных данных (БПД).

Информационные ресурсы, систематизирующие характеристики аттракторов – объектов природного и культурного наследия – не имеют строго заданного содержания и технологии организации. Возможно использование Интернет-ресурсов, коммерческих платформ или специализированного программного обеспечения. Распределение объектов может быть представлено на тематических картах, построенных по правилам классической картографии, или геоизображениях произвольно сочетающих «растровую подложку» - спутниковые снимки, топографические карты и отдельные объекты туристской инфраструктуры, обычно в векторном формате. Разнообразие географических задач в самом общем виде представлено двумя типами – справочными и информационно-аналитическими. Задачи первого типа - представление пользователю сведений о размещении и свойствах объектов в картографической, табличной или иной форме. Содержание второго типа задач – поиск неявного содержания БПД – закономерностей размещения объектов в пространстве, изменение их свойств, в том числе «потребительских», анализ перспектив развития туризма. Решение в данном случае обеспечивается интеграцией в БПД сведений о компонентах природно-рекреационного и историко-культурного потенциалов, «взаимосвязи» которых теоретически обоснованы или потенциально возможны для организации комплексной специализации туристской деятельности в регионе.

Регионом исследования является юго-западная Брянская область России, расположенная в пределах низменных и возвышенных равнин, в зонах контактов смешанно-, широколиственно-лесных и лесостепных типов ландшафтов. Эта приграничная в прошлом и настоящем территория отличалась активным и разнотипным хозяйственным развитием, длительным и достаточно интенсивным заселением. Она относится к категории староосвоенных, обладает гетерогенным природным и социально-экономическим потенциалом. Популярность региона для посещения ограничена радиоактивным загрязнением после аварии на ЧАЭС. В образ территории включились устойчивые представления об опасности для жизни и здоровья не только жизни, но и краткосрочных посещений области. За годы после аварии плотность радиационного загрязнения существенно уменьшилась, но негативные черты в туристском образе области всё ещё сохраняются. Конструирование положительного туристского образа области в общественном сознании – актуальная задача современной региональной политики. Возможности представления ее привлекательных особенностей реализованы не полностью.

В качестве модельного выбран Брянский туристско-рекреационный район как узловой в туристском пространстве области [1, 4]. Район отличает сложность ландшафтной структуры, представленной 8 физико-географическими районами 3 типологических групп – лессовых плато и ополей, моренных и водно-ледниковых равнин, моренно-зандровых и аллювиально-зандровых равнин [3]. Эталонные комплексы представлены в 56 особо охраняемых природных территориях. Разнообразие природно-рекреационного потенциала – ресурс развития различных видов туризма, в частности экологического, познавательного, оздоровительного, спортивного. Гетерогенность геокультурного пространства определила высокий историко-культурный потенциал (677 памятников, из которых 33 – федерального статуса) [2]. В районе известно 173 археологических объекта эпох – от палеолита до позднего средневековья. Архитектурное наследие (161 объект) представлено церковным зодчеством, гражданской, жилой и промышленной застройкой. Среди доминирующей категории памятников истории и монументального искусства (343 объекта) особое место занимают связанные с событиями Великой Отечественной войны. Данный тип потенциала – ресурс развития познавательного туризма. Для региона характерна наибольшая в области обеспеченность организациями и предприятиями туристской индустрии. В территориальной структуре Брянского туристско-рекреационного района выделяются подрайоны, узлы, центры, ареалы, пункты туристской деятельности.

Информационный ресурс организован средствами ГИС-пакета Mapinfo. Визуальное представление БПД образовано множеством потенциальных геоизображений (карт), содержание которых строго не задано. Определен базовый вариант карты, передающий особенности культурного и природного наследия и разнообразные производные варианты, ограниченные отдельными типами объектов. Основное содержание составляет пространственная модель охраняемых природных и историко-культурных объектов, статус которых установлен законодательно. Дополнительное содержание отражает распределение отдельных объектов географической среды (реки, леса) и элементов территориальной организации общества (административной структуры, сети расселения, транспортной инфраструктуры). Данные распределены по структурным элементам базы (таблицам) согласно происхождению, законодательному статусу, типу объектов географической среды. Позиционные данные для большинства объектов вследствие небольшого размера ограничены координатами центра (объект типа «точка»), для крупных (природных заказников) представлены набором точек, задающих особенности контура (объект типа «полигон»). Атрибутив-

ные характеристики объектов включают тип и для природных – профиль, историко-культурных – возраст. Типы и профили соответствуют классификации, приведенной в ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» [5]. Объекты историко-культурного наследия распределены по типам согласно федеральному закону «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» и возрасту по периодам принятым в отечественной исторической науке [6].

Базовый вариант в основном соответствует тематической карте, выполненной способом значков, (кроме пространственных моделей заказников, показанных способом ареалов) (рис. - 1). Базовый и производные варианты имеют общую систему условных знаков, основанную на основных характеристиках (тип, происхождение, статус) и генетических связях объектов (рис. 2). При невысокой плотности объектов в пространстве даже на изображениях небольшого масштаба взаимное расположение объектов передается весьма точно. На участках с высокой плотностью туристических объектов (исторические города, примечательные природные ландшафты) информация частично теряется вследствие наложения значков, но различия их плотности (в целом и по типам) весьма наглядно характеризует туристскую привлекательность частей региона.

Возможное использование БПД соответствует общим задачам организации геоинформационных ресурсов: справочным, поисковым, аналитическим, картографическим. Наиболее разнообразными по условиям и методам решения являются аналитические задачи. Постановка аналитических задач обусловлена научно-прикладными проблемами организации хозяйства региона, их решение в отдельных случаях открывает неочевидные закономерности. Показателен пример сопоставления базовой карты и карты границ водосборных бассейнов. Прослеживается устойчивое «тяготение» большинства объектов первобытного времени, древности и средневековья к долинным комплексам и меньшая связь с ними новейших. Плотность объектов на водораздельных равнинах невелика. Закономерность согласуется с теоретическими представлениями о заселении местности от речных долин и высокой конкуренции за приречные территории.

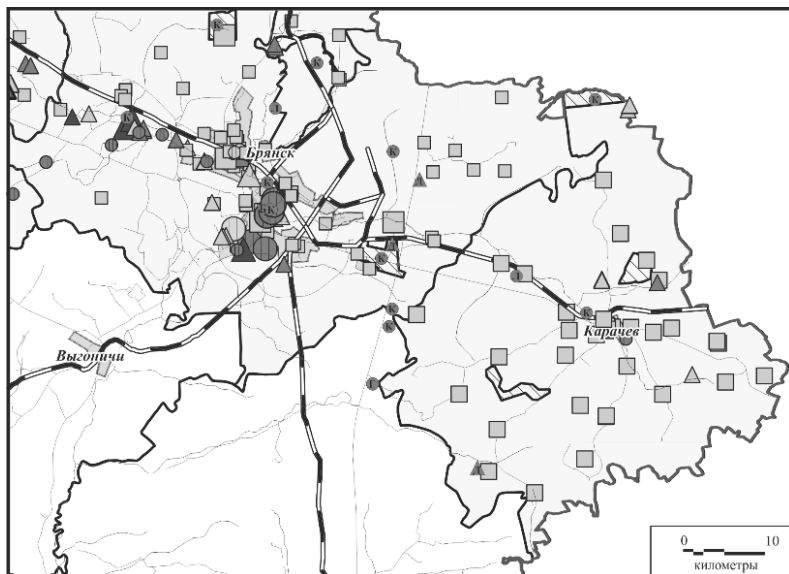


Рис. 1. Базовый вариант карты объектов природного и историко-культурного наследия восточной части Брянского туристско-рекреационного района

Ранг объекта	Памятники культуры						Охраняемые природные территории	
Федеральные		Интервал времени	Новейшее	Новое	Средневековые	Древний мир	Первобытное	Границы ландшафтных заказников
		Тип памятника						Памятники природы, профили:
Региональные		Истории и монументального искусства						Комплексный
		Археологии						Лесной
		Градостроительства и архитектуры						Гидрологический
								Дендрологические парки
								Ботанические сады
Административные границы:		Административные центры, поселения:		Пути сообщения, дороги:		Прочие объекты		
области		городские		Железные		реки		
районов		● сельские		Автомобильные				

Рис. 2. Легенда к базовому варианту карты объектов природного и историко-культурного наследия восточной части Брянского туристско-рекреационного района

Информационный ресурс, в предложенном понимании, рассматривается как инструмент формирования положительных компонентов

туристского образа региона, средство поддержки принятия и реализации решений по его целенаправленному изменению для рынков разных уровней. Наибольший уровень генерализации данных создает «внешний» образ дестинации с высоким природно-ресурсным и историко-культурным потенциалами и является значимым рекламным средством. Он нацелен на стимулирование спроса на национальном рынке. Основная «ниша» менее генерализованных данных – обеспечение продвижения туристского продукта на местном и региональном рынках. Предложенная методика разработки информационного ресурса отражает особенности Брянской области, но в главных чертах может рассматриваться как ориентировочная модель для других регионов.

