

О ТЕОРИИ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ КАК ИНСТРУМЕНТЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАТАСТРОФ

Седых А.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Москва, Россия

artem.i.sedykh@gmail.com

Задача хорошего прогноза является непростой даже в краткосрочной перспективе. Поскольку детерминированные системы в силу нелинейного взаимодействия их элементов очень чувствительны к небольшим изменениям, лица, составляющие прогнозы, должны искать и использовать факты, события, которые имеют потенциал к большим изменениям. Задачу прогнозирования можно сравнить со сборкой головоломки-пазла, где из маленьких кусочков приходится восстанавливать полную картинку. Эти детали, а точнее события, мы будем именовать «слабыми сигналами».

На настоящий момент ряд существующих актуальных задач нелинейной динамики связан с созданием модели, которая сможет предсказать состояние системы на основе анализа данных наблюдений за ней. Тем не менее, известно, что при решении такого рода задач используемый аппарат обладает наибольшей эффективностью, когда размерность модели относительно невелика. Это связано с «проклятием размерности», порождающем экспоненциальный рост числа необходимых данных [1].

К примеру, этим объясняется стабильный, но медленный рост точности прогнозов погоды. Для повышения правильности прогноза следует уменьшать размер сетки, используемой для отображения атмосферы (поскольку представление информации в компьютере дискретно). Не стоит забывать и про время, поскольку в компьютере оно тоже не представлено непрерывно. Получается, чтобы увеличить точность прогноза в два раза, вычислительную мощность компьютеров следует увеличить уже в 2^4 раза [2].

Согласно закону Мура, вычислительная мощность процессоров удваивается каждые 24 месяца при сохранении их стоимости (по крайней мере, до настоящего момента) [3]. Значит, для повышения точности прогноза погоды в 2 раза нам нужно ждать как минимум 8 лет. Как показывает практика, примерно с такой частотой обновляют свои компьютеры ведущие метеорологические лаборатории [2].

Задачи большой размерности решаемы и сводимы к меньшей размерности, поскольку *фазовые пространства* (пространства, где представлены множества всевозможных состояний систем) зачастую неоднородны. В результате чего состояние системы нередко может быть описано небольшим количеством переменных (именуемых *параметрами порядка*), а остальные переменные имеют столь малое влияние, что являются несущественными для характеристики поведения системы.

В результате подобного рода компактификации образуется проекция малой размерности. В особо сложных случаях, такие проекции могут использоваться в ограниченных областях, причём проекции могут отличаться от области к области. Эти области именуются *руслами*.

Существуют области фазового пространства системы, где построение проекций малой размерности не представляется возможным. Эти области называются *джокерами*. Для их описания уже используются как стохастические методы, так и эмпирические правила приближения. Таким образом, мы приходим к тому, что фазовое пространство делится на две части, каждая из которых описывается кардинально разными способами.

Для большинства людей кризисные явления и катастрофы появляются как бы «вдруг», поскольку можно предположить, что в большинстве случаев мы взаимодействуем в рамках области медленного движения. На самом деле большой опыт исторического и посткризисного анализа, а также рассмотренная теория приводит нас к обратному умозаключению: практически все ключевые события имеют своего рода предзнаменующие явления.

Интересным случаем является Хайченгское землетрясение, произошедшее вечером 4 февраля 1975г. Оно имело достаточно большую магнитуду $M 7,3$. Тогда произошла единственная успешная эвакуация перед надвигающейся катастрофой такого рода [4]. Однако главную роль здесь сыграли не столько сейсмологи, сколько граждане города, которые обратили внимание на отклонения в поведении животных, о чём сообщали в местную администрацию. Лишь несколько позже сейсмологи подтвердили угрозу, после чего местной администрацией было решено эвакуировать население [5].

Это один из немногих случаев удачного прогнозирования.

Литература

- [1] Зульпукаров М.Г.М., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. Метод русел и джокеров на примере исследования системы Розенцвейга-Макартура // Препринты Института прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН. 2006. №. 10. С. 21-32.
- [2] Сильвер Н. Сигнал и шум: почему одни прогнозы сбываются, а другие – нет. М.: КоЛибри, 2015. С. 141-143.
- [3] Скоробов А. Закон Мура // Сайт математико-механического факультета УрГУ, 2005. [Электронный ресурс] URL: <http://cs.usu.edu.ru/study/moore/> (дата обращения: 01.11.2016).
- [4] Wang K. et al. Predicting the 1975 Haicheng earthquake // Bulletin of the Seismological Society of America. 2006. Т. 96. №. 3. С. 757-795.
- [5] Maryann Mott. Can Animals Sense Earthquakes? // National Geographic News, November 2003. [Электронный ресурс] URL: http://news.nationalgeographic.com/news/2003/11/1111_031111_earthquakeanimals.html (дата обращения: 02.11.2016).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫМИ СИСТЕМАМИ

Бабкин Н.С.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Москва, Россия

babkinikita@gmail.com

В настоящее время развиты механизмы управления как мелкими системами, организациями, так и системами с большими ресурсами, с большим кадровым резервом, со сложной организацией. Вопрос эффективности управления такими системами является одним из ключевых, так как все управленческие действия должны быть направлены на то, чтобы вероятность принятия ошибочных действий стала наименьшей. Большие механизмы должны работать как часы, хладнокровно, безошибочно, без лишних движений, но это не значит, что большие компании должны быть консервативны и всё время придерживаться лишь одной стратегией развития. Это не возможно, так как рыночная среда очень быстро развивается, и необходимо всегда точно и вовремя отвечать на потребности рынка. Но на организационную структуру затрачивать много ресурсов нельзя, иначе средств для достижения целей будут просто недостаточно. Именно поэтому необходимо выстраивать такую структуру, которая в штатной ситуации будет работать максимально эффективно и с наименьшими затратами. Более того, необходимо, чтобы данная структура и в кризисной ситуации работала также эффективно, была вариативной (могла «подстраиваться» под различные внешние и внутренние ситуации).

Можно привести множество многокомпонентных систем, таких как холдинги, крупные компании, крупные международные компании, транснациональные компании. В природе любой процесс развивается и протекает по некоторым присущим ему закономерностям. Между процессами в природе существуют взаимосвязи, благодаря которым все процессы взаимодействуют друг с другом. В результате таких воздействий происходят различные отклонения от первоначального развития процесса, и он протекает по более сложным закономерностям. Внешние воздействия на процесс разделяются на управляющие, предназначенные для изменения хода процесса и случайные, непреднамеренные. Именно поэтому необходимо выявлять и выстраивать такие процессы, которыми можно и нужно управлять, которые не будут случайными, не застанут нас врасплох и не повлекут за собой кризисную ситуацию. Наилучший выбор управляющих воздействий из множества возможных с учетом ограничений и на основе информации о состоянии управляемого объекта и внешней среды называется оптимальным (или эффективным) управлением.

Вопрос эффективности изменений в многокомпонентных системах весьма актуален. В первую очередь рассматривается несколько ключевых вопросов. Какие изменения необходимо принимать для улучшений? Как часто надо перестраивать организацию, необходимо ли часто использовать радикальные

преобразования, которое ошибочно используют очень часто в наше время? Почему не нужно отказываться от умеренных преобразований? Какие текущие изменения необходимо выделять? Или лучше выстроить неизменяемое функционирование? Какие при этом основные изменяемые процессы надо выделять - также важный вопрос для управления организацией.

В многокомпонентных системах часто необходимо принимать изменения из-за сложной и часто изменяющейся законодательной базы государства, из-за частого цикла изменений технологий, рыночного спроса. Целесообразно рассмотреть это на примере холдинга (акционерной компании, использующей свой капитал для приобретения контрольных пакетов акций других компаний с целью установления господства и контроля над ними), как одной из самых сложных организационных систем. Экономическая сущность холдинга заключается в синергетическом эффекте: сумма интегрированных компаний во главе с материнской компанией достигает больших финансово-экономических показателей, чем сумма равных отдельно действующих компаний. Синергетический эффект возможен только при определенном образе построенном взаимодействии компаний, когда вклад каждой направлен на достижение общей цели холдинга. Этого и добивается управленец в многокомпонентных системах. Необходимо выстраивать конкурентную систему, которая может влиять, а не быть под влиянием рынка, которая не боится изменений, но и должна стремиться к идеалу, именно так развиваясь.

Сейчас в России отчетливо наблюдается тенденция, когда достаточно большое количество компаний работает по принципу холдинговых, хотя юридически не имеют соответствующего статуса («по собственным соображениям»), и количество таких компаний увеличивается.

АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАСУХ МИРА

Пасечкина В.Ю.

ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук

Москва, Россия

pase4kina21@yandex.ru

Засухи, наряду с наводнениями и землетрясениями, принадлежат к числу наиболее катастрофических природных явлений. Нами завершена работа по созданию электронной базы данных по сельскохозяйственным засухам мира, содержащая информацию более чем по 2400 засухам. Это позволило впервые проанализировать количественную информацию по засухам в глобальном масштабе. Период времени, охваченный данными электронной базы – с 1900 по 2016г., однако наиболее полная информация имеется, начиная примерно с 1980г. Всего база данных содержит семь количественных параметров: дата начала засухи (в месяцах), продолжительность засухи, географические координаты центра региона засухи, материальные ущербы от засухи в

сопоставимых финансовых единицах с учетом инфляции, общее число пострадавших от засухи, число смертельных случаев. Кроме того, база данных содержит буквенные переменные. Центры регионов засух помещены на рис. 1. Карта показывает, что, количественно, наиболее частые засухи наблюдаются на полуострове Индостан, в восточной части приэкваториальной зоны Африки, в юго-восточной Африке, в юго-восточной Азии.

На рис. 2 показана более обобщенная картина глобального распределения регионов засух – среднее распределение центров этих катастрофических явлений по широтам. Характерным является то, что качественно график на рис. 2 похож на график широтного распределения центров регионов наводнений (рис. 3 из [1]). В то же время, график на рис. 2 находится практически в противофазе с широтным распределением средних годовых значений слоя стока. Отмеченные факты означают, что засухи в большей степени, чем «противоположное» катастрофическое явление, связанное с водным фактором, - наводнения обусловлены природными факторами.

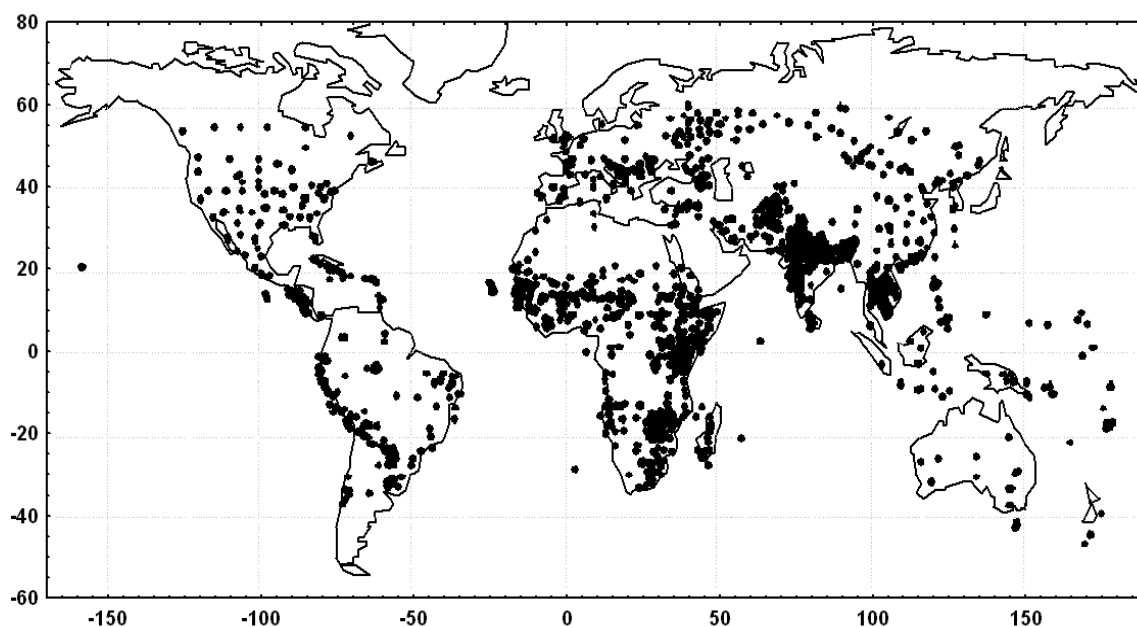


Рис. 1. Картодиаграмма центров регионов сельскохозяйственных засух за период с 1900 по 2016 гг. Положительные и отрицательные значения широт и долгот (в градусах) обозначают соответственно координаты в северном и южном, в восточном и западном полушариях

Существенным параметром засух является их продолжительность. На рис. 4 показана гистограмма, отражающая плотность вероятности длительностей засух. Сплошная линия – подогнанное к гистограмме аналитическое (геометрическое) распределение. Средняя продолжительность засух составляет около 4,5 месяцев, что на полтора порядка больше средней продолжительности наводнений по данным [1].

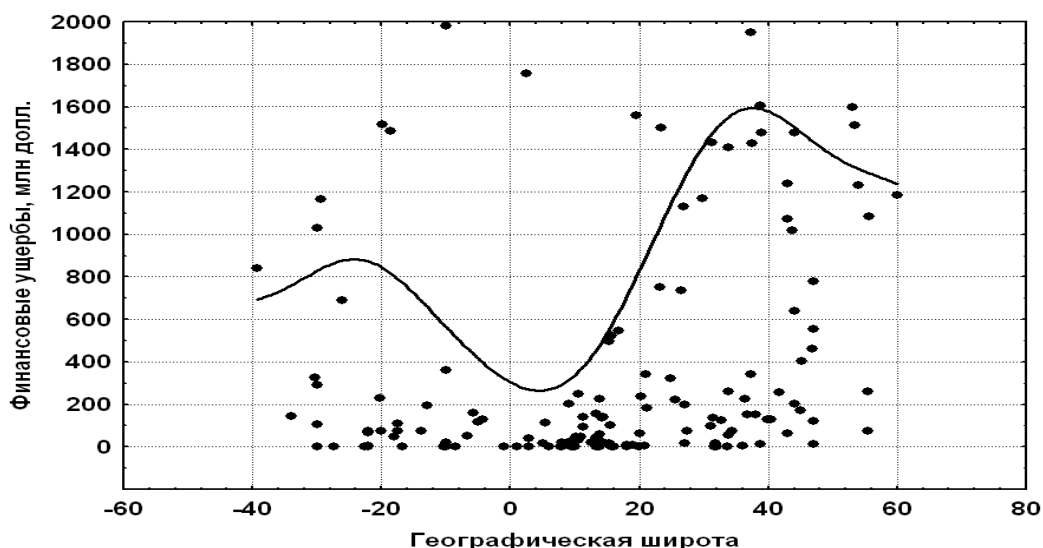


Рис. 2. Распределение центров засух по широтам. Кривая линия – аппроксимация методом пространственно-взвешенных наименьших средних квадратов

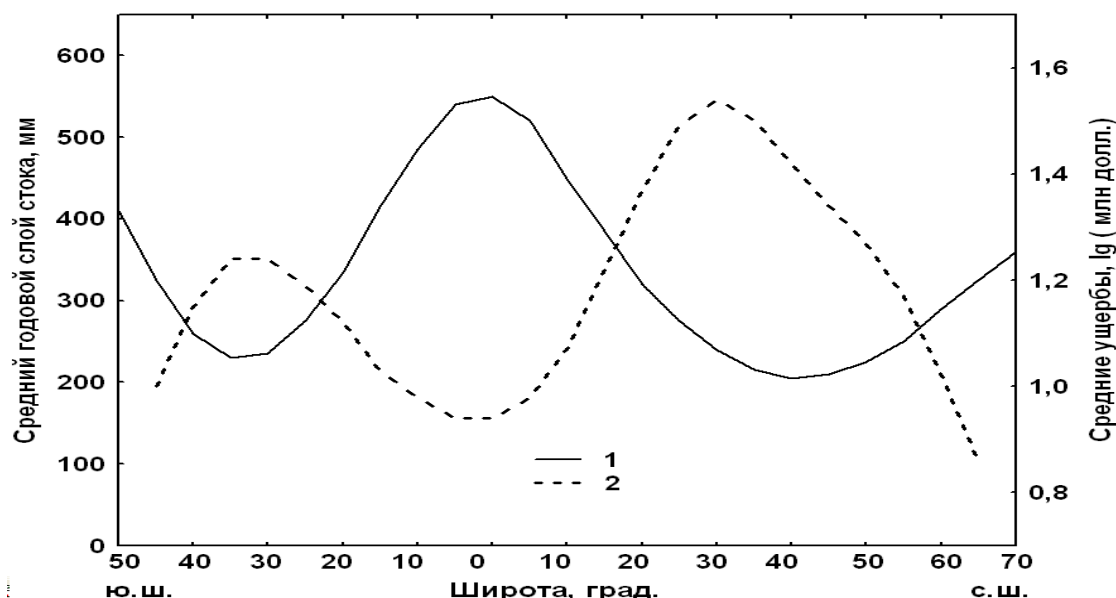


Рис. 3. Среднее распределение по широтам годовых слоев стока (1) и распределение по широтам центров регионов наводнений (2)

Важной проблемой является характер изменения параметров засух и ущербов от засух по времени. Широко распространено мнение о том, что вследствие глобального потепления катастрофичность таких природных явлений, как засух и наводнений, возрастает. Однако количественный анализ не подтверждает это предположение. Так, на рис. 5 показаны изменения во времени средней продолжительности засух, а на рис. 6 – изменения чисел пострадавших от засух людей. Как показывают графики, катастрофичность засух за анализируемый период времени не только не возросла, но даже понизилась – впрочем, на статистически незначимую величину. Обратим внимание на то, что указанные графики охватывают период времени с середины 1960-х гг. по настоящее время – период, на который приходилось

наиболее быстрое повышение глобальной температуры (предположительно, вследствие парникового эффекта).

