

*А.М. Владимиров*

## СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ЦИКЛИЧНОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

*A.M. Vladimirov*

## THE SUN-EARTH RELATIONSHIPS AND CYCLIC FLUCTUATIONS OF EXTREME WATER DISCHARGES

*Выделены основные космопланетарные связи, влияющие на циклические колебания стока воды в речных системах за большие отрезки времени. Приведена схема связи глобального водного баланса Земли, уточняемая региональными условиями формирования составляющих водного баланса, приводящих к гидрологической засухе. Предложены балансовые уравнения, показывающие формирование стока в маловодный летний сезон, приводящий к гидрологической засухе.*

*Ключевые слова: циклические колебания, астрокосмические факторы, гидрологическая засуха, климатические колебания, кривая истощения.*

*The main planetary relationships affecting the cyclical fluctuations of water flow in the river systems for large periods of time have been identified. The scheme of the global water balance of the Earth was presented. In this case the regional conditions of formation of water balance, leading to hydrological drought, were taken into account. Balance equations of runoff during the summer low water have been presented.*

*Keywords: cyclic fluctuations, cosmic factors, hydrological drought, climatic fluctuations, depletion curve.*

Известное выражение академика А.И. Воейкова о том, что «реки можно рассматривать как продукт климата» (1884 г.) заставляет соотнести экстремальные явления в речных и озерных бассейнах (наводнения и гидрологические засухи) с особенностями климата рассматриваемого региона. Поэтому долгое время считалось, что только характер климата определяет возможность появления наводнения или ее антипода — засухи, их частоту и продолжительность.

Позднее П.С. Кузин (1960 г.) уточнил и развил это положение следующим образом: «реки являются продуктом развития географического ландшафта», понимая под ландшафтом «климат, рельеф, геологию, почву, растительность», т.е. основные физико-географические условия формирования речного стока. Такое определение расширило понятие «река», как географического объекта, поскольку учитывает физические условия его существования, его водный режим.

В конце XX в. гидрологи начали обращать внимание на новую глобально-космическую парадигму формирования гидрологического режима водных объектов, учитывающую электромагнитное взаимодействие Земли, Солнца и планет солнечной системы, а также Космоса. Наиболее полно эта проблема изложена Е.А. Леоновым в работе 2010 г. [3]

Леонов Е.А. называет пять космопланетарных «каналов», по которым происходит влияние геофизических сил на водный режим суши: гравитационно-геологический, атмосферно-океанический, солнечно-земной, кометно-метеоритный, космогео-биосферный. Отдельно рассматривается шестой канал – хозяйственная деятельность человека Земли.

Гравитационно-геологический «канал» существует как гравитационные силы Солнца, Луны и планет солнечной системы, вызывающие глубинные процессы Земли, приводящие к извержениям вулканов и землетрясениям, образованию и движению ювенильных вод, питающих водные объекты суши. Вулканические извержения выбрасывают твердые и жидкие вещества в атмосферу, снижая ее прозрачность и температуру, увеличивая количество ядер конденсации, а, следовательно, и осадков, что в свою очередь увеличивает сток рек и уровни озер.

Атмосферно-океанические связи регулируют гидроклиматическую систему Земли. Они определяют общую циркуляцию атмосферы через систему воздушных и океанических течений, воздействуя на воды суши. Яркий пример – постоянное океаническое течение Гольфстрим в значительной мере влияющее на климат, и определяющее осадки Европы, которые непосредственно влияют на сток рек. Более глобальное, но периодически возникающее явление Эль-Нинье, связанное с глобально-космическими причинами, влияет на многолетние колебания стока рек обоих полушарий Земли. Эти течения являются глобальными терморегуляторами на громадных территориях континентов.

Солнечно-земные связи формируют тепловой и водный режим воздушных масс Земли, а, следовательно, и водный режим рек и водоемов. Повышенная или пониженная длительная активность Солнца определяет приток солнечной энергии и в конечном итоге увеличивает или уменьшает количество осадков и соответственно сток рек.

Кометно-метеоритный «канал» влияет на запыленность атмосферы, ее электромагнитное состояние. Это способствует образованию дополнительных ядер конденсации, но на локальных территориях и не регулярно во времени. Однако осадки могут существенно увеличиваться по трассе прохождения потоков метеоров, а также при приближении комет к Земле и Солнцу ближе 1 астрономической единицы, что было установлено Леоновым Е.А.

Космогео-биосферный «канал» связан с деятельностью живых организмов на Земле, имеющий регулирующую и стабилизирующую роль в водно-тепловом балансе Земли и отражаемые в смене климатических и растительных зон на поверхности Земли.