Библиографический список

1. Администрация Брянской области: <http://www.bryanskobl.ru>
2. Государственное бюджетное учреждение культуры «Брянский областной центр историко-культурного наследия»: <http://www.centrikn-32.ru>
3. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный федеральный округ: Брянская область /под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова и А.Г. Митюкова. М.: НИИ-Природа, 2007. 1144 с.
4. Чистобаев А.И., Красовская О.В., Скатерщиков С.В. Территориальное планирование на уровне субъектов России: Монография. СПб: Инкери, 2010. 296 с.
5. Федеральный закон от 14.03.1995 г. №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями и дополнениями): <http://www.garant.ru>
6. Федеральный закон от 25.06.2002 г. №73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» <http://www.consultant.ru>

INFORMATION RESOURCES IN THE FORMING TOURIST IMAGE OF THE REGION

M.N. Kunitsa, G.V. Lobanov, N.L. Gavrutina
Bryansk State University, 241036, Bryansk, Bezhitskaya Street, 14, E-mail:
geobgu@mail.ru

The role of information resources in the formation of the region tourist image reflect. The method of creating information resources on the example of one of its elements consider. A fragment of the regional tourist-recreational GIS model is presented.

Key words: tourist region, tourist image of the region, information resources, natural and recreational potential, historical and cultural resources, heritage.

**ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОРТОФОТОМОЗАИК
РАЗНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ)**

С.И. Перминов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: boox@ro.ru

*Заведующий кафедрой картографии и геоинформатики ПГНИУ,
д.г.н., профессор Пьянков С.В.*

В сообщении рассматриваются особенности создания ортофотомозаик низкого, среднего и высокого пространственного разрешения (на примере территории Пермского края). Приводятся сведения о больших накопленных массивах спутниковых данных. Проводится сравнение созданных мозаик с покрытиями на глобальных и региональных картографических сервисах.

Ключевые слова: ортофотомозаики, мозаичные покрытия, данные ДЗЗ, большие данные, SPOT-5, Landsat-8.

Специалисты утверждают, что до 80% информации, связанной с производственной деятельностью, имеет пространственное распределение [1]. По этой причине в последнее время все большую значимость и масштабы принимает использование геопространственной информации и средств географического ориентирования. В первую очередь, с каждым годом увеличиваются объемы собираемых данных, таких как данные, полученные путем дистанционного зондирования Земли (далее ДЗЗ), в частности путем съемки спутниковыми аппаратами. В данной статье такие большие накопленные массивы информации мы будем обозначать термином «большие данные из космоса».

Спутниковые данные могут называться «big data», учитывая их огромный накопленный информационный объем (суммарные архивы данных ДЗЗ достигают масштабов эксабайт), их высокую скорость прироста (новые данные поступают практически в непрерывном режиме и с постоянным увеличением скорость прироста) и их разнообразие (данные принимаются сенсорами, работающими в разных частотах электромагнитного спектра, в пассивных и активных режимах, с разным пространственным разрешением и т.д.). Именно эти три параметра выделяют в качестве определяющих характеристик для больших данных [5]. Последнее, но не менее важное, ценность больших данных из космоса зависит от нашей способности извлекать из них новую информацию и смысл. Так, большие накопленные массивы данных ДЗЗ

позволяют создавать из отдельных космических снимков цифровые ортофотомозаики различного пространственного разрешения на обширные территории. Эти покрытия представляют собой бесшовные единые изображения, полученные путем сопоставления перекрывающихся снимков, прошедших процедуру тональной балансировки, имеющих единую географическую привязку и максимальное совпадение с рельефом. При этом для обеспечения эффективной работы, методики создания подобных покрытий должны стремиться базироваться на современных подходах работы с большими данными из космоса и учитывать российские реалии.

Современные технологии работы с большими массивами данных ДЗЗ, главным образом, опираются на использовании возможностей, предоставляемых быстрыми каналами связи и технологиями глобальных компьютерных сетей, а также на использовании для обработки таких данных высокопроизводительных вычислительных ресурсов коллективного использования [2]. Исследование современного состояния big data в России позволяет сделать вывод, что в настоящий момент в нашей стране накоплены значительные массивы разнообразной спутниковой информации, а также имеются необходимые технологические решения для эффективной работы с большими данными из космоса.

В 2015 году на кафедре картографии и геоинформатики географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета была закончена работа по созданию бесшовных ортотрансформированных в единой системе координат и тонально-сбалансированных в естественных цветах мозаик космических снимков различного пространственного разрешения. Созданные мозаики обеспечивают покрытие всей территории Пермского края на трех масштабных уровнях (табл. 1).

Таблица 1

Масштабные уровни и используемые материалы ДЗЗ

Масштаб	Используемые материалы ДЗЗ (наименование КА/наименование съемочного прибора)	Пространственное разрешение, м
1:2 500 000	Terra/MODIS	250
1:200 000	Landsat-8/OLI	15
1:25 000	SPOT-5/HRG, SPOT-6/NAOMI	2,5

Покрытие с пространственным разрешением 250 метров (рис. 1а) создано на основе снимков спутниковой системы EOS MODIS представленной двумя активными спутниками (Terra, Aqua) с широкой полосой сканирования (2230 км), что обеспечивает ежедневное полное

покрытие всей территории Пермского края. Единственным препятствием является облачный покров. Вследствие отсутствия единого идеально безоблачного снимка была создана мозаика из двух сцен. Это снимки со спутника Terra за 30 и 31 мая 2014 года. Данные были получены через сервис NASA в формате .HDF уровня обработки L1B.

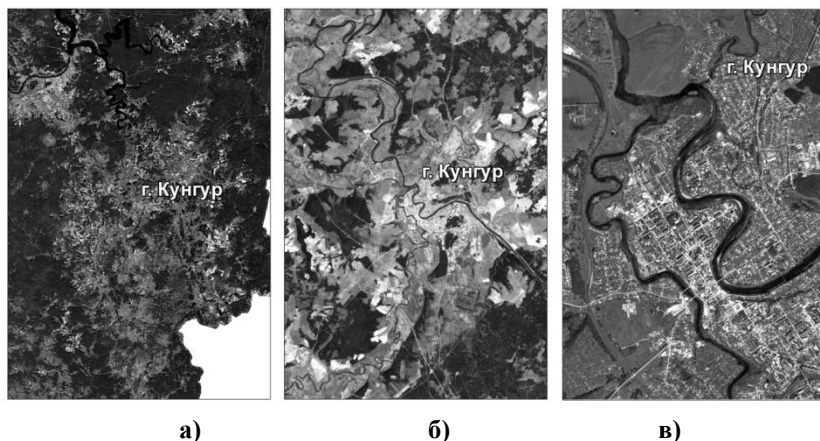


Рис. 1. Фрагменты покрытий а) покрытие 250м (масштаб 1:1 000 000), б) покрытие 15м (масштаб 1:150 000), в) покрытие 2,5м (масштаб 1:25 000)

Покрытие с пространственным разрешением 15 метров (рис. 1б) создано на основе снимков со спутника Landsat-8. Мозаика состоит из 19 сцен за 2013-2014 годы. Данные были получены с сервиса Геологической службы США «USGS GloVis». Отбирались безоблачные снимки летнего периода. Отобранные снимки проходили процедуры фьюжирования (увеличения пространственного разрешения данных), тональной балансировки в рамках единого покрытия, построения линии шивок и исключение облачности. Кроме того для одного из майских снимков была искусственно-синтезирована синяя вода. Сохранение в виде единого растрового покрытия производилось с применением настроенных цветовых палитр, созданных линий шивок и фильтром передискретизации «эрмитовые сплайны» позволяющим добиться при ресэмплинге наиболее высокого визуального качества изображения [3].

Покрытие с пространственным разрешением 2,5 метров (рис. 1в) создано на основе снимков со спутников SPOT-5 и SPOT-6. Мозаика состоит из 90 сцен. Данные были получены из архива космоснимков Межрегионального Центра космического мониторинга Перм-

ского края и ИТЦ «СканЭкс». Отобранные снимки нуждались в геометрической коррекции в единой системе координат. Для компенсации ошибок, связанных с рельефом местности, в качестве дополнительной информации использовались цифровые модели рельефа. Качество геометрической коррекции снимков оценивались по RMSE, а также визуально определялось на соответствие со снимками сверхвысокого разрешения и с уже геометрически скорректированными снимками. Следующий этап обработки связан с особенностью мультиспектральных данных SPOT-5, которые имеют спектральный диапазон, соответствующий зеленому, красному, ближнему и среднему инфракрасному каналам. Излучение в синем диапазоне, съемочная система данного спутника не регистрирует. Таким образом, для получения мозаичного покрытия в естественных цветах проводился расчет «искусственных» каналов. КА SPOT-6 обладает более высокими возможностями по сравнению со своим предшественником. Кроме того спектральные диапазоны его съемочной аппаратуры соответствуют синему, зеленому, красному и ближнему инфракрасному каналам, что позволяет при работе с этими данными исключить этап расчета «искусственных» каналов. Последующие этапы работы над мозаичным покрытием аналогичны ранее описанному на примере мозаики Landsat-8 т.е. это этапы фьюжирования, тональной балансировки, создание линии сшивок и сохранение в виде единого покрытия.