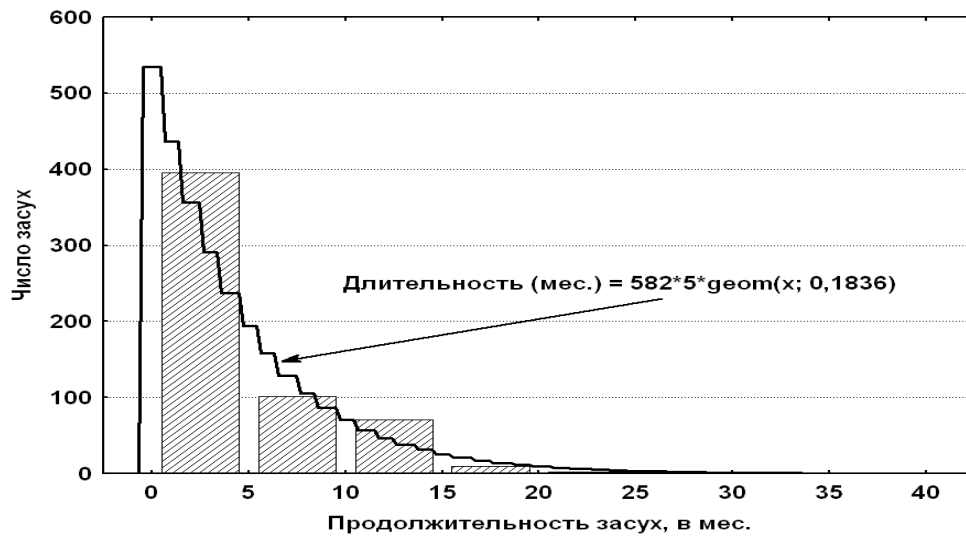


Рис. 4. Гистограмма длительностей засух. Сплошная линия – аналитическое (геометрическое) распределение, подогнанное к гистограмме методом пространственно-взвешенных наименьших средних квадратов

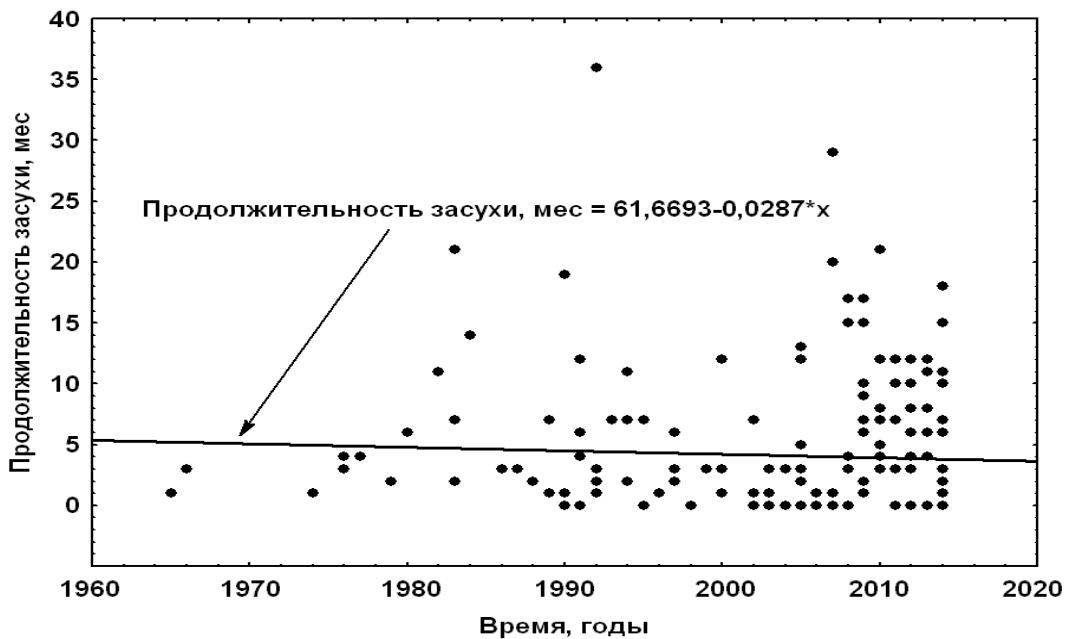


Рис. 5. Хронологические изменения длительностей засух (в мес.). Прямая линия – линейная аппроксимация методом пространственно-взвешенных наименьших средних квадратов

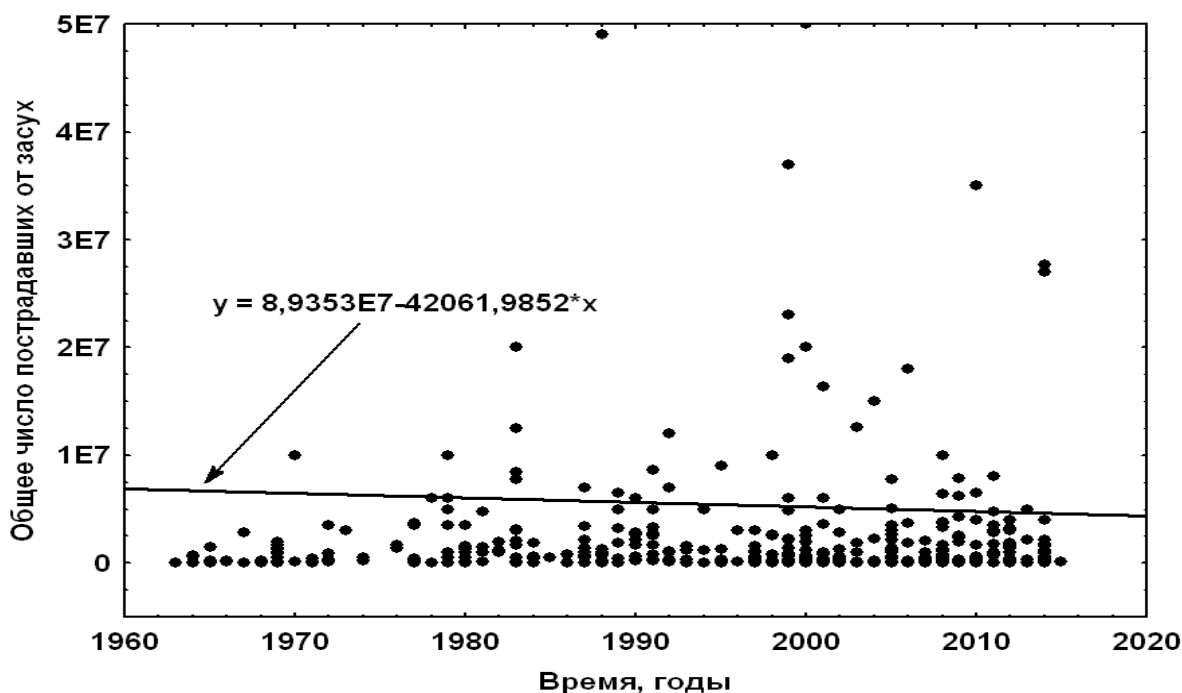


Рис. 6. Хронологические изменения общего числа пострадавших от засух. Прямая линия – линейная аппроксимация методом пространственно-взвешенных наименьших средних квадратов

Литература

1. Istomina M.N., Dobrovolski S.G. Floods of the world: quantitative analysis of natural characteristics and parameters of social-economic damages // Water Resources. 2016. V. 43. № 3. Pp. 459-471.
2. Международная база данных стихийных бедствий EM-DAT. <http://www.emdat.be>.

МАЛОВОДЬЕ В БАССЕЙНЕ ДОНА 2007-2015 ГОДОВ: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Илич В.П., Киреева М.Б., Гончаров А.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Москва, Россия

vladilich4@mail.ru

Бассейн р. Дон занимает площадь 422 тыс. км², на которой в настоящий момент проживает около 29 млн. человек. Река и ее притоки являются основными источниками воды для населения. Также Дон издревле славился своим биоразнообразием и численностью организмов, образующих его водные и пойменные экосистемы. Однако в настоящее время из-за антропогенной нагрузки и климатических изменений эти показатели значительно снизились. Маловодный период, не имеющий аналогов по продолжительности за всю историю наблюдений в этом бассейне, может привести к катастрофическим последствиям. Данное исследование посвящено комплексному анализу возникшего на р. Дон маловодья. В рамках работы

проводилось исследование пространственного распределения стока, выявление гидрометеорологических причин маловодья, влияния маловодья на экосистемы в общем, и ихтиофауну в частности.

Расчет экологического стока проводился по методике В.Г. Дубининой [3]. Выяснилось, что восстановленный сток трех лет (2011, 2014, 2015 гг.) меньше базового, в связи с чем объемы допустимого изъятия для этих годов весьма малы, водозабор возможен лишь для приоритетных потребителей. Кроме того оказалось, что при расчете таких параметров, как критический сток и сток базового года их величина меняется в зависимости от того, учитываем ли мы период маловодья или нет. Были проведены попытки выявления зависимостей между климатическими параметрами (температура воздуха и осадки) и речным стоком за различные периоды. В результате оказалось, что изменения климатических факторов не столь значительны, чтобы стать единственной причиной маловодья. Данный вывод позволяет говорить об антропогенном влиянии на снижение водности рек в бассейне Дона.

Для оценки внутригодового перераспределения речного стока за исследуемый период проводилась его параметризация. Основными выявленными тенденциями оказались уменьшение среднемесячных расходов весенних месяцев и увеличение водности зимних. По всей видимости, это связано с глобальным потеплением климата и увеличением числа зимних оттепелей.

Помимо временного анализа стока весьма важным представляется его пространственное исследование, так как выявление участков бассейна, вносящих максимальный вклад в маловодье, может помочь максимально эффективно перераспределить хозяйственную деятельность. Для этой части работы была построена серия из 45 карт распределения обеспеченностей на различных постах (для каждого года и по средним значениям за маловодье) для различных временных периодов.

В целом, по результатам проделанной работы удалось выявить основную закономерность пространственного распределения стока в маловодный период: для всех временных отрезков характерно уменьшение обеспеченностей от верховьев бассейна Дона к его низовьям.

Наблюдается чередование относительно многоводных и более маловодных лет даже внутри столь короткого периода. При этом, западная и восточная часть бассейна часто имеют асинхронный характер распределения стока, как за водохозяйственные годы, так и за отдельные периоды.

Маловодье существенным образом повлияло на водные экосистемы в бассейне Дона. За этот период наблюдается значительный рост концентрации фитопланктона. Первопричинами роста могут быть как более благоприятный режим скоростей, так и увеличение концентрации биогенных элементов. В результате, в последние годы произошло изменение трофности водотока, согласно классификации Трифионовой [12]. Если в многоводный период 2004-2006 гг. класс экосистемы может быть оценен как олиготрофный, то в маловодье – как эвтрофный. Высокие значения концентрации фитопланктона (9,83 мг/л) могли привести к дефициту кислорода в воде, что является крайне негативным для большинства представителей водной флоры и фауны.

Влияние маловодья на ихтиофауну Цимлянского водохранилища неоднозначно. Если оценивать его по всем видам, то можно отметить значительное снижение рыбного воспроизводства. Особенно это касается промысловых видов рыб. В то же время тенденции по уменьшению численности сеголетков леща нет.

Для таких ценных промысловых рыб как сазан и судак наблюдается тенденция к росту численности. Возможной причиной таких результатов является увеличение концентрации рыбы вследствие уменьшения объема водохранилища. Так или иначе, но при дальнейшем снижении уровня воды показатели численности сеголетков, а вслед за этим и взрослых особей начнут резко снижаться.

В целом, по результатам проделанной работы однозначно оценить влияние маловодья 2007-2015 гг. на водные экосистемы бассейна Дона сложно. Можно лишь сделать вывод о том, что процессы воспроизводства рыбных сообществ сильно зависят от водности р. Дон.

Заключение. Маловодный период оказывает серьезнейшее влияние на речные системы и на водохозяйственную деятельность населения, которую, скорее всего, в ближайшее время придется перераспределять, а возможно и значительно снижать.

Снижение запасов большинства промысловых видов рыб в результате нарушения среды обитания и чрезмерного вылова уже сейчас носит катастрофический характер.

Кроме научной новизны работа имеет практическое применение. Полученные выводы могут помочь оптимально перераспределить водохозяйственную деятельность, с целью минимизации неблагоприятных последствий и для населения, и для природы.

Литература

1. Грищенко И.С., Юрьев А.В., Хосровянц И.Л. Оценка воздействия на окружающую среду по теме «Разработка проекта нормативов допустимого воздействия по бассейну реки Кубань». М.:2011. СОВИНТЕРВОД.
2. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Рец Е.П., Бугров А.А. Особенности формирования современных ресурсов подземных вод европейской части России // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 5. С. 457-466.
3. Дубинина. В.Г. Методические указания по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска). М.: ФГУ «Межведомственная ихтиологическая комиссия», 2008.
4. Дубинина В.Г. Методология нормирования безвозвратного изъятия речного стока. М.: ФГУ «Межведомственная ихтиологическая комиссия», 2009.
5. Елизарьев А.Н., Фашевская Т.Б., Афанасьев И.А., Кияшко И.Ю. Оценка водного потенциала Республики Башкортостан с использованием ГИС технологий. Уфа: ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, 2013.
6. Киреева М.Б. Водный режим рек бассейна Дона в условиях меняющегося климата. М., 2013.
7. Киреева М.Б., Езерова Н.Н. Роль паводочного стока в изменчивости водного режима крупных рек ЕТР / М.: МГУ, 2013.

8. Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2014.
9. Маркин В.Н. Внутригодовое распределение экологического стока малых рек. М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2007.
10. Фащевский Б.В. Проблемы экологического нормирования водного режима рек // Мелиорация и водное хозяйство, 1993. № 5.
11. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. JL: Наука, 1990. 179 с.
12. Сайт научно-исследовательского института рыбного хозяйства. URL: <http://azniirkh.ru/>.
13. Abbasov R.K., Smakhtin V.U. Introducing environmental thresholds into water withdrawal management of mountain streams in the Kura River basin, Azerbaijan. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 54(6) December 2009. Pp. 1068-1077.
14. Tharme R.A. Global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers // River Research and Applications 2003. Volume 19. Issue 5-6. Pp. 397-441.

СТОК РЕК ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНЫ ТЯНЬ-ШАНЯ В УСЛОВИЯХ ДЕГЛЯЦИАЦИИ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ НАРЫН И БАССЕЙНА ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

Белозёров Е.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Москва, Россия

Egora1000@Mail.ru

научный руководитель: к.г.н, м.н.с. Киреева М.Б.

Ледники являются одной из основных составляющих запасов пресной воды на планете. В настоящий момент происходит практически повсеместная деградация оледенения, приводящая с одной стороны к увеличению стока высокогорной зоны, с другой – к сработке вековых запасов пресной воды. В данной работе рассматриваются изменения стока рек высокогорной зоны в связи с изменениями климата в Республике Киргизстан на примере бассейна оз. Иссык-Куль и бассейна р. Нарын.

В последнее время в странах Средней Азии наблюдается нехватка водных ресурсов. К 2000 г. с 1957 г. запас воды в ледниках уменьшился на 25%, и по сей день продолжают уменьшаться. 90% используемой воды в регионе идет на нужды сельского хозяйства, так как большая часть обрабатываемых земель — орошаемые земли (80%). При этом по статистике, только половина воды, расходуемой на орошение, доходит до полей.

Цель данной работы - проанализировать динамику климатических показателей и проследить их влияние на сток рек высокогорной и предгорной зон региона. Работа проводилась на трех масштабах исследования. Для начала был проведен пространственный анализ динамики климатических показателей и характеристик стока рек региона. Для этого были обобщены данные по расходам воды на гидрологических постах и данные с метеорологических

станций, а также проведен анализ существующих исследований по данному региону.

Согласно проведенным расчетам, на территории Республики Киргизстан обнаруживается положительный тренд изменения основных гидрометеорологических величин. Повсеместно на территории происходит увеличение стока рек в летний период, в связи с увеличением температуры в регионе на 1-4°C (рис. 1). Происходит увеличение осадков в летний и осенний сезоны года, в июне наблюдается максимум роста на 29%. Увеличение температуры по сравнению с периодом до 1978 г. произошло на 15-45%, осадков - на 5-15% стока – на 10-50%, а в некоторых местах больше чем в два раза.

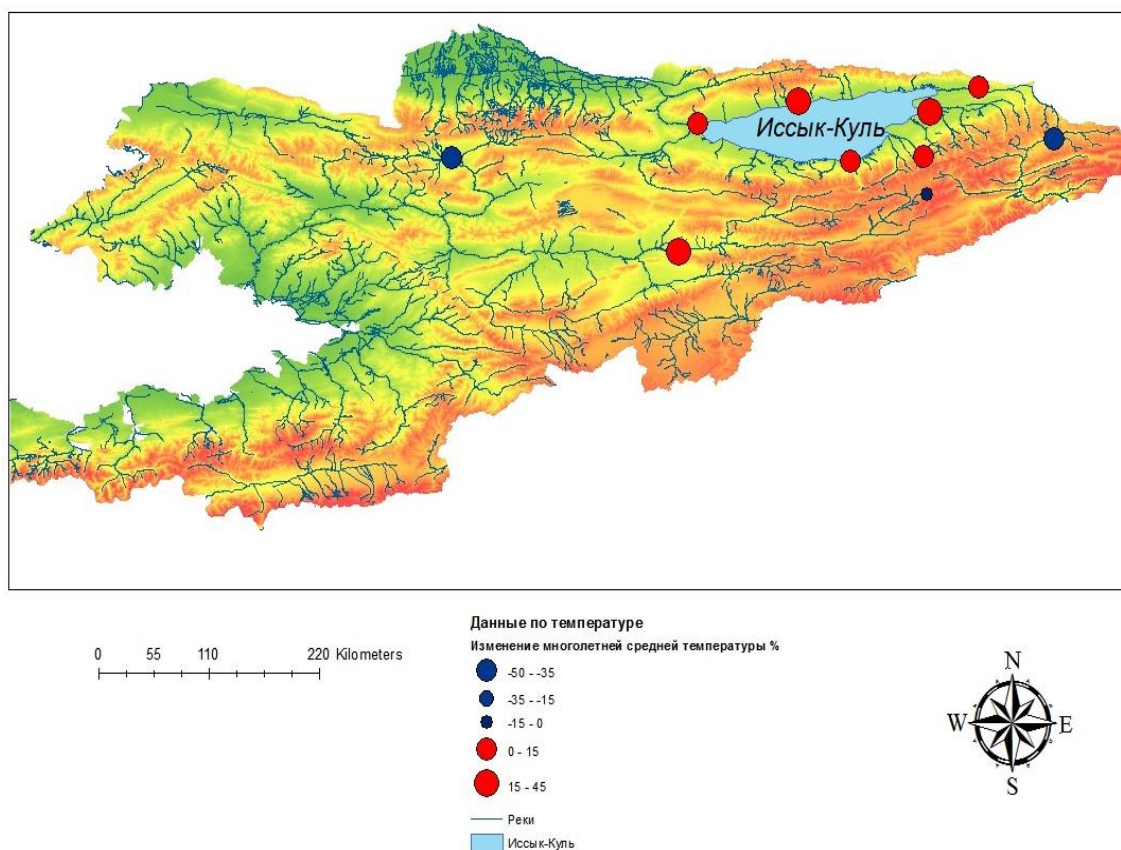


Рис. 1. Картосхема изменений среднегодовой температуры воздуха (период до и после 1978 г.)

Следующим уровнем обобщений был бассейновый. Для этого был выбран репрезентативный для западного Тянь-Шаня бассейн р. Кызыл-Суу и ледник Карабаткак. Сток по сравнению с данными наблюдения до 1978г. увеличился на 25%, температура - на 10% и осадки - на 15%. Основное изменение стока выделяется в начале сезона таяния ледников и его конца. Так, в апреле и октябре произошли самые заметные изменения гидрометеорологических величин. Температура воздуха в октябре увеличилась на 153% по сравнению с данными до 1978г., что привело к увеличению среднего расхода в этом месяце на 50%, а минимального - на 87% (рис. 2).

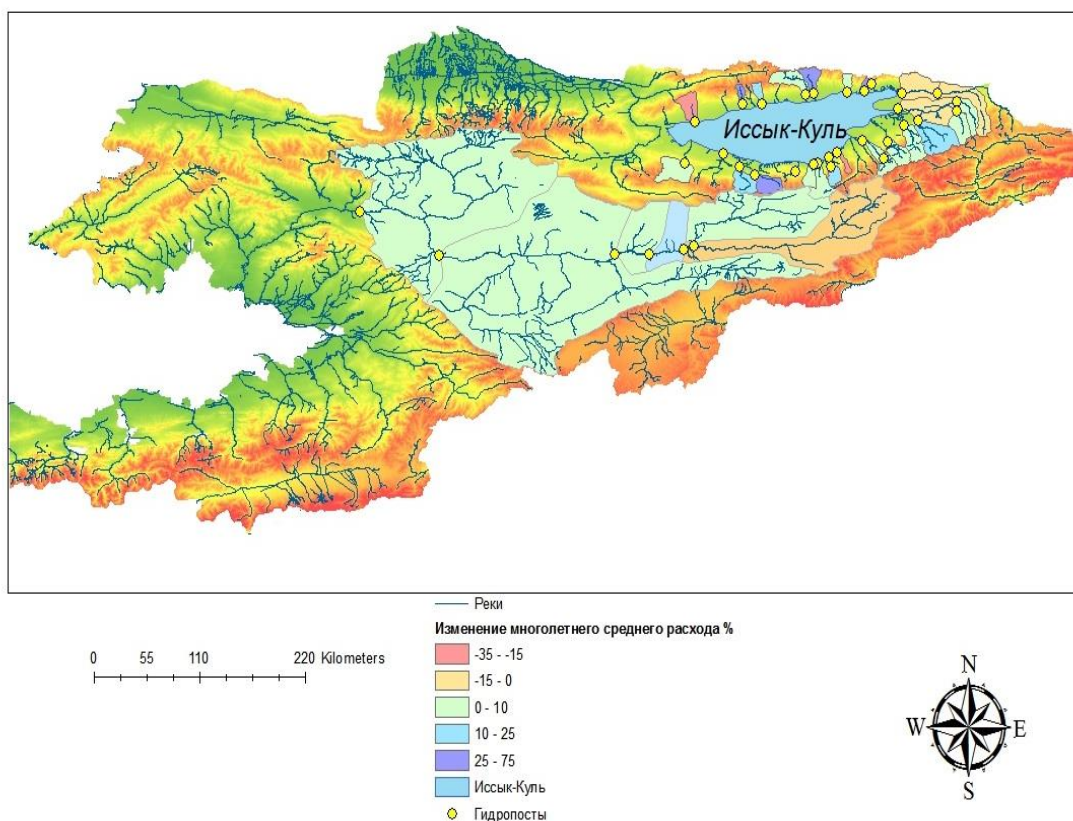


Рис. 2. Картограмма изменения среднегодовых расходов воды до и после 1978г.

Следующим этапом явилась подготовка входных данных для моделирования таяния ледника с целью дальнейшего анализа влияния динамики таяния на ледниковое питание рек. Для апробации модели использовался ледник Карабаткак.

По имеющимся данным, видно, что интенсивное таяние происходит уже сейчас, что будет оказывать влияние на ледниковый сток рек в последующие годы.

Литература

1. Кузьмиченок В.А. Научно-технический отчет «Оценка возможной эволюции водоотдачи ледников и стока в Кыргызстане различной обеспеченности при прогнозируемых климатических изменениях», 2011.
2. Савельев А.А., Токарев И.В. Балансовая гидрологическая модель бассейна реки Нарын и малых рек, питающих Токтогульское водохранилище, 2010.
3. Клацов В.М. Водноэнергетические проблемы в Центральной Азии: причины, трудности и подходы к разрешению, 2012.
4. Sorg A., Bolch T. Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia), 2012.
5. Sorg A., Huss M. The days of plenty might soon be over in glacierized Central Asian catchments, 2014.
6. Sorg A., Vosello B., Coping with changing water resources: The case of Syr Darya river basin in Central Asia, 2014.

ГИДРОЛОГО-ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК КАШКАТОР И ЧОН-КЫЗЫЛ-СУУ

**Авилова А., Вилимович Е., Голосной Д., Колий В., Корнилова Е.,
Кузьмина Е., Куликов В., Максаков Н., Якимова А.**

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Москва, Россия*

kate-1996.09@mail.ru, kate.kuzmina.m@gmail.com

Горная практика студентов II курса географического факультета кафедры гидрологии суши МГУ им. М.В. Ломоносова проходила в Киргизии с 14 по 30 июля 2016г. Работы проводились в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу, на р. Кашкатор, на оз. Кара-Баткак и одноименном леднике. Обработка результатов производилась на метеостанции на р. Чон-Кызыл-Суу и в д. Покровка. Цель данной экспедиции - исследование горных водотоков, водоемов и ледников, ознакомление с составом наиболее распространенных гидрометрических работ. Задачи экспедиции:

- Проведение гидрологических и гляциологических исследований горных рек, озер и ледников.
- Изучение особенностей гидрологического режима водотоков бассейна р. Чон-Кызыл-Суу и Кашкатор.
- Проведение гляциологических исследований.
- Испытание новых методов изучения водных объектов.

В ходе практики были проведены гидрологические исследования в бассейне рр. Чон-Кызыл-Суу и Кашкатор, водомерные наблюдения и установка логгера в створе «Люлька» на р. Чон-Кызыл-Суу, измерение расхода р. Кашкатор ионным паводком, съемка оз. Кара-Баткак, нивелировка р. Чон-Кызыл-Суу. Были получены характеристики таяния в зоне абляции ледника в период проведения экспедиции. Средняя величина абляции за период наблюдений с 08.07 до 15.07 составила 30,3 см, в период наблюдений с 15.07 до 21.07 – 47,3 см. Был рассчитан коэффициент стаивания, составивший для периода наблюдений с 08.07 до 15.07 - 2,04, а в период наблюдений с 15.07 до 21.07 – 3,67. Исследован гидрологический режим р. Кашкатор – ледник: анализ суточных колебаний уровня, электропроводности (водомерные наблюдения + логгер, связь с метеоданными и данными по абляции. Общее колебание уровня за два дня составило 8 см. Значения электропроводности изменялись в диапазоне от 101,1 мкСм/см до 157,9 мкСм/см. Значения температуры воды колебались от 0,6°C до 1,8°C. Изучена динамика уровня воды в водных объектах бассейна р. Кашкатор в период наблюдений (створ Кашкатор – ледник, оз. Кара-Баткак, р. Кашкатор – домик гляциолога, р. Кашкатор – источник). Максимальное и минимальное значения в сутки наблюдаются в одно и то же время во всех водных объектах. Максимум наблюдается к вечеру, а минимум – в утренние часы. Наименьшая амплитуда колебаний была на р. Кашкатор-ледник: около 8 см в сутки. На оз. Кара-Баткак и на р. Кашкатор-домик гляциолога она была практически одинакова: 11-12 см в сутки.

Проведен анализ колебаний температуры, электропроводности воды водных объектов бассейна р. Кашкатор (створ р. Кашкатор - ледник, оз. Кара-Баткак, р. Кашкатор – домик гляциолога). Общие изменения значений температуры и электропроводности одинаковы в течение суток. Определен сток воды р. Кашкатор (створ Кашкатор-ледник, домик гляциолога (сток из озера) методом ионного паводка, построение зависимости $Q=f(H)$). Сопоставлены данные по измеренным расходам воды методом ионного паводка и гидрометрической вертушки. В результате сопоставления можно сделать вывод, что наименьшая погрешность измерения возникает при 5 вертикалях и составляет 2%.

Была проанализирована динамика языка ледника Кара-Баткак по данным геодезических измерений. На построенной карте видна тенденция отступления ледника Кара-Баткак. Максимальная величина отступления ледника - 51 м, среднее отступление - 31 м. Так же была проведена съемка оз. Кара-Баткак.

Были проведены гидрологические исследования на р. Чон-Кызыл-Суу (створ метеорологической станции), дан общий характер погоды по данным наблюдений на метеорологической станции Кызыл-Суу, описан гидрологический пост на р. Чон-Кызыл-Суу (створ «Люлька») по данным нивелировки: поперечный профиль и продольные уклоны. Проведены водомерные наблюдения на временном посту р. Чон-Кызыл-Суу (створ «Люлька»): внутрисуточная изменчивость уровня, температуры и электропроводности, мутности. Максимальные показатели уровня воды приходятся на 20:00. Максимальный уровень воды наблюдался 17.07 и составил 77 см. Средний уровень составил 67 см, минимальный – 58 см. Минимальный уровень наблюдался в 8 утра.

Сделан анализ изменения температуры воды и уровня воды в зависимости от метеоусловий по данным логгера (створ «Люлька»), проанализирована пространственная изменчивость гидрологических характеристик в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу, отобраны пробы на участке р. Чон-Кызыл-Суу для проведения изотопного анализа.

В результате исследования был внесен вклад в изучение и мониторинг гидрологических и гидрохимических характеристик репрезентативного ледника Тянь-Шаня и его влияние на сток р. Карабаткак. Также были проведены наблюдения за стоком р. Чон-Кызыл-Суу, которая является важным объектом водохозяйственного использования.