Глобальный характер хозяйственной деятельности человечества в масштабах Земли оценить весьма трудно. Идут споры о влиянии CO<sub>2</sub>, об экспериментах с НААРР и о других видах военно-космической деятельности, влияющих на атмосферу и ионосферу и способных привести к серьезным последствиям. Основное влияние хозяйственная деятельность оказывает в региональном масштабе, изменяя

речной сток в отдельные климатические фазы (половодье, паводки, межень) на отдельных реках.

Вышеуказанные «каналы» воздействия астрокосмических и хозяйственных факторов на гидрологические процессы, как отмечает Леонов Е.А., могут действовать одновременно или по отдельности. Поэтому анализ, диагноз и прогноз их влияния на водные ресурсы и режим поверхностных вод является весьма сложным процессом. Исследования последнего десятилетия показывают, что в основе процессов лежат электромагнитные взаимодействия между космическими и земными силами. Они определяют генеральное положение климатических зон, их увлажненность, соотношение тепла и влаги, общий гидрологический режим водных объектов и экстремальные его проявления: выдающиеся наводнения и необычайные маловодья.

Исследование циклических колебаний стока воды в речных системах за большие отрезки времени с учетом глобальных климатических процессов и их связь с космическими объектами, такими как Солнце и планеты Солнечной системы, позволяет разрабатывать более надежные методы расчета и прогноза экстремальных гидрологических характеристик на длительный срок. По мнению Леонова Е.А., в результате учета циклических колебаний стока, синхронизации и резонансности природных процессов, всеобщем электромагнитном взаимодействии всех геосфер с Солнцем, Солнечной системой, ближним и дальним космосом можно осуществлять достаточно надежное прогнозирование стока на 15-30 лет и более.

В настоящее время при исследовании циклических колебаний стока существующие статистические методы применяют в известной мере формально без учета вышесказанного. Поэтому делаемые прогнозы на относительно небольшой срок (2-3 года) имеют и столь же небольшую надежность.

Космический фактор определяет солнечно-земные и планетарно-земные связи, существующие на основе электромеханических законов, создающие и влияющие на формирование глобального климата на Земле. Земной климат меняется по территории поверхности Земли в соответствии с количеством тепла, приходящего от Солнца в конкретной зоне поверхности и от наклона земной оси по отношению к Солнцу. Но на этот наклон влияют и некоторые планеты, а именно Юпитер, Марс и Сатурн, помимо Луны. Определенные средние угловые положения этих планет, особенно Марса в отношении Солнца, совпадают с появлением маловодного цикла водности. Кроме того было замечено, что в годы с малой метеорной активностью выпадает меньшее количество осадков. Наиболее маловодными бывают те годы, в которые совпадают: конфигурации движения планет, особенно Марса; определенное сочетание лунных циклов; малая метеоритная активность. Все это отражается на циркуляции Земной атмосферы и частоте вулканических извержений, а, следовательно, на количестве выпадающих осадков и увлажненности водосборов рек и озер.

Возмущающая сила планет, возникающая в результате существующей единой электромеханической системы, объединенной магнитным полем Солнца обуславливает влияние Юпитера и Сатурна на климат Земли и ее водные ресурсы. Возмущающая сила имеет наибольшее значение, когда Земля, Марс и Солнце находятся на одной линии. Если Солнце и Марс находятся по одну сторону от Земли, то она больше (соединение). А когда они находятся по разные стороны от Земли (противостояние), то

она становится наименьшей. Великие противостояния наблюдаются раз в 15-17 лет. Последний раз великое противостояние произошло в 2003 году. В годы соединений Марса возрастает извержение вулканов на Земле с выше указанными последствиями.

Из космических связей, наибольшее значение имеют солнечно-земные. Изучение колебаний стока рек и уровней озер в связи с колебаниями солнечной активности началось в середине XX в. Исследовалась связь характера колебаний температуры воздуха, давления воздуха, типов атмосферной циркуляции, стока рек и уровней озер с солнечной активностью, выражаемой обычно числом Вольфа – относительное число солнечных пятен. В зависимости от солнечной активности изменяются во времени электромагнитная радиация, рентгеновское, ультрафиолетовое, корпускулярное излучения Солнца. Это влияет на магнитосферу и ионосферу Земли, на циркуляцию в тропосфере.