Проведенный обзор существующих мозаичных покрытий на глобальном уровне позволяет сделать вывод, что открытые картографические сервисы глобального уровня (Google Карты, Яндекс.Карты и т.д.) не покрывают всю территорию Пермского края снимками с пространственным разрешением 2.5 метра, а значит, уступают в этом одному из подготовленных мозаичных покрытий, обеспечивающему указанное разрешение для всей территории края. Уступают спутниковые мозаики глобальных сервисов, созданному покрытию и в том, что касается коммерческого использования подобных данных. Не стоит забывать о том, что лицензионные ограничения запрещают использование в коммерческих проектах покрытий открытых картографических сервисов [4], в то время как созданное покрытие свободно от подобных ограничений. Обзор и характеристика ортофотопокрытий, представленных на геопорталах регионального уровня, приводит к выводу, что на региональных геопорталах зачастую отсутствуют собственные мозаичные покрытия. Поэтому им приходится использовать покрытия открытых картографических сервисов, подсоединенные в качестве внешних источников данных. В настоящий момент в Пермском крае

появилась возможность использовать на региональном геопортале, собственные мозаичные покрытия.

Созданные покрытия на текущий момент уже были задействованы в следующих проектах: актуализация квартальной сети лесоустройства лесничеств Пермского края; установление границ ООПТ регионального значения, при создании картографического-сервиса «Историко-культурное наследие Пермского края». Планируется использование мозаик в комплексном учебном региональном атласе Пермского края. Обладая большим потенциалом, мозаичные покрытия обязательно найдут свое применение и во многих других проектах на территории Пермского края.

Библиографический список

1. *Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С.* Геоинформатика. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 480 с.

2. *Лулян Е.А., Саварский В.П., Шокин Ю.И.* Современные подходы и технологии организации работы с данными дистанционного зондирования Земли для решения научных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т.9. № 5. 2012. С. 21-44.

3. *Лурье И.К.* Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М.: КДУ, 2008. 424 с.

4. *Пономарчук А.И., Черепанова Е.С., Шихов А.Н.* Дистанционное зондирование в картографии. Практикум. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. С. 13–18.

5. *Soille P., Marchetti P.G.* Preface // Proc. of the conference on Big Data from Space. 2014.

FEATURES OF CREATE DIGITAL ORTHOPHOTO MOSAICS OF DIFFERENT SPATIAL RESOLUTION (EXAMPLE OF PERM KRAI)

S.I. Perminov

Perm State National Research University,

614990, Perm, street Bukireva, 15, e-mail: boox@ro.ru

In the message discusses the features of the creation of orthophoto mosaics low, medium and high spatial resolution (for example, in the Perm region). Gives data on large arrays of satellite data collected. The create mosaics compared with coatings on global and regional mapping service.

Key words: orthophoto mosaics, mosaic covering, remote sensing, big data, SPOT-5, Landsat-8.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В ПЕРМСКОМ КРАЕ НА ОСНОВЕ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.И. Пономарчук, Я.М. Маракулин

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15,

e-mail: aponomarchuk@psu.ru

В работе представлен метод, обеспечивающий выделение пространственно-распределенных факторов и их значений, соответствующих наибольшей лесной пожарной опасности. В качестве меры пожарной опасности используется относительная частотность возгораний при разных условиях (значениях учитываемых факторов), полученная по фактическим данным о лесных пожарах за пятилетний период наблюдений в Пермском крае. Предложенный метод ранжирования факторов по степени пожарной опасности обоснован применением вероятностно-статистических моделей. Сопоставление критических значений наиболее дискриминирующих факторов с их пространственным распределением обеспечивает процедуру зонирования территории по степени лесной пожарной опасности. Применимость метода иллюстрируется на примере стационарных факторов «виды лесной растительности» и «наличие густого леса».

Ключевые слова: лесные пожары, детектирование пожаров, степень лесной пожарной опасности, районирование, критичные факторы, частотность возгораний.

Лесные пожары наносят значительный урон природе и хозяйственной деятельности, что стимулирует разработку методов их своевременного обнаружения, организацию мероприятий по предупреждению и уменьшения негативных последствий лесных пожаров. В настоящее время для значительной части лесных территорий не существует достаточно эффективных и экономически оправданных методов обнаружения пожаров (мониторинга лесной пожарной опасности, далее – ЛПО) на ранних стадиях возгорания – как правило, мероприятия по пожаротушению проводятся уже на стадии активного горения. В частности, применение средств космического мониторинга ЛПО ограничено низким пространственным разрешением спутниковых систем, препятствующим детектированию возгораний на ранних стадиях. В условиях густой высокой лесной растительности, преобладающей в лесном фонде Российской Федерации, чувствительность этих методов еще ниже. Оценки эффективности спутникового мониторинга [1] в целом показывают, что отношение числа детектированных и подтвержденных лесных пожаров к общему числу зарегистрированных составляет не более 4-15%. Использование адаптированных к местным условиям алгоритмов детектирования [2] также имеет свои ограниче-

ния. Проблема может быть решена сочетанием имеющихся средств с системами наземного наблюдения – например, видеокамер и/или тепловизионных датчиков, размещенных на вышках, обеспечивающих автоматическое распознавание дыма и пламени. Такие системы достаточно дороги, и их использование следует оптимизировать путем их концентрации только на наиболее пожароопасных территориях. Выявление таких территорий предлагается выполнить на основе анализа статистических данных о возгораниях с учетом действующих природных и антропогенных факторов.

В данной работе описан вероятностно-статистический подход, применение которого позволяет выделять а) факторы, наиболее значимые (детерминирующие) по своему влиянию на степень ЛПО; б) значения факторов, соответствующие наибольшей степени ЛПО. При этом учитываемые факторы географически распределены, в общем случае стационарны или нестационарны, могут иметь как природное, так и антропогенное происхождение. Процедура ранжирования факторов и их значений (уровней) обосновывается путем статистической оценки параметров распределения – разброса значений частотности возгораний, полученной по фактическим данным о лесных пожарах в Пермском крае за период 2010-14 гг.

Вероятностная модель возгораний. Для выделения наиболее критичных факторов и их значений следует а) установить наличие статистически значимой зависимости между наблюдаемой частотностью возгораний (характеризующей вероятность возникновения лесных пожаров) и сопутствующими условиями (пространственно-временными факторами); б) установить формальные критерии, обеспечивающие ранжирование факторов в порядке убывания их дискриминирующего влияния на степень ЛПО. В целях реализации данного подхода предлагается следующая модель. Факт возгорания (возникновение лесного пожара) рассматривается как «благоприятный» исход случайного события типа испытания Бернулли [4], происходящее под воздействием N исследуемых (пространственно-распределенных, стационарных и/или нестационарных) природных и/или антропогенных факторов. Значения факторов сводятся к дискретным категориям (далее называемым уровнями фактора), а вероятность благоприятного исхода является функцией этих значений: $p = p(x_1, x_2, \dots, x_N)$. Единичное испытание и его вероятность (вероятность возгорания) соотносятся с некоторым пространственно-временным интервалом $\delta S \cdot \delta T$. При повторении набора условий (уровней факторов) n раз имеет место серия испытаний Бернулли, число благоприятных исходов которой k

описывается биномиальным распределением [4]. Обозначим случайное число возгораний через F , тогда вероятность k возгораний определится выражением

$$p_F(k; p, n) = P(F = k; p, n) = \frac{n!}{k!(n-k)!} \cdot p^k (1-p)^{n-k}, \quad k = 0, 1, \dots, n$$

(1)

Известные [4] выражения для среднего, дисперсии и стандартного отклонения

$$E[F] = np, \quad \text{var}(F) = npq, \quad \sigma_F = \sqrt{\text{var}(F)} = \sqrt{npq}$$

(2)

позволяют связать наблюдаемые оценки частотности возгораний при определенном наборе уровней факторов с вероятностью – параметром p распределения (1):

$$\frac{f_i}{f} \approx p_i = P(X_i), \quad X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$$

(3)

и показать, как следует оценивать меру разброса значений относительно среднего.

В качестве измеримой характеристики степени ЛПО вводится понятие относительной интенсивности возгораний, учитывающей как собственно частотность возгораний (3) при определенных уровнях факторов, так и долю распространенности последних. Обозначив через C_i событие, соответствующее набору условий (совокупности уровней факторов¹) X_i , а H – событие «возгорание произошло», выразим

¹ При такой трактовке можно говорить как об отдельно взятом факторе, так и об их совокупности, обладающей соответствующим множеством уровней. В дальнейшем тексте различий между этими случаями не проводится.