Литература

1. Физическая география Кыргызстана. http://www.scout-kg.narod.ru/library/l_geografia.kg.html.
2. Аламанов С.К., Лелевкин В.М., Подрезов О.А., Подрезов А.О. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Москва – Бишкек, 2006
3. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия, Гидрометеиздат, 1972.
4. Карта урочища Карабаткак 1982 г.
5. Маматканов Д.М., Липкин В.И. О запасах гидроэнергетических ресурсов Кыргызстана и прогноз до 2100 года. Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР.

6. Отчет о научно-исследовательской работе 2013 г. национальной академии наук Кыргызской республики Института водных проблем и гидроэнергетики «Мониторинг гляциологических и гидрометеорологических условий репрезентативного бассейна р. Чон-Кызыл-Суу (Северный Тянь-Шань). Палеогляциологические и изотопно-химические исследования бассейнов рек Кызыл-Суу (КР) и Вахш (ТД)».

7. Первая поездка на Тянь-Шань, или Небесный хребет, до верховьев р. Яксарта, или Сыр-Дарьи в 1857 году // Вестник РГО, 1858.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ Р. АМУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОСТЕЙШИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЕВ

Луцаков С.Ю.¹, Гарцман Б.И.²

*¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Владивосток, Россия*

*² ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук
Москва, Россия
darkbelka92@gmail.com*

За последние 15-20 лет в бассейне р. Амур было отмечено несколько экстремальных гидрологических событий редкой повторяемости: наводнение в бассейне р. Сунгари в 1998г., паводок в бассейне р. Зeya в 2007г., исторически низкие максимальные расходы по Амуру в 2008г., неординарно высокая влажность осени в Приморье 2012г., исторический паводок на Амуре в 2013г. [4, 7, 8, 9, 10]. Все это может свидетельствовать о начавшихся изменениях в гидрологическом режиме исследуемой территории. Данное исследование направлено на изучение гидрологических последствий при климатических изменениях в пределах бассейна р. Амур. Одним из наиболее популярных инструментов по изучению подобных процессов является динамико-стохастическое моделирование [1, 6], в котором соединены стохастические модели погоды и детерминированные модели формирования стока, позволяющие проводить имитационные расчеты с суточным разрешением.

Оценка адекватности назначения климатических сценариев выходит за рамки данной работы, поэтому данная часть исследования выполнялась в весьма обобщенном виде - увеличении осадков паводкового периода (июнь - сентябрь) в пределах 20%, как наиболее надежный прогноз ожидаемых климатических изменений. Также учитывая все ограничения, оценены только два статистических параметра - норма и коэффициент вариации, и только по двум параметрам гидрологического режима - максимальным расходам Q_{max} и суммарному слою стока за исследуемый период W_{VI-IX} .

Для оценки влияния ожидаемых изменений климата была использована прогнозная схема с бассейнами-индикаторами, центральным звеном которой является региональная математическая модель паводочного цикла малого речного бассейна (Flood Cycle Model, FCM), разработанная и широко тестируемая на Дальнем Востоке России [2]. Индикаторами являются малые

бассейны, на которых выполнена параметризация и тестирование FCM. На вход модели подаются фактические, прогнозные либо сценарные суточные суммы осадков, на выходе получается расчетный гидрограф в виде последовательности суточных расходов. Каждый из бассейнов-индикаторов считается репрезентативным, отражая процессы стокоформирования на некоторой доле площади крупного бассейна. Моделирование добегания по крупной русловой сети осуществляется путем трансформации гидрографа каждого из индикаторов по методу Калинина-Милюкова.

Для проведения модельных экспериментов были выбраны два тестовых объекта – бассейн р. Уссури – п. Кировский, с площадью водосбора 24400 км², и бассейн р. Бурей – Малиновка, с площадью водосбора 67400 км². Каждый вычислительный эксперимент заключался в 100-кратном расчете гидрографов стока летне-осеннего сезона по многолетнему ряду осадков при стохастическом (с помощью датчика случайных чисел) назначении краевых условий ежегодно. Для каждого i -го года при каждом расчёте выбирался максимальный расход $Q_{max,i}$ и суммарный слой стока $W_{VI-IX,i}$. Полученные 100 выборок одинакового объема для каждого из двух характеристик ранжировались и осреднялись по рангам. По осредненным значениям строились модельные кривые обеспеченности каждой характеристики в каждом эксперименте.

Таким образом, для каждого из малых бассейнов-индикаторов были получены модельные кривые обеспеченности Q_{max} и W_{VI-IX} на основе использования длительных рядов наблюдений за осадками на ближайших метеостанциях, которые сопоставлялись с кривыми обеспеченности, полученными по фактическим данным по стоку (рис. а, б). Результаты модельных экспериментов показывают достаточную адекватность модели и надежность расчетной схемы эксперимента.

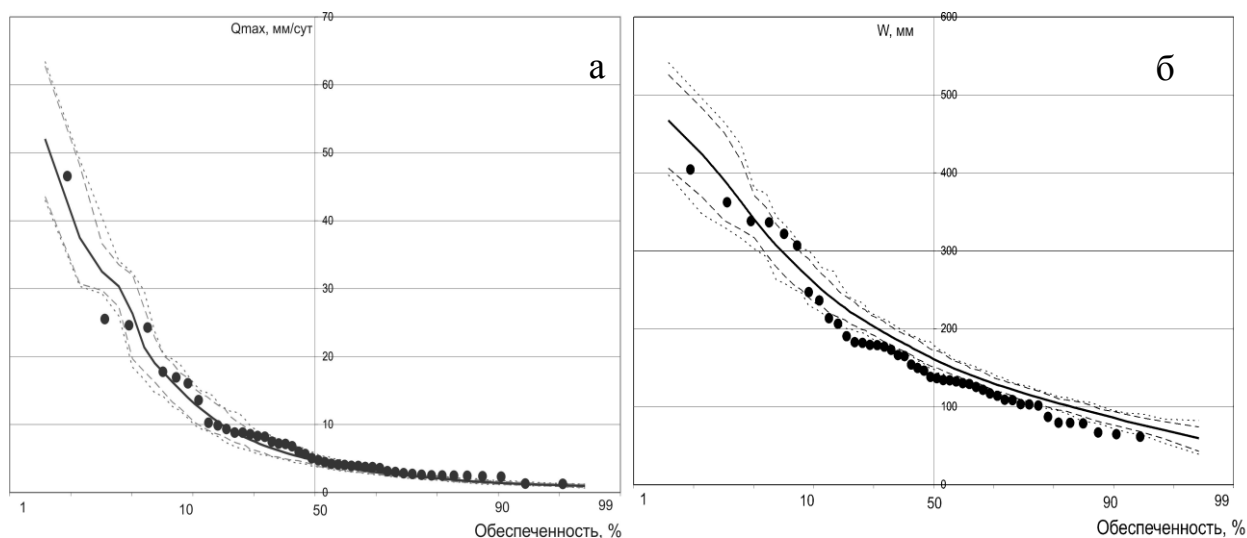


Рис. Примеры эмпирических и модельных кривых обеспеченности для р. Уссури – с. Верхняя Бреевка, Q_{max} (а) и W_{VI-IX} (б). Точки - эмпирические кривые обеспеченности; тёмные линии – модельные кривые обеспеченности; пунктир - 5% и 1% доверительные интервалы

Следующим этапом было проведение серии модельных экспериментов, в которых сравнивались результаты использования для малых бассейнов-индикаторов «простейших» климатических сценариев - фактических осадков тех же станций, что и на первом этапе, но увеличенных на 10 и 20%, – а также «морского» и «континентального» сценариев (табл.).

В результате второго этапа экспериментов было установлено, что результаты моделирования с «морским» и «континентальным» сценариями сильно различаются, однако если их результаты осреднить, то они весьма близки к результатам простейшего сценария увеличения фактических осадков на 20%. Можно предположить, что простейший сценарий является достаточно представительным по отношению ко всему разнообразию возможных условий будущего более влажного климата на больших территориях, и может быть использован для предварительных оценок с учетом всех ограничений.

На третьем этапе численные модельные эксперименты проводились только с использованием сценариев «0» (фактические осадки станций), «10» (тоже +10% к каждому значению) и «20» (тоже +20%). Расчеты выполнены для пяти малых рек в бассейне р. Уссури – п. Кировский, пяти малых рек в бассейне р. Бурей – с. Малиновка, и для самих пунктов Кировский и Малиновка. Моделирование для крупных бассейнов выполнялось с использованием моделей, ранее верифицированных для использования в оперативном прогнозировании [3, 4].

На основании результатов вычислительных экспериментов построены зависимости процента изменения нормы исследуемых характеристик Q_{max} и W_{VI-IX} от площади водосбора при разных изменениях средней суммы осадков за сезон. Результаты сценарного моделирования показывают достаточно сложную и неоднозначную картину в пределах водосбора Амура. В бассейне Уссури, при увеличении осадков на 10%, нормы Q_{max} для малых бассейнов возрастают на 27-40%, при увеличении осадков на 20% рост составляет 58-87%. Значительно меньшие оценки получены для норм W_{VI-IX} - при увеличении осадков на 10%: они возрастают на 13-23%, а при увеличении осадков на 20% рост составляет 26-47%.

Существенно иная ситуация наблюдается в бассейне р. Бурей. Здесь, при увеличении осадков на 10%, нормы Q_{max} для малых бассейнов возрастают на 23-30%, при увеличении осадков на 20% их рост составляет 46-61%. Как и для р. Уссури, для бассейна р. Бурей получены несколько меньшие оценки роста норм W_{VI-IX} по сравнению с Q_{max} . При увеличении осадков на 10% нормы W_{VI-IX} возрастают на малых бассейнах-индикаторах на 14-18%, при увеличении осадков на 20% рост составляет 28-37%.

В целом, можно заключить, что с ростом сезонных осадков нормы максимальных дождевых расходов и суммарного за сезон слоя стока ускоренно растут, и их увеличение может значительно (до трех раз) превышать увеличение суммы осадков. Полученные результаты представляются вполне закономерными для рек с дальневосточным типом режима. Те же результаты показывают, что изменения коэффициента

вариации во всех случаях остаются в пределах 5%, то есть не выходят за границы точности оценки этого параметра. Это позволяет сделать важный вывод, что при сценарном стохастическом моделировании формирования максимального стока в бассейне Амура в целом изменение гидрологического режима притоков может быть учтено с помощью только одного параметра – нормы.

Таблица. Метеорологические станции, использованные при сценарном моделировании (X_{VI-IX} – сумма осадков с июня по сентябрь, мм)

Бассейн р. Буряя до с. Малиновка		Бассейн р. Уссури до п. Кировский		Южное Приморье морской сценарий		Центральный Сихотэ-Алине континентальный сценарий	
Метеостанция	X_{VI-IX}	Метеостанция	X_{VI-IX}	Метеостанция	X_{VI-IX}	Метеостанция	X_{VI-IX}
Чегдомын	452	Самарка	391	Лазо	428	Глубинное	536
Чекунда	487	Кировский	422	Партизанск	484	Рошино	481
Софийский прииск	510	Верхняя Бреевка	371	Шкотово	438	Мельничное	421
Сутур	483	Ясное	380	Молчановка	415		
		Антоновка	388				
		Ариадное	424				

Литература

1. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 311 с.
2. Гарцман Б.И. Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. Владивосток: Дальнаука, 2008. 244 с.
3. Гарцман Б.И., Губарева Т.С. Прогноз гидрографа дождевых паводков на реках Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 70–80.
4. Гарцман Б.И., Губарева Т.С., Бугаец А.Н., Макагонова М.А. Краткосрочный прогноз притока воды в водохранилище Бурейской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2009. № 1. С. 11–20.
5. Гарцман Б.И., Мезенцева Л.И., Меновщикова Т.С., Попова Н.Ю., Соколов О.В. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 г. // Метеорология и гидрология. 2014. № 4. С. 77–92.
6. Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. М.: ИВП РАН, 2007. 294 с.
7. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С. Катастрофическое наводнение 2013 г. в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 2. С. 111–122.
8. Дугина И.О., Явкина Е.Н., Агеева С.А., Большешапова О.В., Дунаева И.М., Ефремова Н.Ф., Сальников В.И., Крамарева Л.С., Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л. Выдающееся наводнение на р. Амур в 2013 году и его особенности // Тезисы

пленарных докладов VII Всероссийского гидрологического съезда. 19 - 21 ноября 2013 г., г. Санкт-Петербург. С.-Пб.: Росгидромет, 2013. С. 22–25.

9. Лапин Г.Г., Жиркевич А.Н. Пропуск паводков 2006 и 2007 гг. через сооружения Зейского гидроузла // Гидротехническое строительство. 2008. № 10. С. 3–10.

10. Основные гидрологические характеристики рек бассейна Амура на территории КНР // Отчет о НИР. Дальневосточное территориальное межрегиональное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Хабаровск, 2001. 34 с.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ ВЫСОКОЙ ВОДНОСТИ НА РЕКЕ АБАКАН

Шумилова К.А. Паромов В.В.

Томский государственный университет

г. Томск, Россия

avelissa@mail.ru

На большей части рек России период половодья наступает ежегодно в весенний или весенне-летний сезоны и характеризуется интенсивным питанием в результате снеготаяния. Выпадающие в период половодья жидкие осадки могут вызывать дополнительные пики на подъеме и на спаде половодья. При этом формируются наибольшие в году расходы воды, достигающие экстремальных значений в особо многоводные годы и вызывающие катастрофические наводнения [5]. Объем и продолжительность половодья, а так же уровень затопления территории зависит от большого числа факторов, главными из которых являются климатические. Таким образом, основной задачей исследования являлось детальное рассмотрение условий формирования половодий на реке Абакан, выявление гидроклиматических закономерностей и определение типов половодья. Для решения этой задачи были проанализированы данные гидрологического створа р. Абакан – г. Абаза с 1937 по 2014 гг. и метеорологические характеристики (такие как температура воздуха, атмосферные осадки, максимальный запас воды в снежном покрове) со станций Кондома, Кузедеево, Неожиданный, Таштып, Турочак, Яйлю.

Главными выделенными факторами, обуславливающими мощность весеннего половодья стали запас воды в снежном покрове перед началом снеготаяния, количество и интенсивность выпадения атмосферных осадков в период снеготаяния и первую фазу половодья, дружность весны. При сочетании этих факторов расход воды может перейти критическую отметку 2380 м³/сек, соответствующему уровню воды 490 см, в этом случае вода начнет выходить на пойму и будет подтоплена часть территории г. Абаза (данные предоставлены Среднесибирским УГМС).

Всего выявлено 4 типа волны весеннего половодья большой водности (обеспеченностью менее 33,3%), отличающиеся по степени опасности для человека, населенных пунктов и промышленных объектов на берегах р. Абакан.

Анализ гидрографов стока за половодный период в годы их большой водности показал, что только в 75% случаев формируются экстремально большие суточные расходы воды, что приводит к подтоплению городских территорий и хозяйственных объектов. В остальные 25% случаев наблюдается растянутое во времени половодье с расходами, не превышающими критический порог (рис., тип 1). В тех случаях, когда подтопление территорий начинается, пик половодья и, соответственно, время прохождения экстремально больших среднесуточных расходов воды может быть как более ранним – начало 3-й декады мая, так и более поздним – 2-я декада июня (рис., тип 2 и 3). Максимальные среднесуточные расходы воды таких волн половодья на 5–10 % больше критического для г. Абаза значения. Наиболее опасным и разрушительным для человека является половодье 4-го типа (два случая за инструментальный период наблюдений), когда формируется экстремально высокая волна с максимальными среднесуточными расходами, более чем в 2 раза превышающими критическое значение и пиком в последнюю пентаду мая – начале июня.