Признано считать, что существует период в 10-11 лет чередования максимумов или минимумов появления пятен на Солнце и других явлений. Промежуток времени с возрастанием пятен в среднем равен 4,5 года, а с убыванием около 6,5 лет. Хотя имеются случаи, когда между двумя последовательными минимумами или максимумами период меняется от 6 до 17 лет.

Обобщая исследования в области циклических колебаний речного стока во временных рамках можно построить следующую связь:

Солнце и планеты Солнечной системы (космический фактор) → Земля (океаны и суша) → Климат (климатические зоны) → Воды суши (реки и озера).

Эта связь формирует глобальный водный баланс Земли, уточняемый региональными условиями формирования составляющих баланса.

Анализ литературных данных показывает, что периоды с наименьшим количеством годовых осадков (сухие периоды) на территории ЕТС были в следующие годы: 1716-1735 (20 лет), 1756-1770 (15 лет), 1781-1805 (25 лет), 1826-1840 (15 лет), 1856-1870 (15 лет), 1890-1911 (21 год). Но важнее знать не период, а год, являвшийся наиболее засушливым. В последнее столетие к таким годам можно отнести следующие: 1911, 1921, 1931, 1936, 1946, 1954, 1957, 1967, 1972, 1975. Следовательно, период между появлением самых маловодных лет меняется от 3-5 лет до 8-10 лет. Однако и в эти годы засуха появлялась только в отдельных районах. Так, в 1911 году жаркая погода стояла все лето лишь в нижнем течении р. Волги от города Казани до города Астрахани и р. Волга сильно обмелела, а в низовьях реки Дон были сильные ливни в июле – августе.

Частота появления засух в маловодные периоды зависит от принимаемого понятия «засуха», поскольку существуют засухи – атмосферная (метеорологическая), почвенная (агроклиматическая) и гидрологическая. Последняя является заключительным звеном засух и проявляется при наибольшей продолжительности атмосферно-почвенной засухи. При гидрологической засухе происходит высыхание колодцев, родников, пересыхают малые реки, мелеют средние и большие, высыхают болота, увеличиваются бессточные площади водотоков. Поэтому при фиксировании засухи необходимо выяснять ее тип. Как показывает обзор литературы по этой проблеме, чаще всего под засухой подразумевают атмосферную или почвенную. Гидрологические засухи случаются значительно реже, но могут приносить наибольший экономический ущерб не только сельскому хозяйству, но и водному транспорту, а также промышленности в результате обсыхания головок водозаборов из рек и озер при падении уровня воды в

водозаборных скважинах при снижении уровня подземных вод. В результате создаются катастрофические ситуации с водоснабжением населения.

Отсутствие постоянного цикла изменения водности обуславливает необходимость исследования совпадения или систематического отставания периодов максимумов и минимумов речного стока, особенно периодов возможного возникновения катастрофических засух или наводнений, их периодичность.

Исследования циклических колебаний климата, а затем и гидрологических характеристик, производились еще с конца XIX – начала XX вв. Брикнером, Воейковым А.И., Оппоковым Е.В. В середине XX в. Шнитников А.В. показал наличие внутривековых, вековых и тысячелетних периодов колебаний уровней воды бессточных озер, а Кузин П.С. исследовал циклические колебания стока рек северного полушария Земли. В работах Смирнова Н.П. и Саруханяна Э.И., Догановского А.М., Кочуковой Т.Н., Андреянова В.Г. и Воскресенского К.П., Алёхина Ю.М. и др. исследуются циклические колебания стока и уровней отдельных рек и озер. Разные авторы выделяют периоды односторонних колебаний в 6, 10, 14, 19, 24, 30, 40 лет и более. Многочисленные исследования проводились с использованием данных лишь о годовом стоке больших рек и уровнях больших озер. Использовались разные методы – визуально-графический, корреляционный или спектральный анализ, метод «многомерной гусеницы», генетический метод.

Изменчивость гидрологических характеристик менее динамична во времени, чем климатических, если исследовать масштабы их циклической временной изменчивости. Так, Монин А.С. в 1969 г. выделил 10 классов временной изменчивости климатических колебаний:

- 1) мелкомасштабные колебания с периодом до минут;
- 2) мезомасштабные с периодом до часов;
- 3) синоптические с периодом до суток;
- 4) глобальные с периодом до месяцев;
- 5) сезонные с годовым колебанием;
- 6) межгодовые с периодом в несколько лет, включая квазидвух – и трехлетние;
- 7) внутривековые с периодом до десятков лет;
- 8) междувекковые с периодом нескольких или десятков веков;
- 9) долгопериодные с продолжительностью до десятков тысяч лет;
- 10) сверхдлинные изменения, связанные с продолжительностью галактического года в десятки и сотни миллионов лет и определяющие галактическое время Земли.