вероятность сложного события $H \cap C_i$ (возгорание произошло при условиях C_i) через условные и полные вероятности

$$P(H \cap C_i) = P(H)P(C_i|H) = P(C_i)P(H|C_i) \quad (4)$$

и далее, с учетом этого, определим относительную интенсивность возгораний:

$$I_i = \frac{P(C_i|H)}{P(C_i)} = \frac{P(H|C_i)}{P(H)} = \frac{P(H \cap C_i)}{P(H)P(C_i)}. \quad (5)$$

Вид правых частей (5) показывает, что введенная характеристика является относительной также к общей пожароопасности сезона (пропорциональной вероятности $P(H)$), позволяя дискриминировать степень ЛПО непосредственно по уровням фактора. Отношение (3) является здесь состоятельной оценкой $P(C_i|H)$. Заметим, что если фактор вообще не влияет на пожарную опасность, то $P(C_{ij}|H) = P(C_{ij})$, а относительная интенсивность равна единице. Соответствие этому случаю относим к «нулевой гипотезе» [4], опровержение которой означает подтверждение зависимости ЛПО от фактора, а величина отклонения от нее рассматривается как мера дискриминирования по уровням фактора.

Соотношение (5) отражает причинно-следственные связи и позволяет прогнозировать вероятность возгорания $P(H|C_i)$ на территории с условиями C_i , на основе наблюдаемой частотности и оценки общей пожароопасности сезона. Фактически этот подход близок к байесовским методам, широко применяемым в задачах экологии и смежных областях.

Оценка результатов наблюдений. Для получения численных оценок относительной частотности возгораний в случае стационарности факторов рассмотрим N наблюдений, каждое из которых охватывает один пожароопасный сезон. Число уровней отдельно взятого фактора обозначим через L , а в качестве случайных величин будем ис-

пользовать оценки относительных частотностей, соответствующие номеру наблюдения $i = 1, 2, \dots, N$ и номеру уровня фактора $j = 1, 2, \dots, L$:

$$x_{ij} = \frac{\tilde{x}_j f_{ij}}{f_i} = \frac{1}{P(C_j)} \frac{f_{ij}}{f_i} \approx I_{ij}. \quad (6)$$

Весь массив введенных таким образом случайных величин используем для вычисления средних значений (по уровням факторов) и для сравнения мер разброса (дисперсий) по двум вариантам: а) фактор влияет на степень ЛПО (является дискриминирующим) и б) фактор не влияет на степень ЛПО (нулевая гипотеза). Следуя логике однофакторного анализа [4], для каждого из вариантов получим выражения для оценок средних и несмещенных дисперсий:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} \approx \bar{I}_j, \quad \sigma_*^2 = \frac{1}{NL-L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_0 &= \frac{1}{NL} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^N x_{ij} = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \bar{x}_j \approx \bar{I}_0, \\ \sigma_0^2 &= \frac{1}{L-1} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_0)^2 = \frac{N}{L-1} \sum_{j=1}^L (\bar{x}_j - \bar{x}_0)^2. \end{aligned} \quad (8)$$

При вычислении дисперсий использовано предположение о том, что случайные величины (6) независимы и имеют нормальное распределение с одинаковой дисперсией. Можно показать, что частное от оценок дисперсий (8) и (7) является случайной величиной, подчиняющееся F -распределению с соответствующими числами степеней свободы:

$$\xi = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_*^2} \square F(F_*, n, m),$$

$$F(F_*, n, m) = P(\xi \leq F_*; n, m), \quad n = L-1, \quad m = NL-L.$$

(9)

Данная величина суть отношение межгрупповой и внутригрупповой изменчивости и характеризует отклонение от нулевой гипотезы. Неправдоподобно большие наблюдаемые значения F_* противоречат нулевой гипотезе и указывают на зависимость относительной интенсивности возгораний от данного фактора. Следовательно, нулевая гипотеза отвергается с уровнем значимости α (малое число), если

$$P(\xi \geq F_*) < \alpha.$$

(10)

В свою очередь, значения вероятности (F -распределения) с соответствующими значениями F_* и числами степеней свободы могут быть использованы для ранжирования факторов – чем меньше вероятность (нулевой гипотезы), тем более дискриминирующим является фактор.

Анализ влияния двух стационарных факторов. В качестве примера использования изложенного подхода рассмотрено сравнительное влияние двух стационарных факторов «вид растительности» и «наличие густого леса». Первый фактор использует классификацию участков территории по 16 категориям, включая 14 видов растительности, класс безлесных территорий и класс водной поверхности [3]. Фактор «наличие густого леса» учитывает возможность детектирования возгораний с помощью спутникового мониторинга и включает только две категории – «леса густые высокие» (обнаружение ЛПО на начальной стадии – «низовой пожар», максимально затруднено) и «все остальное». Статистические данные по пяти пожароопасным сезонам за период 2010..2014 гг. соотнесены с участками территорий (таксонами) по уровням факторов и использованы для расчетов по формулам (6)-(9).

Наибольшая степень ЛПО по первому фактору соответствует таксонам 4, 5, 11 («спелые и перестойные сосновые леса», «сосновые леса спелые и приспевающие», «разреженные молодые сосновые леса и смешанные мелколиственно-сосновые разреженные насаждения») – так, при суммарной доле площади **4,93%** они обеспечивают **17,9%** всех возгораний. Для второго фактора значения средних практически

одинаковы, что говорит об отсутствии зависимости степени ЛПО. Количественная оценка мер дискриминирования согласно предложенной дает наблюдаемые значения величины (9) соответственно **26,64** и **0,374**, что, с учетом чисел степеней свободы, дает значения вероятностей $8 \cdot 10^{-22}$ и **0,56**. Это уровни значимости, на которых отвергается «нулевая гипотеза». Последняя оценка говорит о том, что выводы о зависимости или независимости ЛПО от второго фактора равновероятны.

Библиографический список

1. Пономарчук А.И., Шихов А.Н. Детектирование лесных пожаров в Пермском крае с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края: сб. науч. тр. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2011. Вып. 4. С. 15-24.

2. Пономарчук А.И. Оптимизация параметров контекстуального алгоритма при детектировании лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы науки и образования, 2013. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8220> (дата обращения: 16.07.2015).

3. Сухова О.В. Создание карты лесной растительности для моделирования снегонакопления на территории Пермского края // Вестник Удмуртского университета, сер. Биология. Науки о Земле. 2013. №4. С. 132-139.

4. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. Изд. 3-е, перераб. и доп. / Под ред. В.Э. Фигурнова. М.: ИНФРА-М, 2002. 528 с., ил.

SPATIAL ANALYSIS OF FIRE HAZARDS IN THE PERM REGION BASED ON LONG-TERM OBSERVATIONS

A.I. Ponomarchuk, Ya.M. Marakulin
Perm State University

Perm, Bukireva str., 15, e-mail: aponomarchuk@psu.ru

This paper presents a method to ensure the allocation of spatially distributed factors and their values corresponding to the largest forest fire danger. The relative frequency of fires is used as a measure of fire danger in different conditions (factor levels taken into account), resulting from the actual data on forest fires over a five year period of observation in the Perm region. The proposed method of ranking factors on the degree of fire risk justified the application of probabilistic and statistical models. Transferring the critical values of the most discriminating factors onto their spatial distribution provides a procedure of spatial zoning by degree of forest fire danger. The applicability of the method is illustrated by the example of factors «types of forest vegetation» and «the presence of a dense forest»

Key words: forest fires, fires detection, degree of forest fire danger, zoning, critical factors, frequency of fires

РАЗРАБОТКА WEB-РЕСУРСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗАХ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

А.А. Черноморец, М.А. Петина, А.Н. Коваленко, Д.А. Черноморец
Белгородский государственный националь-
ный исследовательский университет,
308015, г. Белгород, ул. Победы, 85,
e-mail: kovalenko_a@bsu.edu.ru

Рассматривается необходимость разработки web-ресурса для мониторинга и оповещения об экологических угрозах на водных объектах на территории Белгородской области. Приводятся сведения о состоянии малых рек региона. Также в сообщении представлена типовая структура ГИС геоэкологического состояния водных объектов.

Ключевые слова: web-ресурс, геоинформационная система (ГИС), малые реки, геоэкологическое состояние, мониторинг.

Белгородская область относится к малообеспеченным водными ресурсами регионам страны. Это связано с тем, что большинство рек, протекающих по ее территории, берет начало в ее пределах. Практически все водотоки области относятся к малым рекам. Исключение могут составлять Тихая Сосна, Северский Донец, Оскол, Ворскла и т. д. Реки Белгородской области используются преимущественно для сельскохозяйственного водоснабжения, в рекреационных целях, а также как приемники промышленных и коммунальных стоков [1].