В бассейне р. Абакан за период гидрологических инструментальных наблюдений зафиксированы наводнения, относящиеся к классу высоких и выдающихся, в 1941, 1966, 1969, 1973, 2004, 2006, 2010, 2014 гг. Существует вероятность увеличения частоты экстремальных гидрологических ситуаций в южной части Сибирского ФО и, в частности, в бассейне р. Абакан [1]. Наиболее опасными из перечисленных, по ряду признаков, относящихся к классу катастрофических, на данный момент времени, можно считать наводнения 1969 и 2014 гг., оба наводнения относятся к 4 типу.

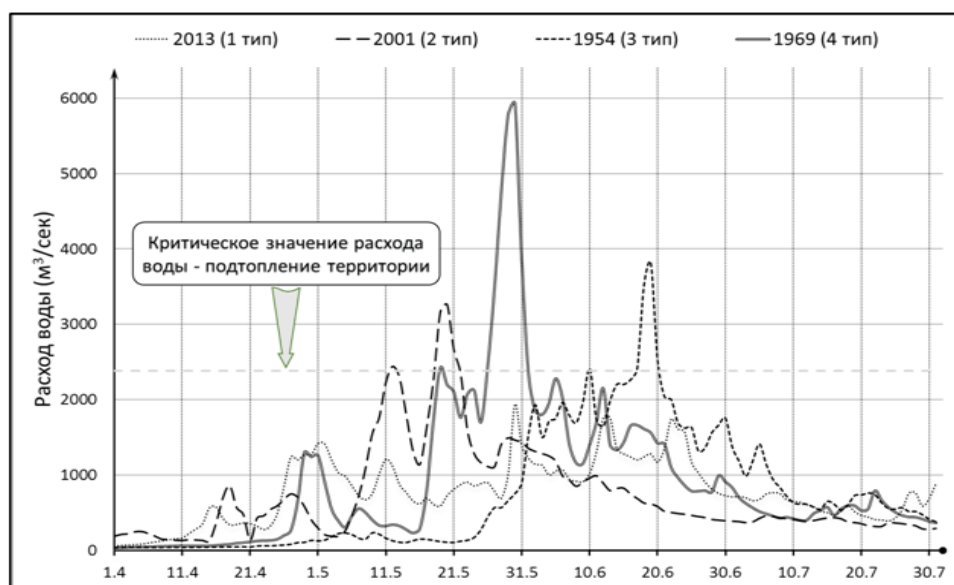


Рис. Характерные типы гидрографов стока периодов половодья на реке Абакан в створе г. Абаза

30 мая 2014г. на р. Абакан в створе у г. Абаза был зафиксирован уровень воды 673 см, что на 34 см превышает максимальный уровень, зафиксированный в 1969г. и на 183 см критический уровень воды. Соответствующий этому уровню расход составил 6620 м³/с (5930 м³/с в

1969г.). Это абсолютный максимум за 78 лет инструментальных гидрологических наблюдений за стоком.

Половодье в Хакасии весной 2014г. началось раньше из-за малоснежной и аномально теплой зимы. Положительная аномалия средней месячной температуры воздуха ноября варьировала в пределах 4,7–6,6°C. Превышение среднемесячной температуры отмечалось в большинстве зимних месяцев. Среднемесячная температура марта превысила многолетние значения на 3,8–5,8°C. В Абакане зарегистрированы температурные рекорды: абсолютные суточные максимумы температуры воздуха перекрыты 19 марта на 2,2°C, 20 марта на 3,6°C. Запас воды в снеге в бассейне р. Абакан в предгорной части составил 40–70% от нормы, в горной части 95–100% [3]. То есть сформировалась и наблюдалась волна половодья по 1 типу (рис.). Но начавшиеся в последнюю пентаду мая на территории Горного Алтая и Западного Саяна ливневые дожди, связанные с редкой синоптической ситуацией [2], и пришедшие на спад второй волны половодья талых снеговых вод с верхней части водосбора, привели к формированию экстремально высокого дождевого паводка и наводнения со среднесуточными расходами, в течение пяти дней превышавшими критический.

После анализа экстремальных наводнений 4 типа можно утверждать, что основными климатическими факторами, влияющими на объем волны весеннего половодья и формирование экстремально высоких среднесуточных расходов воды на р. Абакан – створ г. Абаза являются: 1) сумма осадков зимнего сезона и максимальный запас воды в снежном покрове; 2) осадки апреля; 3) температура зимнего сезона; 4) предзимнее увлажнение верхней толщи почвогрунтов.

Литература

1. Бузин В.А., Копалиани З.Д. Наводнения на реках России при современных тенденциях в изменении климата // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического ун-та. 2007. № 5. С. 43–54.
2. Кононова Н.К. Связь стихийных бедствий в России в 2013 и 2014 гг. с циркуляцией атмосферы Северного полушария // Сложные системы. 2014. № 4 (13). С. 46–60.
3. Метельская Я. Как погодная аномалия повлияет на весеннее половодье в Хакасии. Шанс // On-line еженедельник Хакасии. URL: http://www.shans-online.com/articles/2014-03-09/kak_pogodnaya_anomaliya_povliyaet_na_vesennee_polovode_v_hakasii/ (дата обращения: 09.03.2016).
4. Паромов В.В., Шантыкова Л.Н. Динамика гидрометеорологических характеристик высокогорья Алтая во второй половине XX века // Материалы гляциологических исследований. Доклады XII Международного гляциологического симпозиума: Ритмы природных процессов в гляциосфере Земли. М.: Институт географии РАН, 2001. № 90. С. 112 – 116.
5. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М., Наумов Э.П., Тудрий В.Д. Современные глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата – Казань: «УНИПРЕСС», 1999. 96 с.

СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОГО СТОКА ВОДЫ РЕК СЕВЕРА РЕСПУБЛИКИ САХА

Карашова М.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

m.karash@yandex.ru

научный руководитель к.г.н, доцент Магрицкий Д.В.

Арктическая зона России (АЗР) – регион страны, которому в последнее время уделяется большое внимание, что объясняется особенностями полярного и приграничного местоположения, огромным ресурсным потенциалом, который в условиях потепления климата становится более доступным и притягательным. Несмотря на стратегическое значение территорий АЗР, существующие водохозяйственные мероприятия не обеспечены гидрологическими данными и их географическими обобщениями. В особенности для территорий восточного сектора АЗР. Решение проблем в условиях небольшого числа гидрологических постов и их крайне неравномерного размещения, малой длительности наблюдений возможно с использованием всей имеющейся на данный момент гидрологической информации, ее проверке и обобщении по территории. Поэтому одной из задач исследования стало установление причин и закономерностей пространственно-временной изменчивости годового стока воды рек севера Якутии (рис. 1).



Рис. 1. Положение рассматриваемой территории на карте Российской Федерации

Ввиду недостаточности и неравномерности распределения гидрологических постов и для решения намеченных задач в исследуемый район также были включены несколько улусов в средней части республики.

Рассматриваемые территории отличаются крайне суровыми климатическими условиями, сложностью, многообразием и расчлененностью рельефа, а также разнообразием почв и растительности. Всё это оказывает влияние на современные процессы стокообразования. Были выбраны

гидрологические посты с наблюдениями за расходами воды. Имеющиеся пропуски в рядах среднегодовых расходов воды были восстановлены по рекам (створам) аналогам или, при возможности, по среднемесячным расходам воды. Это позволило сделать более качественный пространственно-временной анализ. Восстановление пропущенных значений, а также весь статистический анализ и гидрологические расчеты выполнялись в программах «MS Excel», «Statistica» (компания StatSoft) и «Гидрорасчеты» (НПО «Гидротехнологии»). На основе полученных значений была создана электронная база гидрологических данных (БД), на основе которой были получены ниже приводимые выводы. Также она позволила построить множество разнообразных и информативных графиков.

В колебаниях годового стока рек севера и средней полосы Республики Саха (Якутия) прослеживается чередование периодов различной водности, формирующих четкие (на ряде рек) и неявные циклы разной продолжительности (рис. 2). Согласно разностным интегральным кривым (РИК), с годовым стоком произошли следующие изменения:

- на рубеже 1970–1980-х гг. почти на реках западного сектора произошел переход от среднего по водности периода к маловодному периода, а у восточных рек – к среднему по водности;

- в конце 1980-х на реках западного сектора и в середине – второй половине 1990-х гг. на реках восточного сектора отмечено значительное увеличение годового стока воды;

- на реках западного сектора в 2000-х гг. увеличение стока «остановилось» и впоследствии на ряде рек (особенно на юге) сменилось маловодным периодом, а на реках восточного сектора многоводный период пока (по данным до 2013г.) продолжается;

- предыдущий четко выраженный многоводный период отмечен на большинстве рек в 1940–1950-е гг.



Рис. 2. РИК районов ба (а), бб (б) и бв (в). Условные обозначения: 1 – Р. Дулгалаах (гп Томтор), 2 – Р. Яна (гп Верхоянск), 3 – Р. Адыча (гп Юрдюк-Кумах), 4 – Р.Эльги (гп 5 км), 5 – Р. Нера (гп Ала-Чубук), 6 – Р. Индигирка (гмст Юрты).

Местоположение и названия районов показаны на Карте гидрологических районов (см. рис. 5 ниже)

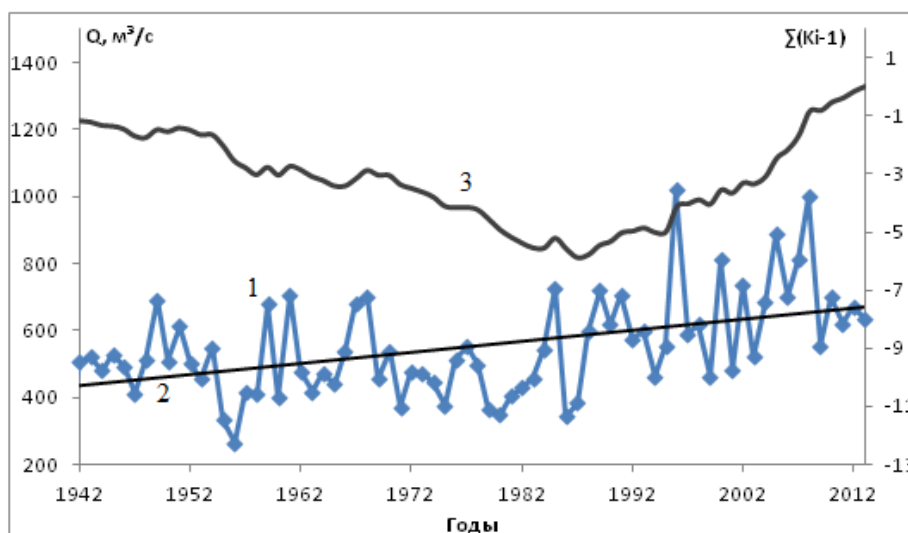


Рис. 3. Многолетние изменения (1); с линейным трендом – (2) и разностная интегральная кривая среднегодовых расходов воды (3) р. Адыча (г/п Юрдюк-Кумах)

Увеличение стока в конце 1980–1990-х гг. было столь значительным, что, во-первых, привело к увеличению градиента нарастания среднегодовых расходов воды, наглядно подтверждаемое кумулятивными (суммарными) интегральными кривыми (КИК). Во-вторых, к своеобразной «корытообразной» форме РИК. В-третьих, к появлению статистически значимых возрастающих трендов (рис. 3). В-четвертых, к изменению среднего стока и характера межгодовой изменчивости. Синхронность в колебаниях годового стока обнаружена у рек, протекающих в схожих климатических условиях, а также со схожим характером подстилающей поверхности (коэффициент $R > 0,5$).

Особый научно-практический интерес представляет зависимость величин скоррелированности многолетних колебаний стока от расстояния между центрами водосборов (рис. 5). Совершенно логично, что корреляция высока при малой дистанции. Коэффициент корреляции 0,7 и выше наблюдается на расстояниях от 250 до 750 км. Для некоторого количества постов средней полосы западного района сохраняется значимая корреляция и на внушительных расстояниях (до 1500 км). Важным блоком статистического анализа стала проверка рядов годового стока на соответствие основным статистическим гипотезам (при уровне значимости $\alpha=5\%$): на нарушение стационарности колебаний и наличие статистически значимого тренда, на независимость членов ряда. Был обоснованно выбран «переломный год» – 1980г., разделивший эти ряды. Циклические и направленные изменения годового стока рек Севера Якутии пока не привели к статистически значимым нарушениям стационарности рядов за редким исключением. Всего у трех постов обнаружено нарушение стационарности по дисперсии и лишь у одного поста – по среднему.

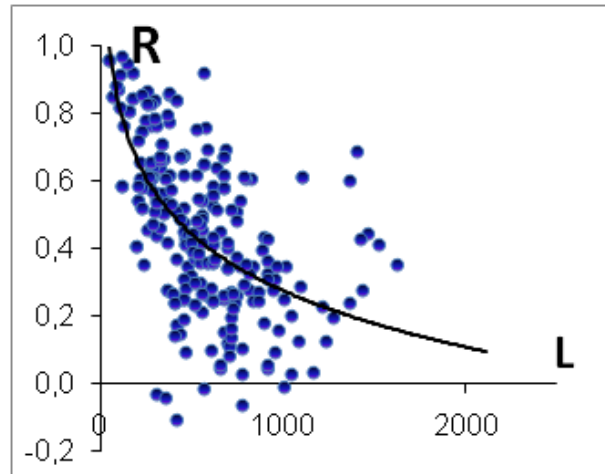


Рис. 4. Пространственная корреляционная функция (для района к западу от р. Лена)

Так, для рек Ичода и Ыгыатта, относящихся к южным районам исследуемого региона, обнаружено нарушение стационарности по дисперсии, а у р. Адыча, притока р. Яны, нарушение стационарности ряда отмечается как по дисперсии, так и по среднему.

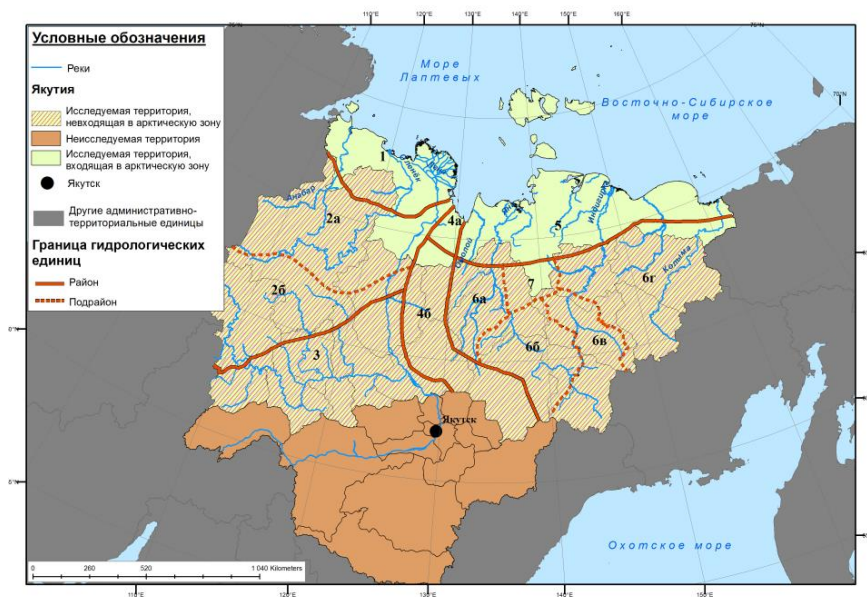


Рис. 5. Карта однородных гидрологических районов средней и северной полосы Республики Саха (Якутия). Условные обозначения: **1** – Северо-западный район, **2а** – Оленекско-Анабарский подрайон, **2б** – Вилюйский подрайон, **3** – Юго-западный район, **4а** – Горный северный, **4б** – Горный, **5** – Северо-восточный, **6а** – Янский подрайон, **6б** – Адыча-Эльгинский подрайон, **6в** – Индигирский подрайон, **6г** – Алазейский подрайон, **6д** – промежуточный подрайон

В последнем случае это может быть связано с повышением ледникового и снегового стока с гор за счёт аномалии температур. На основе анализа синфазности колебаний, пространственной скоррелированности годовых объемов стока воды рек (с постами), из соображений однотипности рельефа, климатических и ландшафтных условий осуществлялось гидрологическое

районирование исследуемой территории (рис. 5). Выделение гидрологически однородных районов необходимо для оптимизации поиска рек (створов) аналогов при расчетах стока на неизученных территориях, повышения точности этих расчетов.