Далеко не все указанные выше классы имеют практическое значение для гидрологических характеристик. При исследовании колебаний речного стока и уровней воды в разные временные периоды наибольший интерес представляют классы с 4 по 7. Хотя целесообразно учитывать и восьмой класс в том плане, что малые периоды входят в больший по размеру период, и он тоже в определенной мере оказывает влияние на состояние меньшего периода. Так, «малый ледниковый период» XVII-XIX вв. обусловил наличие наиболее холодных зим в Центральной Европе. А начавшееся в XX в. потепление пока еще может быть отнесено лишь к седьмому классу, хотя в дальнейшем может перейти в восьмой класс. Классы 9 и 10 определяются глобально – космическими факторами, связанными с изменением параметров земной орбиты и наклона земной оси, с космическими факторами.

Большинство гидрологов признает наличие цикличности стока, понимая под этим сложный детерминированный процесс, обусловленный влиянием периодических и циклических воздействий геофизических сил глобального и космического происхождения на ионосферу, атмосферу, гидросферу и литосферу Земли. При этом, экстремальные гидрологические явления определенным образом связаны с экстремальными циклическими колебаниями климата, речного стока и глобально-космическими процессами. Примером может служить антициклон в летний сезон 1972 г. на территории Восточной Европы, точнее, на Европейской части Советского Союза. Основная часть антициклона располагалась над областями Ленинградской, Вологодской, Московской, Саратовской и Ростовской-на-Дону. В июне, июле и августе температура воздуха, особенно в центральной (Московская, Саратовская, Воронежская) и южной (Ростовская, Волгоградская) областях была значительно выше нормы. В Москве в июне она оказалась лишь на 1,4 °С меньше абсолютного максимума из наблюдаемых за 93 года. В Ростове-на-Дону июньская температура воздуха была выше наибольшей за 91 год наблюдений на 0,3 °С. В Ленинграде за 230 лет наблюдений была лишь чуть ниже наибольшей июньской за весь период. В целом температура июня на большей части ЕТС приближалась к абсолютному максимуму. Осадков же выпало значительно меньше нормы июня. Особенно в Ленинградской, Саратовской и Ростовской областях.

В июле продолжалось увеличение температуры воздуха и снижение количества осадков при одновременном уменьшении разницы между дневными и ночными температурами воздуха и почвы. Средняя температура воздуха июля в Ленинграде была на 4,3 °С выше нормы, что было лишь на 1,1 °С ниже наибольшей температуры 1757 г. В Москве температура июля превышала норму на 4,9 °С и всего на 0,3 °С была меньше максимальной за весь период наблюдений в 1938 г. По многолетним данным наибольшие отклонения температуры июля на ЕТС в сторону повышения не превышали 4-5 °С. Однако в 1972 г. в июле они достигали 5-6 °С. Осадков в июле выпало в 5 раз меньше нормы, всего 16 мм.

В августе жаркая погода продолжала сохраняться в северо-западных, центральных, восточных и юго-восточных районах ЕТС. Среднемесячная температура августа была превышена на 4-5 °С. А в Курске августовская температура всего 0,5 °С не дошла до абсолютного максимума за 160 лет наблюдений. При этом осадков практически не выпадало. Август явился месяцем с наименьшим стоком рек рассматриваемой территории.

Наличие длительного времени жаркой и сухой погоды на рассматриваемой территории обусловило отсутствие поверхностного питания рек и сокращение подземного стока в реки, приведя к образованию длительной и устойчивой межени на основной части рек ЕТС, а также пересыханию рек на северо-западе ЕТС с площадями бассейнов 10-100-300 км<sup>2</sup>, в центральных районах до 500-1000-2000 км<sup>2</sup> (чем юго-восточнее, тем больше площадь), на юго-востоке ЕТС до 1500-2500 км<sup>2</sup>, а в Прикаспийской низменности до 8000 км<sup>2</sup>.

Весьма схожая климатическая ситуация наблюдалась на Европейской территории России в 2010 г., а в 2012 г. дождей не было с апреля и все лето в Саратовской, Волгоградской, Свердловской, Челябинской и Забайкальской областях. К сожалению, отсутствие гидрометеорологических данных пока еще не позволяет делать конкретные выводы.