Концентрация промышленного производства и городского населения на сравнительно ограниченных территориях отрицательно влияет на окружающую среду, в том числе на поверхностные воды. Городская среда представляет собой совокупность двух субсистем: антропогенной и природной. Урбанизированные образования – это зависимые экосистемы, потребляющие природные ресурсы на значительных территориях. Чем больше город, тем значительней ареал его влияния, где возникают предпосылки нарушения экологического равновесия во второй субсистеме – природной [2].

Одним из элементов природной субсистемы, наиболее динамических и максимально подверженных влиянию урбанизированных территорий, являются поверхностные воды. Для изучения хозяйственного воздействия на поверхностные воды и оценки уровня загрязнения рек и водоемов точечными и диффузными источниками с территории городов необходимо проводить комплексный анализ состояния и ди-

намики всей природной среды. Интенсивное использование природных вод существенно влияет на количественные показатели водных объектов – изменяет их водный баланс, гидрологический режим и особенно качество вод, определяющее их пригодность для той или иной области хозяйственной деятельности.

Наибольшее влияние на качественные и количественные изменения водных ресурсов оказывают следующие виды хозяйственной деятельности: водопотребление для промышленных и хозяйственно-бытовых целей, сброс отработанных вод (без очистки или с недостаточной степенью очистки), зарегулирование стока рек и создание водохранилищ, сельскохозяйственная мелиорация (орошение, обводнение, осушение) и т. д. [3].

Большой вред водоемам и рекам приносят сточные воды с сельскохозяйственных территорий, особенно коллекторные и дренажные воды орошаемых площадей. Сток с сельскохозяйственных территорий может быть поверхностным и почвенным. С коллекторными и дренажными водами в водные объекты поступают минеральные и органические вещества, а также пестициды.

Состав минеральных солей, вымываемых из почв, зависит от степени и характера засоленности почв, условий полива, состояния коллекторно-дренажной сети и других условий. Наибольшее количество солей поступает в водные объекты с орошаемых массивов засушливых зон. В связи с широким использованием различных удобрений значительная доля общего состава минеральных компонентов, выносимых с сельскохозяйственным стоком, приходится на азот и фосфор [4].

Значительную долю в загрязнение водных ресурсов вносят стоки животноводческих комплексов. Эта проблема очень актуальна для Белгородской области, в том числе для водных объектов и на территории населенных пунктов в силу транзитного характера водотоков. Бурное развитие в последние годы птицеводства, молочно-мясного скотоводства и свиноводства представляет существенную угрозу рекам области. Стоки с территорий, занятых животноводческими комплексами, птицефермами, способствуют росту содержания в водных объектах соединений азота, фосфора, хлора, органических веществ.

Существенным источником загрязнения водоемов и водотоков являются хозяйственно-бытовые сточные воды. Коммунально-бытовые стоки являются причиной бактериального и органического загрязнения, из-за их воздействия возрастают минерализация воды, концентрация соединений азота, фосфора, Cl-, SO₄²⁻ [3].

Можно сделать вывод, что источников загрязнения рек очень много. Они носят природный или антропогенный характер. Поэтому для анализа экологического состояния рек будут рассматриваться гидрохимические показатели, которые будут храниться в базе данных водных объектов и периодически обновляться.

Государственный мониторинг водных объектов представляет собой систему регулярных наблюдений за гидрологическими, гидрогеологическими, гидрогеохимическими, санитарно-химическими, микробиологическими, радиологическими и токсикологическими показателями, сбор, обработку и передачу полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, оценки и прогнозирования их развития, выработку рекомендаций по предотвращению вредных последствий и определению степени эффективности осуществляемых водохозяйственных мероприятий.

Под мониторингом понимают процесс повторяющихся наблюдений за одним или несколькими элементами окружающей среды, которые проводят с определенной целью с использованием методологий измерения экологических параметров и сбора данных. Он позволяет получить информацию о состоянии и тенденциях изменения показателей.

Система мониторинга геоэкологического состояния водных объектов, существующая в Белгородской области, функционирует на основе данных наземной наблюдательной сети. В структуру сети входят метеостанции и гидрологические посты.

Основываясь на принципах государственного управления в сфере использования и охраны природных ресурсов, к группам, заинтересованным в реализации проекта и получении результатов, относятся:

- Органы государственной власти региона,
- Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды России по региону,
- Региональное территориальное Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды,
- Организации и предприятия, осуществляющие водопользование на территории региона,
- Население региона, имеющее возможность получения актуальной информации о состоянии природных объектов.

Для повышения качества прогноза возникает необходимость создания информационной системы сбора, обобщения, анализа и представления данных о состоянии водных ресурсов на основе существующих средств наземного мониторинга. Решение этих задач возможно с помощью эффективной информационной поддержки, т.е. применением геоинформационных систем (ГИС). Создание региональной информационной системы мониторинга геоэкологического состояния

водных объектов Белгородской области является весьма актуальной задачей.

ГИС геоэкологического состояния водных объектов необходима для обеспечения информационной поддержки принятия решений. Она позволяет проводить оценку и комплексный анализ реальной экологической ситуации.

Структура разрабатываемой ГИС геоэкологического состояния водных объектов области включает следующие элементы:

1. Единая база данных (БД). В БД собраны данные наземной наблюдательной сети (метеостанций и гидрологических постов). Таблицы данных представляют собой совокупности результатов измерений параметров состояния водных объектов, сгруппированных по месту и времени наблюдения и отбора проб воды и месту проведения аналитических работ.
2. Подсистема обработки данных наблюдений, которая включает обработку оперативных и архивных данных наблюдений. Она обеспечивает получение, предварительную обработку и хранение информации о состоянии водных объектов, создание картографической и атрибутивной базы данных об экологических угрозах на водных объектах.
3. Подсистема хранения данных наблюдений, которая представлена картографической и атрибутивной базой данных об экологических угрозах на водных объектах.
4. Подсистема прогнозирования состояния водных объектов. В основе расчета распределения концентраций и прогнозирования химического состава поверхностных вод суши лежат результаты многолетних систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений, а также информация различных ведомств об источниках загрязнения и сточных водах, сбрасываемых в водные объекты.
5. Подсистема представления данных для организации информационного обеспечения заинтересованных пользователей оперативными фактическими и прогнозными данными о состоянии водных объектов для обеспечения информационной поддержки принятия решений. Для этого необходима разработка web-ресурса для представления и обновления данных мониторинга об экологических угрозах на водных объектах [5-7].

Для повышения эффективности мониторинга, а также для оповещения о состоянии объектов с экстремально высокими уровнями загрязнения необходима разработка web-ресурса, который позволит повысить информированность всех заинтересованных пользователей, что обеспечит информационную поддержку принятия решений. Данный web-ресурс будет предназначен для информационного взаимодей-

ствия органов государственной власти, организаций и предприятий, осуществляющих водопользование на территории региона, а также для населения региона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-47-08052

Библиографический список

1. Петин А.Н. Исследование малых водных объектов и их экологического состояния : учеб.-метод. пособие / А.Н. Петин, В.Н. Шевченко. М.А. Петина – Белгород : ИПК НИУ «БелГУ», 2012. – 240 с.: ил.
2. Алекин, О.А. Гидрохимия / О.А. Алекин.– Л.: Гидрометеоздат, 1952.– 162 с.
3. Андрейчук, Ю.М. Водоохранные исследования бассейнов малых рек с использованием гис-технологий / Ю.М. Андрейчук, Е.А. Иванов, И.Ц. Краальчук // Двадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов. – Ульяновск, 2005.– С. 98–100.
4. Болгов, М.В. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения / М.В. Болгов , В.М. Мишон. Н.И. Сенцова. – М.: Наука, 2005.– 318 с.
5. Федорчук А. Как создаются Web-сайты.- СПб.: Питер, - 2010. - 224с.
6. Лагутин А.А. Разработка геоинформационных технологий оперативного мониторинга окружающей среды территории и прогнозирования источников природных ЧС // Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук, специальность 25.00.35 геоинформатика. Барнаул, 2007. 24 с.
7. Широкова С. Л. Основы построения ГИС управления природопользованием. — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. — 188 с.

DEVELOPMENT OF THE WEB-RESOURCE FOR MONITORING AND NOTIFICATION OF ENVIRONMENTAL THREATS ON WATER OBJECTS

A.A. Chernomorets, M.A. Petina, A.N. Kovalenko, D.A. Chernomorets
Belgorod National Research University ,
308015, Belgorod, street Pobedi, 85, e-mail: kovalenko_a@bsu.edu.ru

Need of development of a web-resource for monitoring and the notification about ecological threats on water objects in the territory of the Belgorod region is considered. Data on a condition of the small rivers of the region are provided. Also the standard structure of GIS of a geoeological condition of water objects is presented in the message.

Key words: web-resource, geographic information system (GIS), small rivers, geoeological condition monitoring.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГИС АРХИВНЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ МЕЖЕВЫХ КАРТ 8 ГУБЕРНИЙ СЪЕМКИ А.И. МЕНДЕ

В.Г. Щекотилов, О.Е. Лазарев, М.В. Шалаева, С.Н. Щекотилова
Тверской государственный университет,
170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33, e-mail:globus-t@yandex.ru

В сообщении рассматривается использование в ГИС многолистных крупномасштабных архивных карт губерний России XIX века. Предлагается подход для формирования комплекса разноформатных растровых электронных карт для ГИС, комплексизирующих программ и геопорталов.