Литература

1. Доманицкий А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И. Реки и озера Советского Союза. Л., 1971.
2. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990. 304 с.
3. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 200 с.
4. Магрицкий Д.В. Естественные и антропогенные изменения гидрологического режима низовьев и устьев рек Восточной Сибири / Дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. н. М.: географич. ф-т МГУ, 2001. 252 с (51 лист приложений).
5. Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты. Практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ. М.: Издательство Триумф, 2014. 184 с.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Шабанов П.А.

ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Москва, Россия

pa.shabanov@gmail.com

В практике гидрометеорологической службы РФ нет понятия «экстремальные осадки» или «событие экстремальных осадков». Вместо него используется система классификации опасных явлений погоды (ОЯП). Согласно РД 52.88.699-2008 опасное гидрометеорологическое явление – это явление, которое по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также наносить значительный материальный ущерб. В таблице представлены некоторые определения из перечня ОЯП, наиболее близкие по смыслу к событиям экстремальных осадков. Приведённые примеры ОЯП требуют высокого временного разрешения (минуты и часы.) В случае климатических исследований использование ОЯП крайне затруднено.

Для определения критерия выделения экстремальных осадков используется большое количество методов [1]. Для однородных массивов данных возможно использование абсолютных критериев (например, 30 мм/сут.). Если же исследуемые временные ряды отличаются в климатическом плане, тогда более предпочтительнее выбирать относительные критерии. Чаще всего они основаны на квантильных оценках эмпирических или аппроксимированных некоторой теоретической функцией распределениях.

Пусть событие экстремальных осадков (СЭО) – это событие и соответствующее ему измерение количества атмосферных осадков, определённое на заданном временном интервале (например, сутки), являющееся редким в терминах частоты его появления в выборке измерений.

Представляется справедливым утверждение, что экстремальным не может быть явление с частотой появления чаще одного раза в год. Поэтому в качестве критерия выделения СЭО был выбран квантиль 0.999, который, при некоторых допущениях, соответствует частоте ~ 1 раз в 3 года. Следуя такой же логике можно увеличить критический порог до квантиля 0.9995 или 0.9999. Однако это приведёт к существенному снижению длины выборок вплоть до единственного максимального значения в данном пункте (исторический максимум). Для выборки суточного разрешения за 50 лет квантиль 0.999 выделяет около 18 значений.

В работе рассматривается режим событий экстремальных осадков (согласно приведённому определению) на Европейской территории России (сектор 30-60 в.д. и 50-70 с.ш.) за временной период с 1966 по 2015 гг.

Основным источником информации о накопленных суммах осадков стали открытые данные ВНИИГМИ-МЦД (www.meteo.ru/data) о суточных суммах осадков. Для исследования было отобрано 107 метеорологических станций, для которых число некорректных данных составляло менее 3% от общей длины выборки. Выделив среди элементов выборки суточных сумм те, которые больше или равны квантиля 0.999, определим их как события экстремальных осадков (СЭО). Всего за период 1966-2014 гг. с помощью критерия Q_{999} было определено 1926 СЭО. Из них выделяется 1406 уникальных дат с хотя бы одним отмеченным СЭО. Одновременное же наблюдение СЭО на нескольких пунктах наблюдений (больше или равно 2 СЭО) в одну дату происходит лишь в 26.3% случаев. На два СЭО за одни сутки приходится 19%, на три – 5.6%, на четыре – 0.9%. На каждую из остальных градаций приходится менее 0.3%. Максимальное число пунктов, в которых было отмечено СЭО на ЕТР – 9.

Для 107 метеорологических станций на ЕТР подавляющая часть всех случаев экстремальных осадков приходится на лето (81%), а на холодный период года (ноябрь-март) чуть более 1% (см рис. 1 б). Это легко объясняется тем, что пик осадков на Европейской территории России приходится на лето и оценка СЭО критерием Q_{999} по всему внутригодовому ряду притягивается к оценке жидких летних осадков. Также из рисунка 1б видно, что на осенние месяцы приходится в два с лишним раза больше экстремальных событий, чем весной (12.9% против 5.6%).

Распределение Q_{999} в пределах ЕТР (рис. 1а) показывает, что средняя оценка для выбранного критерия экстремальности для ЕТР находится около 35 мм/сут., минимальное значение – 22.7 мм/сут., а максимальное – 47.7 мм/сут. Близкие абсолютные значения часто используется при мониторинге большого количества осадков: например, индекс R_{20mm} из перечня индикаторов климатических изменений группы экспертов ЕТССDMI [2], а также ОЯ А.1.5 (сильный ливень) из перечня ОЯ Росгидромета (табл.). 85% значений параметра Q_{999} превышают интенсивность в 30 мм/сутки.

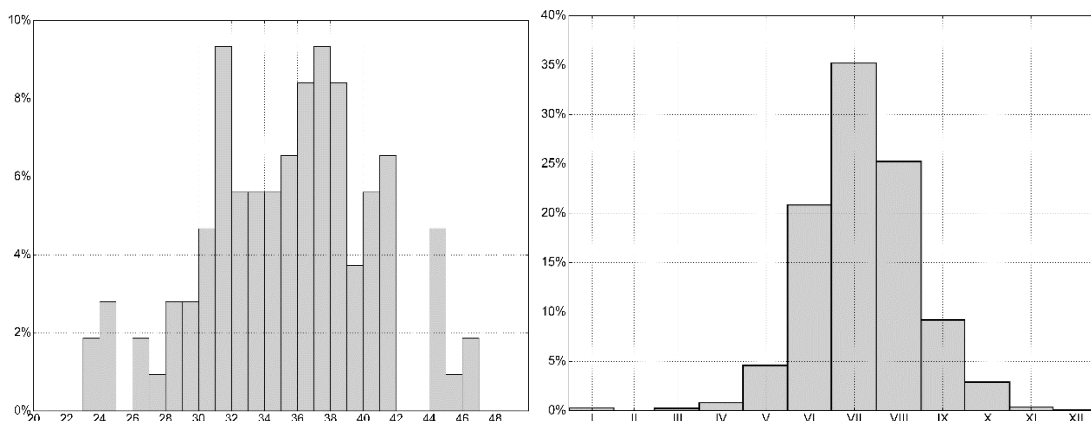


Рис. 1. а) Гистограмма Q999 (мм/сутки) для 107 станций ЕТР б) Гистограмма появления СЭО (месяцы)

Количество СЭО (чёрная линия I на рис. 2) в течение 1966-2014 годов имеет тенденцию к увеличению, которая является статистически значимой ($p_value=0.02$). Также статистически значимо изменяется количество уникальных пунктов ($p_value=0.02$) и число уникальных дат ($p_value=0.05$), зарегистрировавших СЭО в течение год (серая линия II на рис. 2).

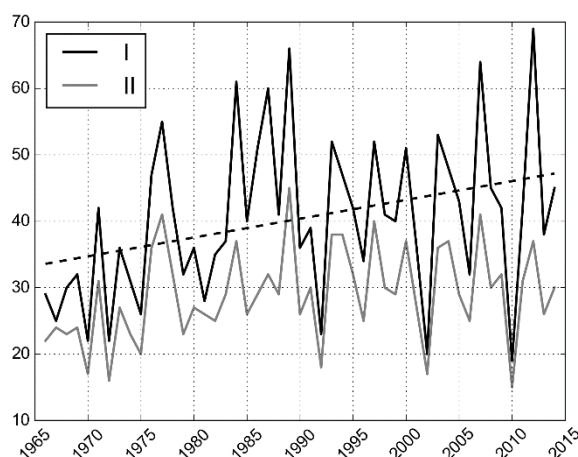


Рис. 2. Динамика общего числа СЭО (чёрный I) и числа уникальных дат, в которые регистрировались СЭО (серый II) в год

По географическому признаку (рис. 3а) хорошо прослеживается преимущественно зональное распределение значения величины Q999: от 70° с.ш. до 62.5° с.ш. значения Q999 менее 35 мм/сут. Южнее, в поясе от 62.5° с.ш. до 57.5° с.ш. – выше 35 мм/сут. Причём южнее $\sim 57.5^\circ$ с.ш. можно выделить два сектора. В западном секторе $30-45^\circ$ в.д. выделяются самые высокие значения 40-45 мм/сут., а во втором – восточнее 45° в.д. – наблюдается уменьшение до 35 мм/сут. и даже ниже. При анализе тенденций СЭО по ЕТР (рис. 3 б) не удаётся выявить столь ярких связей: тенденции являются статистически малозначимыми, высокие положительные коэффициенты наклона линейного тренда соседствуют с отрицательными значениями соседних станций.

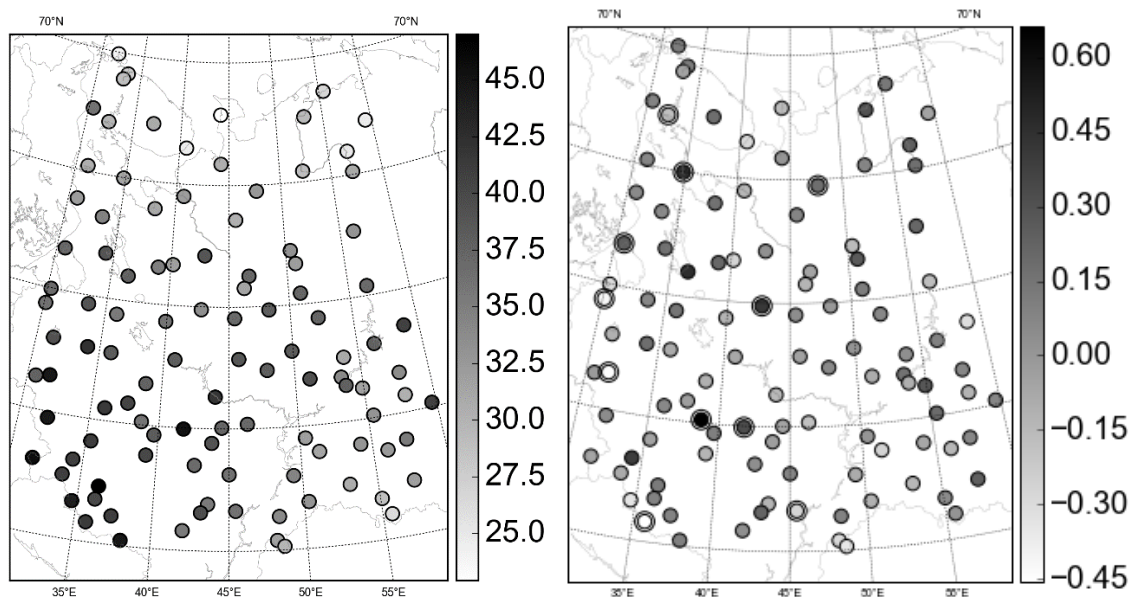


Рис. 3. а) Пространственное распределение Q999 б) Пространственное распределение коэффициента наклона линейного тренда временных рядов СЭО. Второй круг вокруг маркера – статистически значим на α -уровне 0.1

Таблица Типовой перечень опасных природных метеорологических явлений, согласно РД 52.88.699-2008, близких по смыслу к событиям экстремальных осадков

А.1.5 Сильный ливень	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков ≥ 30 мм за период не более 1 ч
А.1.6 Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем)	Значительные жидкие или смешанные осадки (дождь, ливневый дождь, дождь со снегом, мокрый снег) с количеством выпавших осадков не менее 50 мм (в ливнеопасных/селеопасных горных районах – 30 мм) за период времени ≤ 12 ч
А.1.7 Очень сильный снег	Значительные твёрдые осадки (снег, ливневый снег) с количеством выпавших осадков не менее 20 мм за период времени ≤ 12 ч
А.1.8 Продолжительный сильный дождь	Дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100 мм (в ливнеопасных районах с количеством осадков не менее 60 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120 мм за период времени более 2 суток
А.2.4 Засуха атмосферная	В период вегетации сельхоз культур отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 дней подряд при максимальной температуре воздуха выше 25 С (в южных районах РФ – выше 30 С). В отдельные дни (не более 25 % продолжительности периода) возможно наличие максимальных температур ниже указанных пределов

В работе предложен более строгий (по сравнению с традиционными 0.95 и 0.99) относительный квантильный критерий Q999 для определения понятия «экстремальные осадки» и выделения события экстремальных осадков. Создан календарь событий экстремальных осадков на Европейской территории России. За период с 1966 по 2014 гг. на ЕТР величины СЭО изменяются статистически малозначимо, а число регистрируемых СЭО статистически значимо увеличивается на α -уровне = 0.02. Распределение динамики величин СЭО по территории ЕТР носит запутанный характер, в отличие от преимущественно-зонально распределённого параметра Q999. Область изменения для параметра Q999 составляет от 22.7 до 47.0 мм/сут. по данным 107 станций ЕТР.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00212 мол_а.

Литература

1. Zolina O., Simmer C., Belyaev K., Kapala A., Gulev S. Improving estimates of heavy and extreme precipitation using daily records from European rain gauges // Journal of Hydrometeorology. 2009. №10. p. 701-716.
2. Список индексов для оценки климатических изменений, представленный группой экспертов ETCDDI [электронный ресурс] // URL: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml (дата обращения: 09.11.2016).

ЭВОЛЮЦИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЯДА ВОДОХРАНИЛИЩ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ 2007-2012 гг.

Белобородов А.В.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
г. Пермь, Россия
beloborodov.lpmg@mail.ru*

Изучение морфометрических параметров водохранилищ, обобщение и анализ результатов таких исследований дают ключ к более глубокому пониманию процессов, протекающих в водохранилищах. Сравнение характеристик, полученных в результате уточнения, с проектными данными открывают новые возможности в области динамики водных масс водоемов.

Выполненные работы по уточнению морфометрических характеристик Камского (2008г.), Воткинского (2009г.), Нижнекамского (2010г.) и

Саратовского (2012г.) водохранилищ дают возможность проследить эволюцию основных морфометрических параметров.

Несмотря на то, что некоторые результаты работ уже публиковались ранее [3], представляется необходимым обобщить данные этих исследований, к тому же за последние годы появились сведения о подобных исследованиях, проведенных сторонними организациями (Государственный океанографический институт, Институт географии РАН, Государственный гидрологический институт) на других водохранилищах. Сразу отметим, что хотя единой принятой методики по уточнению морфометрических характеристик водохранилищ на данный момент не существует, все разработчики, тем не менее, использовали примерно один и тот же набор показателей, что делает возможным сравнение полученных результатов. Основой работ по уточнению морфометрических характеристик водохранилищ для нас послужили принципы, изложенные в работах Ю.М. Матарзина и И.К. Мацкевича [2]. Для Камского, Воткинского, Нижнекамского и Саратовского водохранилищ расчеты набора показателей производились как для всего водохранилища в целом, так и для каждого выделенного при районировании участка и района.