Ключевые слова: архивные карты, ГИС, топографические межевые, растровая карта, Менде, геопортал.

В современных условиях лавинообразного развития компьютерных, информационных технологий, средств сканирования, хранения, оперативной передачи и просмотра пользователями больших объемов информации происходит в значительной мере неупорядоченное формирование Интренет-ресурсов с исторической, географической, краеведческой информацией. Значительные информационные ресурсы (ИР) с электронными архивными документами сформированы Российской национальной (РНБ), Президентской библиотеками, всероссийскими и областными архивами, музеями.

Важнейшей частью архивных документов являются картографические произведения. Информационная насыщенность, структурированность и взаимосвязанность данных на картах и сопутствующих текстовых документах (экономические примечания, статистические сведения, списки населенных мест - СНМ) обуславливает их высокую востребованность и широкое использование. Повсеместное применение Интернета позволяет реализовать оперативный функциональный доступ к ним без очного посещения места хранения.

В силу больших размеров, многолистной структуры и нетривиальности создания электронных версий крупномасштабных архивных карт (АК) для Интернет-ресурсов на порталах библиотек и архивов АК обычно представляются отдельными растровыми изображениями отсканированных листов или их частей.

При этом значительная часть пользователей Интернета уже активно использует в исследованиях и при решении практических прикладных задач геопорталы, на которых представлены современные карты и космические снимки (например, Яндекс, Гугл, Космоснимки,

Росреестра, OpenStreetMap). К сожалению для исследователей, архивные карты на них отсутствуют.

Из первых отечественных попыток создания ИР по объединению листов многолистных архивных карт можно отметить CD по двухверстной карте Московской губернии (около 2003г.). Из современных отечественных ресурсов с архивными картами выделяются «Старые карты Москвы и Подмосковья» (<http://retromap.ru/>), а также «Старые карты on-line. ЭтоМесто» (<http://www.etomesto.ru/>), «Картографическая справочно-информационная система «Генеральное межевание Олонецкой губернии»» (<http://maps.karelia.ru/mez/>) [3]. Примечательным является «Муниципальный геопортал Самары» (<http://map.samadm.ru/p?cx>), на котором среди картографических слов современных данных представлена архивная карта.

Применительно к России, как исключение, в автоматизированном виде можно использовать в общедоступном режиме материалы по архивным картам на единичных официальных сайтах, например, Российский государственный архив древних актов (РГАДА) (<http://www.rgada.info/>), муниципальный геопортал Самары (<http://map.samadm.ru/samara/>).

Наиболее информативными среди архивных карт являются крупномасштабные топографические межевые и военно-топографические карты XIX века губерний и территорий России [2, 4]. Выполненные авторами исследования по созданию общедоступных информационных ресурсов с применением ГИС и Интернет-технологий для крупномасштабных карт отдельных губерний (Тверская) и межгубернских пространств («межстоличный» регион) являются базой для развития исследований на серии смежных архивных карт, среди которых выделяются карты 8 губерний съемки А.И. Менде 1847-1866 годов.



Рис. 1. Карты съемки А.И. Менде

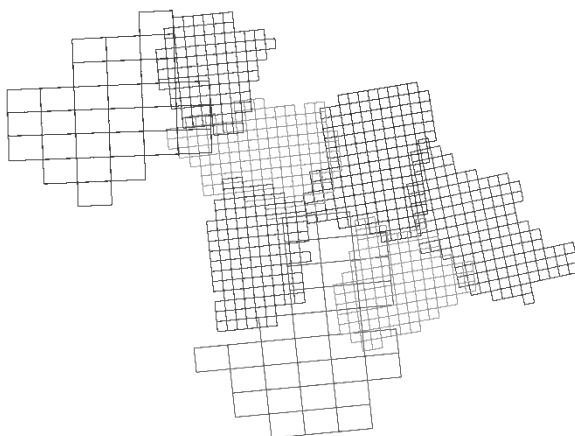


Рис. 2. Системы листов

Для практического использования формируемых растровых электронных карт (РЭК) предлагается использовать различные программные решения с различным уровнем функциональности и мобильности:

- полнофункциональные ГИС: Map Info, Панорама, Global Mapper, Quantum GIS и другие;

- программы комплексирования картографических материалов из различных источников: Google Earth (Планета Земля), SAS GIS (САС.Планета);

- Интернет приложения с использованием API Google, Yandex и др.

Современные технические средства и методические решения, реализованные на геопорталах, позволяют перейти от растровых электронных карт отдельных листов к комплексам согласованных растровых электронных карт отдельных многолистных карт и их объединений.

Количество листов крупномасштабных карт губерний и территорий, измеряется сотнями: так карта Тверской губернии содержит около 100 листов, а карта Европейской России – более 500 листов. Кроме того, топографические межевые и военные карты XIX века по организации отличаются от современных топографических, что усложняет создание комплексов согласованных РЭК.

Основой развиваемого метода создания комплексов РЭК на основе объединения листов нескольких сопредельных многолистных архивных карт является решения следующих частных задач [1]:

1. Отображение картографической части листа карты в виртуальный четырехугольник прямоугольной системы координат (СК) на местности.

2. Определение параметров виртуальной сетки листов (размеры листа, координаты угла одного из листов, углы наклона сетки листов) в СК на местности на основе решения оптимизационной задачи минимизации невязки по результатам автономной привязки (регистрации) тестовых листов карты.

3. Согласованное определение параметров комплекса виртуальных сеток положения листов карт губерний с добавлением условия минимизации расхождения точек границ на картах сопредельных губерний.

4. Формирование системы блоков графических изображений карты (растровых электронных карт) с использованием виртуального изображения карты на местности.

При формировании серии растровых электронных карт для набора карт сопредельных губерний наряду с независимым определением параметров эквидистантных сеток возможно согласованное определение их параметров сразу для нескольких карт губерний с учетом в функционале рассогласования для сформированного набора точек границ смежных губерний.

Составными элементами методики обработки и представления архивных карт также являются следующие операции:

- формирование в форматах, распространенных в профессиональной и научной среде, растровых электронных карт по объединению листов (MapInfo, Global Mapper, Панорама, Google Earth, Google Map);

- создание программного обеспечения для согласованной навигации по нескольким картам (архивная - современная, сопредельные архивные и более сложные варианты);

- комплексирование объемных списков географических объектов с сервисом навигации по картам (поуездные списки населенных мест XIX в. и другие);

- реализация дополнительной локальной коррекции координатного согласования современной и архивной карты по одной точке (использование преобразования переноса), либо по системе точек (использование аффинного преобразования координат);

- создание серии электронных ресурсов разноформатных РЭК, которые могут использоваться в различных программных средах: профессиональные ГИС (MapInfo, Global Mapper, Панорама), программы комплексирования карт из различных источников (Google Earth, САС.Планета), Интернет-ресурсы (Google Map API и др.);

- формирование печатных информационных ресурсов на основе созданных растровых электронных карт от обзорных карт-схем губерний до книжных атласов.

На рис. 2 в системе координат Гаусса-Крюгера, Пулково-42, представлены рассчитанные системы листов карт 8-ти губерний съемки А.И. Менде.

Результатом формирования растровых электронных карт по материалам съемки А.И. Менде являются:

- растровые электронные карты для тестовых листов многолистной карты в форматах MapInfo, Global Mapper;

- комплекс непрерывно-стыкуемых растровых электронных карт (размер отдельного растра обычно 10000 на 10000 пикселей) в формате MapInfo [1];

- комплекс растровых электронных карт тайловой структуры для Google Map API;

- комплекс растровых электронных карт тайловой структуры для Google Earth Map API.

В рамках полнофункциональных ГИС апробировано использование созданных РЭК по архивным картам по следующим направлениям:

- количественное исследование изменения лесистости территории;
- исследование распределения ветряных и водяных мельниц Тверской и Нижегородской губернии;
- комплексирование архивной карты и списков населенных мест Тверской губернии.

В программах комплексирования картографических данных из разных источников (Google Earth, SAS GIS) можно использовать функции:

- съема координат, позиционирования по координатам;
- импорта – экспорта векторных картографических данных в формате KML;
- создания и редактирования на фоне растровых карт векторных картографических данных в формате KML.

Для варианта использования Интернет-браузера для рассматриваемых карт съемки А.И. Менде реализованы функции:

- отображения с современными картой и космическим снимком (Google и т.п.);
- наложение на отображаемые карты векторных карт в формате KML из Интернета по заданному URL;
- позиционирование карты для списка объектов;
- копирование координат объектов карты и текущего URL в электронные документы;
- поиска и позиционирования карты по названию современного населенного пункта;
- локальной (местной) коррекции согласования архивной и современной карты.