В таблицах 1-3 приводятся данные обновленных морфометрических характеристик водохранилищ в сравнении с проектными данными. Из указанных таблиц видно, что по ряду водохранилищ значения проектных параметров сильно изменились за период эксплуатации. Так, значительно уменьшились объемы Камского, Воткинского, Саратовского и особенно Волгоградского водохранилищ. Для крупных водоемов это может быть объяснено их положением в каскаде и соответствующей наносодерживающей ролью в нем.

Следует принимать во внимание и точность определения проектных характеристик водохранилищ, соответствующую точности картографических работ тех лет. Изменение объема Краснодарского водохранилища (расчетная проектная скорость заиления составляла 6 млн. м³/год, по факту составляет порядка 20 млн. м³/год [4]) обусловлена, скорее всего, его географическим расположением и соответствующими условиями поступления и осаждения наносов.

Очевидно, что для небольших по объему водохранилищ с малыми значениями водообмена и объемами попусков в нижний бьеф процессы осадконакопления играют ведущую роль в изменении объема, особенно в условиях длительной их эксплуатации без проведения соответствующих мероприятий по промывке, удалению отложений и т.д. Так, в Нижнезырянском водохранилище, расположенном в черте г. Березники (Пермский край), при объеме 6,9 млн. м³ (НПУ) по состоянию на 2011г. содержалось 3,5 млн. м³ иловых отложений. Для Нытвенского водохранилища (Пермский край) при объеме 32,2 млн. м³ (НПУ) объем заиления по данным изысканий 2008-2009 гг. равнялся 40%.

Таблица 1. Сравнение проектных и уточненных объемов водохранилищ (при НПУ)

Водохранилище	Объем, км ³		Разность	
	Проект	Уточнение	км ³	%
Камское	12,205	10,77	-1,435	-11,76
Воткинское	9,363	8,648	-0,715	-7,64
Нижекамское:				
НПУ 62,0 м	2,6	2,5	-0,1	-3,85
НПУ 63,3 м	4,205	3,8	-0,405	-9,63
Саратовское	12,87	10,04	-2,83	-21,99
Волгоградское ¹	31,45	28,08	-3,37	-10,7
Горьковское ¹	8,71	8,59	-0,12	-1,37
Угличское ¹	1,24	1,223	-0,017	-1,37
Учинское ¹	0,146	0,147	+0,001	+0,68
Рузское ²	0,216	0,202	-0,014	-6,48
Истринское ²	0,183	0,151	-0,03	-17,45
Краснодарское ³	2,347	1,773	-0,57	-24,46

¹ – данные Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова [1]

² – данные Института географии РАН [5]

³ – данные Государственного гидрологического института [4]

Величины изменения площади зеркала водохранилищ имеют меньший размах значений и находятся практически в пределах точности картографических измерений.

Исключением является Нижекамское водохранилище, для которого значительное отличие уточненной площади от проектных данных может быть обусловлено как трудностью выполнения вычислений для долины сложной конфигурации (озерная часть), так и процессами интенсивного роста мелководий и их зарастания при работе водохранилища на непроектной отметке (проектная НПУ составляет 68,0 м).

Различия в значениях средней и максимальной ширины водохранилищ может быть обусловлено разными подходами в их определении (включение длины заливов в общее значение ширины), при этом проектные данные часто имеют явно завышенные значения (например, для Саратовского водохранилища – 25 км). Значения средней глубины водохранилищ в проектах рассчитывались по формуле, «пришедшей» из озероведения (частное от деления объема водной массы на площадь). Однако такой подход в большинстве случаев дает ошибочные результаты, т.к. морфологически водохранилища и озера не подобны. Для крупных водохранилищ такой подход дает ошибку в 1-2 м.

Объем настоящей статьи не позволяет детально проанализировать возможные причины расхождения проектных и уточненных характеристик,

при этом в публикациях [1, 5] такие попытки предпринимаются. Укажем лишь на два обстоятельства.

Таблица 2. Сравнение проектных и уточненных площадей водохранилищ (при НПУ)

Водохранилище	Площадь, км ²		Разность	
	Проект	Уточнение	км ²	%
Камское	1915	1754,1	-160,9	-8,4
Воткинское	1120	1066,7	-53,3	-4,76
Нижекамское				
НПУ 62,0 м	1000	787,1	-212,9	-21,29
НПУ 63,3 м	1367	1199,27	-167,73	-12,27
Саратовское	1831	1728,5	-102,5	-5,6
Волгоградское	3117	3248	+131	+4,2
Горьковское	1590	1497,6	-92,4	-5,8
Угличское	249	226,1	-22,9	-9,2
Учинское	19,34	18,77	-0,57	-2,95
Рузское	33	30,56	-2,44	-7,39
Истринское	33,6	32,95	-0,65	-1,93
Краснодарское	400	377,1	-22,9	-5,73

Во-первых, обсуждать динамику изменения характеристик имеет смысл лишь в том случае, если имеется достаточная по точности и полноте сравнительная база проектных и уточненных данных. В противном случае оказывается, что некоторые параметры сравнивать просто не с чем, к тому же не совсем ясной остается логика определения ряда проектных характеристик водохранилищ (например, как в случае с максимальной шириной).

Во-вторых, на наш взгляд очевидно, что именно обновленные морфометрические показатели должны стать одной из отправных точек в дальнейших исследованиях динамики процессов водохранилищ, т.к. именно этими исследованиями создана база, на основании которой можно выполнять сравнение характеристик водохранилищ, т.е. рационально сравнивать уточненные в 2007-2012 гг. морфометрические параметры с результатами более поздних исследований.

Опыт выполненных работ показывает, что изучение морфометрических параметров водохранилищ дает ключ к пониманию гидрологических, гидрофизических и т.п. процессов, происходящих в водохранилище. Поэтому планомерные исследования в этой области должны продолжаться.

Очевидно, что уточнение параметров необходимо выполнять в срок каждые 10-15 лет (в соответствии с пересмотром правил использования водохранилищ), а на отдельных участках (зоны разрушения берегов, перестройки мелководной и глубоководной зон и т.п.) желательно и каждые 5 лет (хотя бы по ведущим показателям). Причем необходимо, чтобы

определения выполнялись на единой методической основе для возможности сравнения параметров разных лет и разных водохранилищ.

Таблица 3. Сравнение проектных и уточненных средних и максимальных глубины и ширины водохранилищ (при НПУ)

Водохранилище	Глубина, м				Ширина, км			
	Средняя		Максимальная		Средняя		Максимальная	
	Проект	Уточнение	Проект	Уточнение	Проект	Уточнение	Проект	Уточнение
Камское	6,5	6,6	32	22	3,7	2,6	13,5	14
Воткинское	8,4	7,06	30	22,8	3,4	2,7	8,2	8,62
Нижекамское								
НПУ 62,0 м	-	-	-	-	-	-	-	-
НПУ 63,3 м	-	2,98	-	19,18	-	3,1	-	8,62
Саратовское	7	5,3	33	28	-	5,1	25	14,5
Волгоградское	10,1	8,65	41,0	41,34	-	6,15	17	19,39
Горьковское	3,65	5,74	22	22,9	-	3,51	15	14,3
Угличское	5	5,41	22	26,1	-	1,55	5	5,27
Учинское	7,5	7,82	21,5	21,11	-	2,32	3	4
Рузское	-	-	21,2	20,6	-	0,98	4	3,6
Истринское	5,4	5,82	23	19,9	-	0,92		3,0
Краснодарское	7	4,7	-	-	8,7	8,2	11	12,6

Литература

1. Землянов И.В., Шикунова Е.Ю., Горелиц О.В., Павловский А.Е. Использование цифровых моделей рельефа для уточнения современных морфометрических характеристик водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. Межд. научн.-практ. конф. Перм. гос. ун-т. Т.1. Пермь, 2011. С.189-193.
2. Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К. Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ / Вопросы формирования водохранилищ и их влияния на природу и хозяйство. Вып. I. Под ред. Ю.М. Матарзина. Пермь, 1970. С. 27-45.
3. Михалев В.В., Рейхардт Ю.В., Белобородов А.В. Новые морфометрические характеристики Камского водохранилища // Создание искусственных пляжей,

островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ. Тр. Межд. конф. Изд-во СО РАН. Новосибирск, 2009. С.151-152.

4. Орлова Е.В., Гронская Т.П., Неупокоев В.А., Напреев В.В. Динамика заиления Краснодарского водохранилища // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. Межд. научн.-практ. конф. Перм. гос. ун-т. Т.1. Пермь, 2011. С.127-131.

5. Шапоренко С.И., Ясинский С.В., Матафонов Е.П., Горелкин А.В. Морфометрические параметры Истринского, Рузского, Озернинского и Рублевского водохранилищ по данным батиметрических съемок 2009 г. // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. Межд. научн.-практ. конф. Перм. гос. ун-т. Т.1. Пермь, 2011. С.172-177.

ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО БАССЕЙНА В XX ВЕКЕ И ИХ СВЯЗЬ С ГЛОБАЛЬНЫМИ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Клименко В.В., Касилова Е.В.

НИУ «МЭИ»,

Москва, Россия

e.v.kasilova@gmail.com

Глобальные изменения климата, зафиксированные инструментальными наблюдениями на протяжении последних десятилетий, определяют актуальность проблемы долгосрочных климатических прогнозов. Решение этой задачи невозможно без понимания связи глобальных климатических процессов с их локальными проявлениями. С начала 1970-х годов на европейской территории России климатические изменения привели к существенной перестройке механизмов формирования стока и изменению его сезонного распределения. Величина годового стока при этом до сих пор находится в пределах своей вековой естественной изменчивости [1, 3]. Для естественных изменений годового речного стока в России недавно были обнаружено существование многолетних фаз повышения и снижения водности [2]. Природа этих колебаний однозначно связывается с изменчивостью климата.

В настоящей работе поставлена задача количественно оценить связь между колебаниями стока на европейской территории России и глобальными процессами атмосферной циркуляции. Для выделения из гидрологических рядов климатически значимого сигнала был использован метод главных компонент. По данным наблюдений за годовым стоком на реках Волжско-Камского бассейна с помощью стандартных алгоритмов пакета Statistica 13 были вычислены главные компоненты стока. На основе проведенных тестов значимости и стабильности для дальнейших расчетов были выбраны два первых ведущих компонента, учитывающих соответственно 53% и 17% дисперсии исходных рядов (рис. 1). Анализ атмосферной циркуляции для целей настоящей работы был ограничен рассмотрением двух процессов, влияние которых на климат средневропейской полосы наиболее существенно: Северо-Атлантическим и Атлантическим долгопериодическим

колебаниями [5]. Количественно эти процессы характеризуются индексами NAO (North Atlantic Oscillation) и AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation), рассчитываемыми соответственно как ведущие компоненты полей давления воздуха и температуры океана в районе Северной Атлантики. Данные о значениях индексов были взяты из [7, 10].

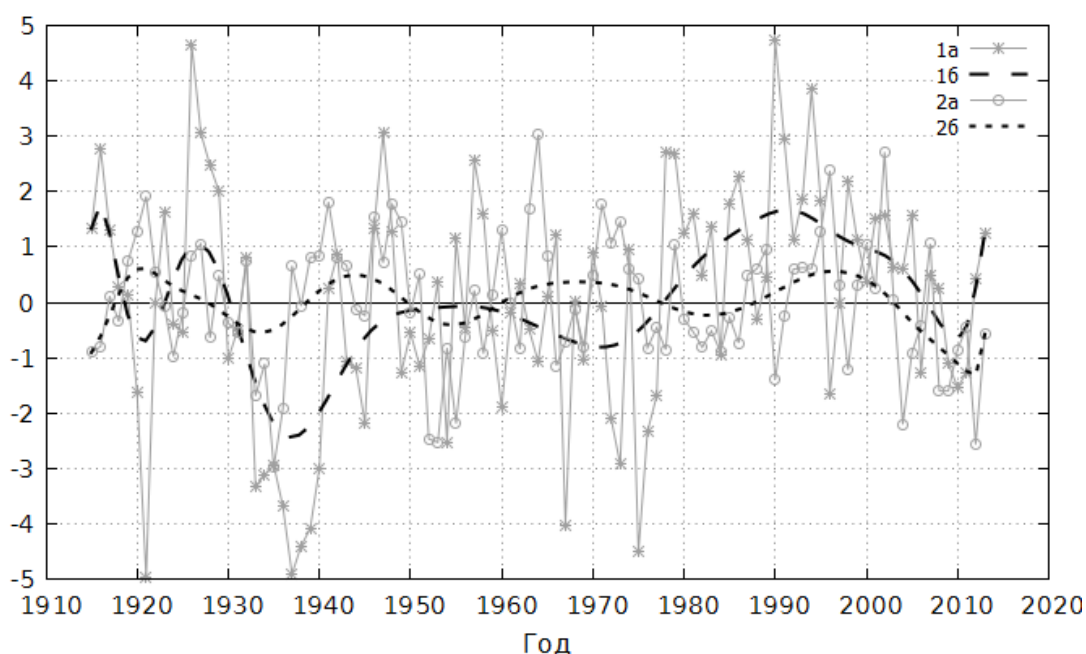


Рис. 1. Первые два ведущих компонента речного стока Волжско-Камского бассейна: 1а, 2а – значения первого и второго ведущих компонентов соответственно; 1б, 2б – сглаживающие кривые Безье, построенные по значениям компонентов

Из непосредственного сопоставления аномалий первого ведущего компонента стока и указанных среднегодовых индексов циркуляции очевидно наличие некоторой нелинейной связи между величиной стока и индексами циркуляции. Из рисунка 2, на котором приведены диаграммы разброса величин, сглаженных одиннадцатилетним скользящим средним, следует, что фазе повышения водности соответствует отрицательная фаза АМО и положительные значения индекса NAO. Фаза снижения стока наблюдается при высоких положительных значениях АМО.

Детальное сопоставление атмосферных и гидрологических процессов было выполнено с использованием вейвлет-анализа. Расчеты проводились в среде R с помощью пакета *Wavelet*; использовались вейвлет-преобразования на основе вейвлетов Морле и «мексиканской шляпы» (второй производной функции Гаусса) [6, 8, 9].

В спектрах первого ведущего компонента были обнаружены колебания с периодом около 15 лет для первого ведущего компонента и около 20-30 лет – для второго ведущего компонента, значимые на 90%-м уровне относительно красного шума. Это позволяет предположить наличие связи между первым компонентом и NAO, а также между вторым и АМО как с основными модами коротко- и долгопериодической климатической изменчивости климата

европейской части России. Вейвлет-анализ когерентности не противоречит этой гипотезе (рис. 3, 4).