Растровые электронные карты по материалам съемки А.И. Менде являются составной частью ресурса по архивным крупномасштабным картам губерний и территорий России (военно-топографические карты: двухверстная Московской губернии; трехверстная Европейской России); он расширяет возможности по автоматизированному использованию этого пласта картографических произведений с исторической, географической и краеведческой информацией в научных, образовательных, хозяйственных и справочных целях.

Ресурс [5] информационно объединяется с внешними сайтами, например, портал Российского государственного архива древних актов (<http://www.rgada.info/>), аэрофотоснимки периода Великой Отечественной войны (<http://warfly.ru/>), коллекция D.Rumsey (www.davidrumsey.com/).

Предложенный подход позволяет создавать ресурсы, расширяющие возможности по доступу и автоматизированному использованию архивных картографических произведений с исторической, географической и краеведческой информацией в научных, образовательных, просветительских, управленческих и справочных целях.

Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ 14-06-00282 а.

Библиографический список

1. Голубинский А. А., Лазарев О. Е., Шалаева М. В., Щекотилов А. В., Щекотилов В. Г. Создание комплекса электронных карт по односторонней топографической межевой карте Нижегородской губернии съемки А.И. Менде // Геодезия и картография. – 2014. – № 11. – С. 39–44.

2. Дополнение ко 2-му Полному собранию законов Российской империи (ПСЗ-2). Ч. 2. Законы 1844–1850 года. – № 21470а (1847 г.). – Санкт-Петербург, 1855. – С. 89–93.

3. Жуков Ю. А., Ляля Е. В. Создание геоинформационной системы (ГИС) «Электронный каталог населенных мест Карелии XV–XX вв.»: «Рябининские чтения – 2007», Музей-заповедник «Кижы». – Петрозаводск, 2007. – 497 с.

4. Новокшанова-Соколовская З. К. Картографические и геодезические работы в России в XIX – начале XX в. – М.: Наука, 1967. – С. 266.

5. Щекотилов В. Г. // [Электронный ресурс]. «Обработка и представление архивных карт». Режим доступа: <http://boxpis.ru/>, свободный. Яз. рус. Проверено 01.07.2015.

THE USE OF GIS TOPOGRAPHICAL ARCHIVE BOUNDARY MAPS 8 PROVINCES SHOOTING A. I. MENDE

V.G. Shekotilov, O.E. Lazarev, M.V. Shalaeva, S.N. Shekotilova
Tver State University, 170100, Tver, street Gelabova, 33,
e-mail: globus-t@yandex.ru

The report describes the use of GIS multivalent large-scale archival maps of provinces of Russia of the XIX century. We propose an approach for the formation of complex multi-raster electronic charts for GIS, complexity programs and the Internet.

Key words: archival maps, GIS, topographic surveying, raster map, Mende, geoportal.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ В ГИС АРХИВНЫХ КРУПНОМАСШТАБНЫХ КАРТ И ПОУЕЗДНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО НАСЕЛЕННЫМ МЕСТАМ И ВЛАДЕНИЯМ XIX ВЕКА

В.Г. Щекотилов, О.С. Лазарева, М.В. Шалаева, С.Н. Щекотилова
Тверской государственный технический университет,
170100, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail:globus-t@yandex.ru

В интересах повышения эффективности исследования архивных материалов рассмотрено совместное использование в ГИС архивных карт и табличных документов XIX века: списков населенных мест, статистических сведений, экономических примечаний.

Ключевые слова: архивная карта, ГИС, геопортал, список населенных мест, статистические сведения, экономические примечания, межевая карта, геокодирование.

С развитием вычислительных средств в компьютерную обработку вовлекаются все большие объемы архивных текстовых, табличных и картографических документов. В прикладных и научных исследованиях, образовании и просвещении начинают активно использоваться информационные ресурсы по архивным картам губерний и территорий России XIX века, а также сопутствующие табличные и текстовые архивные документы с элементами, которые могут быть геокодированы.

Среди архивных карт значительное место занимают крупномасштабные топографические межевые карты 8 губерний съемки А.И. Менде и военно-топографические карты [2].

Среди текстовых и табличных архивных документов можно отметить поездные списки населенных мест (СНМ), экономические примечания (ЭП) и статистические сведения (СС).

Для списков населенных мест известны практические реализации создания информационных ресурсов. Для Карелии были созданы ГИС «Электронный каталог населенных мест Карелии XV-XX вв.» [1] и функционирующая «Картографическая справочно-информационная система «Генеральное межевание Олонецкой губернии», в которой реализован комплекс по данным генерального межевания XVIII в.

На сайте «Историко-генеалогической организации «Литера Ру» (<http://www.litera-ru.ru/>) идет формирование компоненты «Списки населенных мест Российской Империи». Связь с картами на данном ресурсе отсутствует. На ресурсе «Родная Вятка» (URL: <http://rodnauyuatka.ru/>) реализуется связь разновременных карт и списков населенных мест.

Для зарубежного ресурса с архивными картами «David Rumsey Map Collection» (<http://www.davidrumsey.com/>) геокодированная часть отсутствует.

Созданный и практически апробированный авторами научный задел в области обработки и представления архивных карт в форме автоматизированных информационных ресурсов и пространственных данных XIX века позволяет перейти к решению задачи разработки методов эргономичного комплексирования картографических и пространственно атрибутированных архивных материалов (крупномасштабных топографических межевых карт, списков населенных мест, экономических примечаний, статистических сведений) на примере создания макета Интернет-ресурса Тверской губернии.

Данные исследования направлены на устранение несоответствия между существующими формами использования и комплексирования архивных документов XIX века и современными возможностями вычислительной техники и коммуникаций.

На основе результатов исследований, проводимых с 2003 г., и развитии разработанных методик обработки и представления архивных карт, а также списков населенных мест разрабатывается методическое, информационное и алгоритмическое обеспечение для формирования первичных информационных моделей (ИМ) архивных документов и создания общедоступного эргономичного функционального Интернет-ресурса для научного, образовательного и просветительского использования [3].

Для решения данной задачи предлагается формирование информационной модели для комплекса поуздных документов XIX века: списков населенных мест; экономических примечаний; статистических сведений, представляющих собой объемные статистические документы того времени. В настоящее время авторами размещены в Интернете информационные ресурсы в части СНМ (URL: <http://boxpis.ru/svg/?p=1590>).

Составной частью метода являются частные методики формирования данных для информационного ресурса на основе СНМ, ЭП, СС:

- методики создания функциональных автономных электронных версий СНМ (апробировано в форме автоматизированного электронного СНМ), СС, ЭП;
- методики комплексирования в единый функциональный информационный ресурс комплекса архивных документов: СНМ, ЭП, СС;

- методики комплексирования взаимосвязанных табличных данных с ресурсом по крупномасштабным архивным картам;
- методики использования в прикладных исследованиях созданного Интернет-ресурса и частных электронных версий документов.

Создание подходов комплексного автоматизированного использования архивных документов различной структуры (картографических, табличных, описательных) является нетривиальной задачей, требует применения технологий баз данных, географических информационных систем, интернет-технологий [3]. По этой причине для уникальных региональных (губернских) комплексов информационно насыщенных документов архивные крупномасштабные карты – списки населенных мест – экономические примечания – статистические сведения автоматизированные информационные ресурсы отсутствуют.

Элементами обобщенной структуры информационного ресурса по архивным картам, текстовым и табличным документам XIX века являются три функциональных блока:

1. наполнение информационного ресурса информационными моделями архивных карт, текстовых и табличных документов;
2. выполнение геокодирования пространственно-атрибутируемых объектов информационного ресурса (установление связей между картами и текстово-табличными документами);
3. использование ресурса в научных, образовательных, справочных и просветительских целях по направлениям: истории, географии, краеведения, топонимики, генеалогии, туризма и др.

Примеры пространственно-атрибутируемых объектов: дачи, владельцы, мельницы, заводы, постоянные двory, почтовые станции.

В таблице представлены повторяющиеся геокодируемые элементы (отдельные таблицы) из СНМ, ЭП, СС на примере Калязинского уезда Тверской губернии.

Можно отметить, что количество населенных мест по СНМ составляет 819, селений по СС 707, дач по ЭП 1078.

В таблице обозначено:

- ¹ - Кп – количество параметров для объекта;
- ² - параметры (характеристики) представлены в сплошном текстовом виде;
- ³ – характеристика количества данных - произведение количества записей на число параметров, деленное на 1000;
- ⁴ – для большей части дач несколько записей для разных деревень (селений, частей);
- ⁵ – для многих указано несколько совладельцев; для многих приводится список дач во владении; не указано 341 не частных вла-

дельцев (государственных имуществ и крестьян, ведомств и учреждений).

В таблице сделана попытка сравнить количественный объем структурированных данных СНМ, СС, ЭП. Можно заключить, что количество данных из СС и ЭП на порядок превышает данные СНМ. Это обстоятельство подчеркивает актуальность перевода их в электронную форму и геокодирование.

Таблица
Повторяющиеся геокодируемые объекты Калязинского уезда

№	Геокодируемый элемент	СНМ	ЭП	СС	Кп ¹	ИМ ³
1	Населенные места	819			9	7,4
2	Алфавитный указатель селений			707	7	4,9
3	Таб. 1. Население.			707	62	43,8
4	Таб. 2. Землевладение и аренды			707	67	47,4
5	Таб. 3. Земледелие и т.д.			707	66	46,7
6	Примечания по селениям			707	102	7,1
7	Дачи, межевая ведомость		1078		274	29,1
8	Алфавит дачам		1078		4	4,3
9	Владельцы, 26 стр.		368 ⁵		4	1,4

Среди геокодируемых объектов из таблицы 1 по структуре данных и взаимным связям можно выделить следующие группы:

1. первичные геокодируемые: населенные места из СНМ и дачи из ЭП;

2. повторяющие с небольшим отличием иной: селения из СС (требуется сопоставление со СНМ);

3. ссылающиеся на геокодированные:

- на селения (из СС таб.1, таб.2, таб.3, примечания по селениям);

- на дачи: из ЭП владельцы (множественное); алфавит дачам.

Для первой группы объектов следует выполнить геокодирование (координатное атрибутирование записей).

Для второй группы необходимо выполнить:

- идентификацию списка селений со СНМ (атрибутирование записей номером по СНМ);

- для неидентифицированных по СНМ селений необходимо выполнить геокодирование.

Для третьей группы объектов возможна алгоритмическая (программная) реализация запросов на формирование координатной информации в табличной и картографической формах представления.

Следует отметить, что в дополнение к объектам, перечисленным в таблице могут формироваться наборы иных геокодируемых объектов. Примерами могут являться, например:

- храмовые сооружения («Храмы России», URL: <http://temples.ru/>), список которых формируется в основном по текстовым архивным документам;

- ветряные и водяные мельницы, перечень которых в основном формируется по карте.

В части архивных карт подход также апробирован для доступных листов других крупномасштабных карт (топографических межевых Владимирской, Нижегородской, Симбирской, Ярославской губерний; карты Кавказа; военно-топографической карты Европейской России). Комплекс обработанных крупномасштабных архивных карт охватывает территорию 20 субъектов РФ, 7 государств.

Формируется практика размещения частей информационного ресурса (например, информационная модель карты губернии) на внешних исследовательских и образовательных Интернет-ресурсах и локальных вычислительных сетях.

Практика разработки и сопровождения Интернет-ресурса по крупномасштабным архивным картам XIX века [4] показала повышенную востребованность сегмента с комплексированием посредством геокодирования списка населенных мест и крупномасштабной карты. Создаваемые комплексные ресурсы по архивным картам и документам России XIX века могут стать составной частью Интернет-ресурсов библиотек и архивов (например, www.rgada.info/).

Таким образом, на примере Тверской губернии предложено формирование комплекса из списка населенных мест, таблиц, атрибутирующих селения из статистических сведений, а также списки дач и владельцев из экономических примечаний. Для данного комплекса таблиц предлагается выполнить с использованием Интернет-ресурса с топографической межевой картой съемки А.И. Менде геокодирование населенных мест и дач. Набор формируемых запросов позволит связать таблицы между собой, а также с архивной и современной картами.

Предложенный подход позволяет создавать ресурсы, расширяющие возможности по доступу и автоматизированному использованию архивных документов с исторической, географической и краеведческой информацией в научных, образовательных (вузы, школы), просветительских (общества «Знание», РГО, историческое, краеведов,

генеалогии), управленческих (кадастр, градостроительство, туризм) и справочных целях.

Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ №14-06-97507 р_центр_а.

Библиографический список

1. Жуков Ю. А., Ляля Е. В. Создание геоинформационной системы (ГИС) «Электронный каталог населенных мест Карелии XV–XX вв.»: «Рябининские чтения – 2007», Музей-заповедник «Кижы». – Петрозаводск, 2007. – 497 с.

2. Лазарев О. Е., Шалаева М. В., Щекотилова С.Н., Щекотилев В. Г. Адаптация в ГИС архивных карт поволжских губерний съемки А.И. Менде // Геодезия и картография. – 2015. – № 7.

3. Щекотилев В.Г., Разработка информационной системы «Историческая, географическая и социально-экономическая параллель XIX–XXI вв. по архивной информации съемки А.И. Менде» на основе интернет-технологий. 4-я Междунар. конф. по исторической географии «Глобальные и региональные проблемы исторической географии», РГО, С-Петербург, 2011 г. С.244-247.

4. Щекотилев В. Г. , // [Электронный ресурс]. «Обработка и представление архивных карт». Режим доступа: <http://boxpis.ru/> , свободный. Яз. рус. Проверено 01.07.2015.

INTEGRATION IN GIS ARCHIVAL LARGE-SCALE MAPS AND COUNTY DOCUMENTS ON SETTLEMENTS AND POSSESSIONS OF THE NINETEENTH CENTURY

V.G. Shekotilov, O.E. Lazarev, M.V. Shalaeva, S.N. Shekotilova
Tver State Technical University, 170100, Tver, emb. AF. Nikitina, 22,
e-mail: globus-t@yandex.ru

In the interests of improving the efficiency of the study of archival materials considered sharing in the archival GIS maps and tabular documents of the nineteenth century: lists of populated areas, statistics, economic notes.

Key words: archival maps, GIS, geoportal list of settlements, statistics, economic notes, boundary map, geocoding.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А		Л	
Аухадеев Т.Р.	103	Лазарев О.Е.	236
Б		Лазарева О.С.	243
Бажукова Н.В.,	186	Лебедева М.Г.	66
Басамыкин С.С.	197	Левицкая Н.Г.	42
Белозеров В.С.,	191	Лобанов В.А.	71
Беляев Б. М.,	9	Лобанов Г.В.	212
Быков А.В.	169	Лобанова С.А.	71
В			
Василевская Л.Н.	113, 146, 158	М	
Ветров А.Л.	14, 46	Магрицкий Д.В.	77
Г		Малаев А.В.	85
Гаврютина Н.Л.	212	Маракулин Я.М.	224
Д		Марухно А.В.	90
Данилов В.А.	197	Михайлов А.В.	55
Двинских С.А.	19	Н	
Демакина И.И.	42	Носков В.М.	94
Догадин А.В.	126	О	
Е		Оборин М.С.	26
Ермакова Л.Н.	26	Олиферов А.Н.	100
Ефимов В.А.	9	Ормели Е.И.	126
Ж		П	
Жирма В.В.	90	Паршина Л.Н.	161
З		Переведенцев Ю.П.	103
Законнов В.В.	31	Первощикова О.А.	109
Захаров С.Г.	38	Перерва Н.И.	113
И		Перминов С.И.	219
Иванов М.А.	203	Петина М.А.	66, 231
Иванова Г.Ф.	42	Пищальникова Е.В.	46, 118
К		Поморцева А.А.	123
Калинин В.Г.	109	Пономарчук А.И.,	224
Калинин Н.А.	46	Пряхина С.И.	126
Кириллина К.С.	71	Р	
Киселева Е.С.	209	Решетникова Л.К.	66
Китаев А.Б.	19, 50, 55, 94		
Коваленко А.Н.	231		
Кулик И.В.	61		
Куница М.Н.	212		

С	
Связов Е.М.	46
Селютин В.С.	130
Семёнов В.А.	136
Семикина С.С.	142
Сивков Б.А.	14
Сотников П.В.	142
Сточкуче Ю.В.	146
Суманеева К.И.	109
Т	
Тарихазер С.А.	
Ташкинова А.Н.	186
Тимерова З.Р.	166
Толмачева Н.И.	152
Тошакоча Г.Г.	71
Ф	
Федорова А.Г.	158,
Х	
Хохлов А.О.	113
Ц	
Цыганков А.В.	161
Ч	
Черепанова Е.С.	26
Черкасов А.А.	191
Черноморец А.А.,	231
Черноморец Д.А.	231
Ш	
Шадурский А.Е.	71
Шайдулина А.А.	166
Шалаева М.В.	236, 243
Шангалинский К.М.	103
Шихов А.Н.	46, 169
Шкаберда О.А.	146
Шкляев В.А.	175
Шкляева Л.С.	175
Шукри О.А.	71
Шумихина А.В.	180
Щ	
Щекотилев В.Г.,	236, 243
Щекотилова С.Н.	236, 243

Научное издание

ГЕОГРАФИЯ И РЕГИОН

Том IV

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ.
КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА**

Материалы
международной научно-практической конференции
(23–25 сентября 2015 г.)

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка *Е. Л. Гатиной, Е.Г.Бочкаревой,
А.В.Ташикиновой*

Подписано в печать 14.09.2015. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 14,65. Тираж 300 экз. Заказ ____

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ГСП, ул. А. И. Букирева, 15