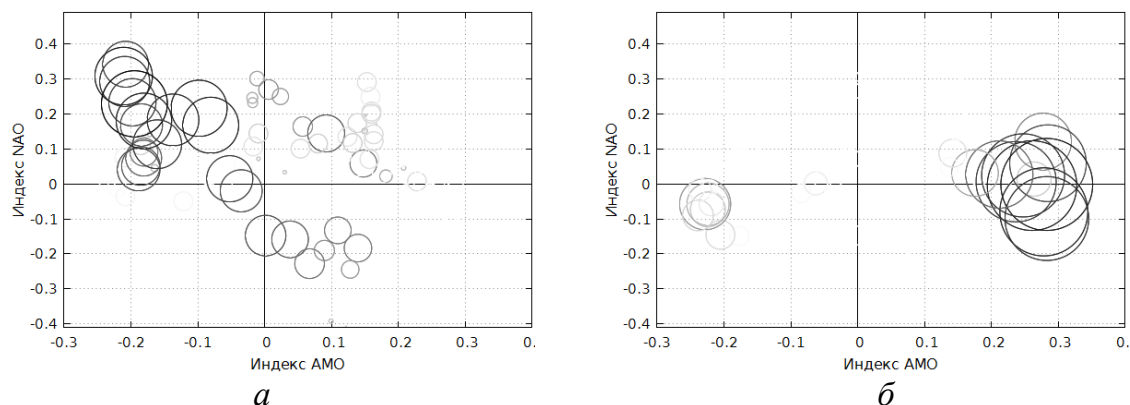


Рис. 2. Среднегодовые значения индексов NAO и АМО, соответствующие наибольшим по модулю аномалиям первого ведущего компонента: а – положительным, б – отрицательным (размер окружностей соответствует величине аномалий)

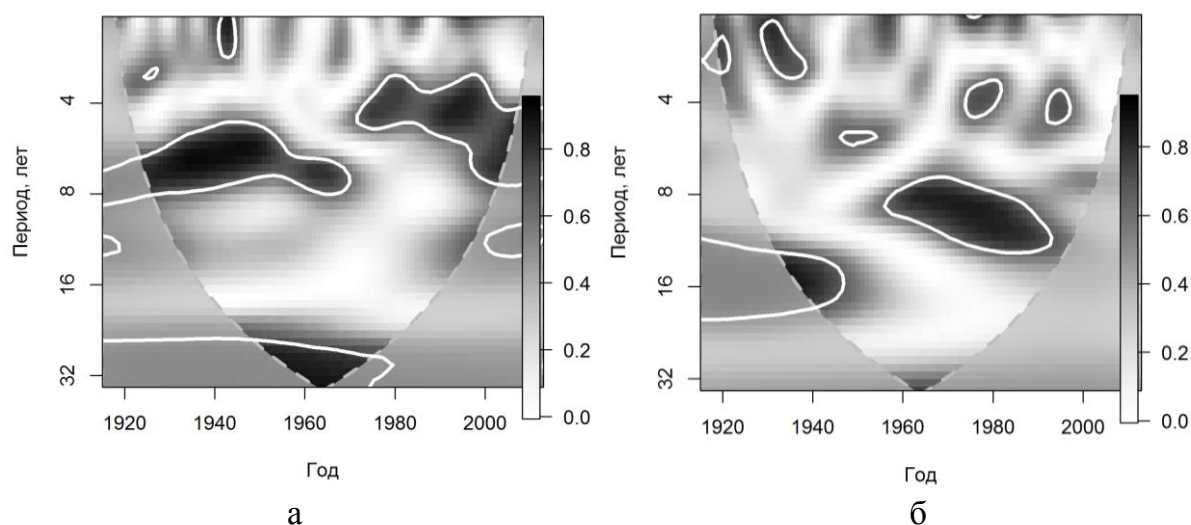


Рис. 3. Нормированный спектр вейвлет-когерентности для первого ведущего компонента стока Волжско-Камского каскада с Северо-Атлантическим колебанием: а – со среднегодовым, б – со среднеосенним значением индекса NAO (сплошной белой линией выделены области величин, значимых на 90% уровне, пунктиром обозначена граница конуса влияния)

Примечательная особенность практически всех рассчитанных спектров вейвлет-когерентности ведущих компонентов стока со среднегодовыми индексами атмосферной циркуляции заключается в изменении структуры спектра в диапазоне 1950-1970 гг. Этот временной период совпадает с периодом смены знака АМО и началом хорошо изученной перестройки гидрологического цикла на европейской территории России.

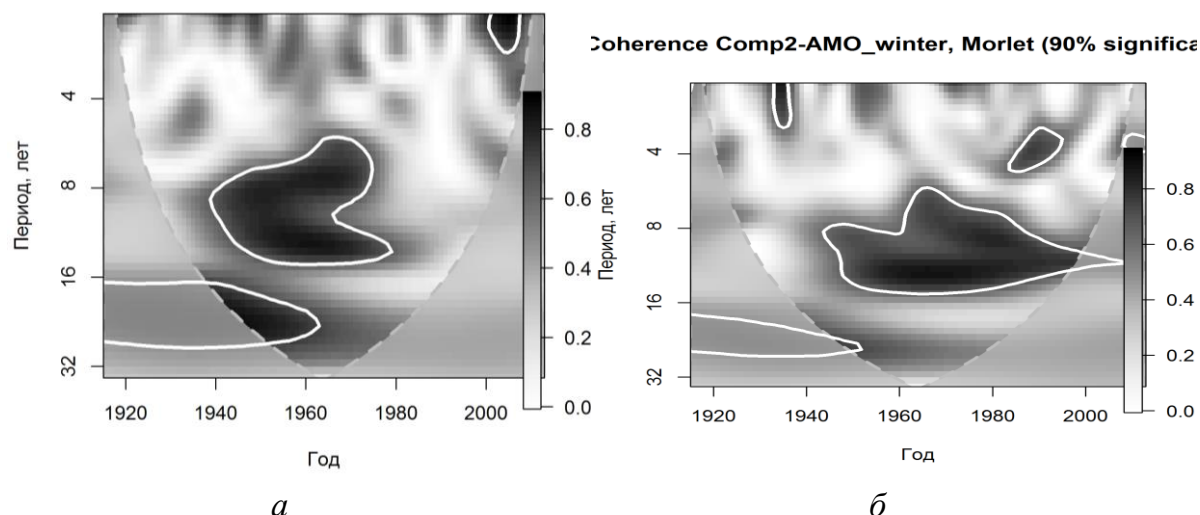


Рис. 4. Нормированный спектр вейвлет-когерентности для первого ведущего компонента стока Волжско-Камского каскада с Атлантическим долгопериодным колебанием: а – со среднегодовым, б – со среднезимним значением индекса АМО (сплошной белой линией выделены области величин, значимых на 90% уровне, пунктиром обозначена граница конуса влияния)

Количественно спектры компонентов речного стока и индексов атмосферной циркуляции характеризуются высокими значимыми коэффициентами вейвлет-когерентности во всех долгопериодных (с периодами больше 8 лет) областях спектра, в которых сосредоточена спектральная мощность компонентов стока. Это означает существование определенной синхронности между изменениями речного стока и глобальных процессов атмосферной циркуляции.

Таким образом, междекадные изменения речного стока, по крайней мере, отчасти детерминированы климатическими изменениями. Результаты работы будут использованы для реконструкции и прогнозирования речного стока на основе данных об изменении индексов атмосферной циркуляции и представлений о стохастической природе формирования речного стока [4].

Литература

1. Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги // *Вода: химия и экология*. 2013. № 4. С 3–12.
2. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милукова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. М.: МАКС Пресс, 2014. 216 с.
3. Георгиевский В.Ю. Изменения стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления. Автореферат диссертации на соискание степени доктора географических наук. СПб., 2005.
4. Добровольский С.Г. Глобальные изменения речного стока. М.: ГЕОС, 2011. 660 с.
5. Семенов В.А., Шелехова Е.А., Мохов И.И., Зуев В.В., Колтерманн К.П. Влияние Атлантического долгопериодного колебания на формирование аномальных

климатических режимов в регионах Северной Евразии по модельным расчетам // Доклады РАН. 2014. Т. 459. № 6. С. 742–745.

6. Grinsted A., Moore J.C., Jevrejeva S. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series // *Nonlinear Processes in Geophysics*. 2004. №11. P. 561–566.

7. Jones P.D., Jonsson T., and Wheeler D. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland // *Int. J. Climatol.* 1997. № 17. P. 1433–1450.

8. Liu Y., San Liang X., Weisberg R.H. Rectification of the bias in the wavelet power spectrum // *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 2007. №24. P. 2093–2102.

9. Torrence C., Compo G. A Practical Guide to Wavelet Analysis // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 1998. №79. P. 61–78.

10. Van Oldenborgh, G.J., te Raa, L.A., Dijkstra, H.A., Philip S.Y. Frequency- or amplitude-dependent effects of the Atlantic meridional overturning on the tropical Pacific Ocean // *Ocean Sci.* 2009. №5. P. 293–301.

**ИЗУЧЕНИЕ БИОДЕСТРУКЦИИ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЦЕЛЯХ
ОПТИМИЗАЦИИ
МОНИТОРИНГА ВОДНОЙ СРЕДЫ.**

Губернаторова Т.Н.

ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук

Москва, Россия

tatiana.ivp.ran@gmail.com

В последние десятилетия в нашей стране, но особенно за рубежом, интенсивно развиваются исследования посвященные изучению способности различных штаммов грибов разрушить широкий спектр органических веществ (ОВ), как природного, так и антропогенного происхождения. Примерами таких соединений являются: гумусовые вещества (ГВ), природный лигнин, лигносульфонаты и отходы деревоперерабатывающих предприятий, промышленные отходы, отходы сельского хозяйства, пестициды, ксенобиотики, лекарственные препараты, красители.

Анализ зарубежной литературы свидетельствует о том, что в исследованиях посвященных изучению биодеструкции различных классов природных ОВ, промышленных отходов и прочих опасных токсикантов, наиболее часто используются несколько основных грибных культур, относящиеся к 3-м семействам из отдела базидиальных грибов. Самые эффективные грибы-деструкторы являются следующие: семейство фанерохетовых *Phanerochaetaceae*; семейство трутовых грибов *Polyporaceae*; семейство устричных *Pleurotaceae*.

Наиболее ценным качеством, которым обладают данные виды это способность вырабатывать основные наиболее важные ферменты окислительно-лигнолитического комплекса – лигнинпероксидаза (LiP), марганецпероксидаза (MnP), гибридная пероксидаза (VP), лакказы, но их

соотношение между собой для каждого вида и даже штамма индивидуально. Преобладание того или иного фермента влечет за собой подбор оптимальных условий «работы» фермента, т.к. их активность зависит от узких пределов температуры и рН среды. Кроме того, перечисленные виды грибов отличаются различными условиями получения мицелиальной культуры, темпами роста и массонакопления, оптимальными условиями культивирования (рН, температурный и кислородный режимы), устойчивостью к воздействию болезнетворных микроорганизмов и бактерий. Поэтому, зачастую для исследования биодеструкции каждого конкретного субстрата ОВ и в том числе гумусовых кислот (ГК), требуется адаптация современных методик глубинного культивирования, более детальный подбор питательных сред в зависимости от используемой культуры грибов, подбор климатических условий оптимальных для роста культуры и продуцирования ферментов.

Под действием ферментов протекают определенные физические и химические изменения, но на данный момент нет четкого представления о том, каким образом протекает биодеструкция ГК, не известен биохимический механизм этого процесса, образующиеся интермедиаты и т.д. ГК по своей химической природе это высокомолекулярные биополимеры с хаотической структурой макромолекул, в основу которых входят остатки ароматических оксиполикарбоновых кислот. ГВ относятся к стойким органическим соединениям, трудно поддаются деструкции, склонны к процессам полимеризации.

Структурная сложность природной ГК делает аналитическое определение происходящих изменений весьма сложным. Также очень сложно установить и интерпретировать реальную исходную структуру природной ГК и структуру тех макромолекул, которые образуются в процессе распада на промежуточных этапах. Это весьма трудоемкий процесс, требующий как высокой квалификации, так и наличия современного физико-аналитического оборудования. В наши дни используются совершенно разные методы и подходы при исследовании биодеструкции ГВ. В силу того, что природные ГВ являются полиморфной смесью взаимосвязанного ОВ, то первый подход в исследованиях заключается в сосредоточении на каждой из фракций в отдельности (гумусовые кислоты (ГК), фульво кислоты (ФК)); второй подход – использование меченного синтетического материала, например ^{14}C -макромолекулы (^{14}C -ГК) синтезированные из пирокатехина.

Использование простых синтетических «аналогов» имеет ряд существенных преимуществ – в первую очередь известна исходная структура вещества, его строение и свойства, что дает возможность заведомо смоделировать биохимический механизм процесса деструкции; их молекулярный вес мал по сравнению с природными ГК, а 3D-структура проста, что облегчает доступ ферментов к молекулам вещества и процесс деструкции протекает в течение периода времени от нескольких часов до нескольких суток, тогда как деструкция природных ГК может длиться от нескольких месяцев до несколько лет в зависимости от размера, состава и строения макромолекул ГК. Также введенный меченый углерод (^{14}C)

облегчает процесс выявления кинетических закономерностей процесса биодеструкции, т.к. в данном случае общепринято оценивать скорость деградации 14С-ГК по темпам образования 14-СО₂, при этом промежуточные продукты, как правило, не фиксируются.

Следует отметить наиболее важный недостаток использования в экспериментах 14С-ГК – эти образцы по своим свойствам и структуре совершенно отличны от природных ГК, и полученная информация при исследовании синтетических «аналогов», заведомо отличается от полученных результатов исследований, в которых используются природные ГК.

Существуют лишь не многочисленные исследования, где используется природная ГК. Это связано со структурной сложностью и специфичностью макромолекул ГК, целым комплексом трудностей связанных с детектированием и определением промежуточных продуктов, невозможно заведомо предположить или установить механизм процесса и механизм действия того или иного фермента или их комплекса, влиянием условий эксперимента, наличием или отсутствием ко-субстратов и т.д. Кроме того, процесс биодеструкции природных ГК протекает длительное время, и экспериментальные исследования могут длиться от нескольких месяцев до нескольких лет. Как правило, скорость процесса биодеструкции в экспериментах с природными ГК оценивается наиболее простым способом – по темпам накопления низкомолекулярных продуктов, скорости обесцвечивания растворов ГК, косвенно по изменению активности ферментов или по темпам сорбции вещества на грибном мицелии. Структурные изменения исходных ГК, их массово-молекулярное распределение, структура и состав макроосколков как правило не исследуется.

Таким образом, наиболее важные вопросы, возникающие при изучении деградации ГВ и которые до сих пор малоизученны и открыты для дальнейших исследований следующие: каков биохимический механизм распада макромолекул ГК, как он пространственно организован; как влияют особенности структуры макромолекул и ее поверхности на взаимодействие с ферментом; какие фрагменты образуются в элементарных актах распада и какова их дальнейшая судьба. Понимание механизмов процесса ферментативной деструкции ГК и влияния на процесс распада молекулярной организации макромолекул ГК позволит выявить и оценить кинетические закономерности процессов биодegradации стойкого ОВ в водной среде и в дальнейшем развить полученные ранее в [2] представления о кинетике распада природных стойких биополимеров.

При сотрудничестве с биологическим факультетом МГУ, на лабораторной базе кафедры микологии и альгологии, проводятся экспериментальные исследования по изучению процессов трансформации стойкого ОВ в водной среде – на примере природных ГВ под действием ферментных систем культур *Pleurotus ostreatus* и *Pleurotus pulmonarius* в условиях погруженного культивирования. На текущий момент проведена серия рекогносцировочных экспериментов посвященных выявлению непосредственного влияния ферментов лигнолитического комплекса на ГК при прямом внесении с целью оценить происходящие изменения в структуре ГК. Результаты изложены в [1].

Кроме того, методически спланирован эксперимент; создана экспериментальная установка, отработана методика культивирования и поддержания инокулята грибной культуры (*Pleurotus ostreatus*; *Pleurotus pulmonarius*). На базе современных методик, с внесение оригинальных авторских доработок, разработана схема выделения ГВ и фракций, по которой осуществлялось их выделение для дальнейших исследований.

Следует отметить, что для экспериментального изучения биодеструкции ГВ под действием микроорганизмов в водной среде, авторский коллектив использует именно природные ГВ, что является непростой задачей в плане выявления структурных и функциональных изменений в ходе биотрансформации ГВ. Но с другой стороны это позволит смоделировать в лабораторных условиях процессы деструкции ГВ под воздействием ферментных систем грибов, максимально приблизив модельный эксперимент к естественным условиям природной водной среды.

Литература

1. Губернаторова Т.Н., Дину М.И. Экспериментальные исследования биодеструкции гумусовых соединений под действием ферментативного окислительного комплекса грибов // Вестник ТГУ. 2014. № 12. С. 72-78.
2. Долгоносов Б.М., Губернаторова Т.Н. Механизмы и кинетика деструкции органического вещества в водной среде.– М.: КРАСАНД/URSS, 2011. 208 с.