Вместе с тем лето 1972 г. не по всей рассматриваемой территории сформировало самую маловодную межень на реках. Так, на северо-востоке ЕТС в бассейне р. Невы самыми маловодными были 1938 г. и 1939 г., в бассейне Верхней Волги тоже 1938 г. и 1939 г., а также 1945 г. и 1951 г. В верховьях р. Дон — 1946 г., а южнее — 1939 г. Хотя в Центральной части ЕТС 1972 г. оказался самым маловодным в летний сезон за период в 30-40 лет (до 1972 г. включительно).

В целом в различных районах Европейской части России за период в 50-80 лет (до 1972 г.) самыми маловодными в летний сезон были годы 1938, 1939, 1941, 1945, 1946, 1951 и 1972. Однако только в 1972 г. маловодье наблюдалось на столь обширной территории. Для основной части рек величина минимального месячного стока соответствовала 95-99 %-ной обеспеченности. Наибольшее истощение стока (97-99 %-ной обеспеченности) происходило на реках с площадями бассейнов до 15 000 км<sup>2</sup>. Это было связано с малой аккумулирующей способностью их бассейнов при одновременном длительном отсутствии питания и интенсивном истощении запасов содержащейся в речном бассейне влаги.

Наибольший интерес, с точки зрения изучения гидрологической засухи, представляет сочетание двух-трех последовательных лет с очень малым стоком и обширность охваченной засухой территории. Таких как 1938-1939 гг., 1945-1946 гг. или 2010-2012 гг. и других подобных. В этом случае необходимо исследовать пополнение и сработку водных запасов речных бассейнов, т.е. связь водности многоводных и маловодных сезонов этих парных лет, а также предшествующих им лет.

В зоне достаточного увлажнения основное питание речные бассейны, включая подземную составляющую, получают в весенний сезон в результате снеготаяния. Роль дождевых осадков существенно меньше, а в маловодный сезон вообще может сходить на нет, как это выше показано в приведенном примере. В зоне недостаточного увлажнения, особенно в южных районах Северного полушария, роль дождевых осадков возрастает в зимне-весенний период, а в летний они отсутствуют или незначительные по величине и длительности и поэтому в основном уходят на испарение.

Воднобалансовое уравнение для экстремально малого по водности летнего сезона, в котором может наблюдаться гидрологическая засуха, записывается в следующем виде:

$$h_b - h_{пов} - E + W = h_p, \quad (1)$$

где  $h_b$  — весенние запасы воды в бассейне реки, мм;  $h_{пов}$  — поверхностный сток на водосборе в весенний сезон, мм;  $E$  — испарение с поверхности водосбора в весенне-летний сезон, мм;  $W$  — запасы подземных вод к началу весны, мм;  $h_p$  — сток водотока к началу летнего межженного сезона, мм.

Весенние запасы воды ( $h_b$ ) в речном бассейне формируются прежде всего за счет снеготаяния и частично за счет дождевых осадков, которые могут выпадать в период снеготаяния.

Поверхностный сток ( $h_{пов}$ ) образуется в результате снеготаяния и формирует весеннее половодье и его максимум, а также объем.

Испарение ( $E$ ) с поверхности водосбора сначала незначительное довольно быстро возрастает, особенно с окончанием половодья и началом летнего межженного периода, достигая максимума в наиболее жаркий период.

Запасы подземных вод ( $W$ ) в речном бассейне, участвующие в питании рек, к началу половодья имеют наименьшую величину, которая начинает возрастать в весенний сезон (период половодья). Чем больше эти запасы к началу половодья, тем интенсивнее и длительнее подземное питание рек в период спада половодья и тем позже начало летней межени (при отсутствии существенных дождей). При малых снегозапасах и интенсивном снеготаянии на водосборе происходит быстрое формирование половодья и преобладание поверхностного стока над потерями на инфильтрацию. Пополнение подземных вод происходит довольно слабо. Поэтому сработка их запасов случается раньше, чем в средний по водности весенне-летний период. Межень наступает рано.

Поступление подземных вод в речную сеть из водоносного горизонта происходит по экспоненте, описываемой уравнением Буссинеска вида:

$$Q_t = Q_0 e^{-at}, \quad (2)$$

где  $Q_t$  – расход воды в момент времени  $t$ ;  $Q_0$  – расход воды в начальный момент времени;  $a$  – коэффициент истощения;  $t$  – продолжительность расчетного интервала времени.

Расход грунтовых вод  $Q_0$  можно определить по уравнению Дарси:

$$Q_0 = k \cdot J \cdot h \cdot B, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации водоносных пород;  $J$  – уклон поверхности грунтовых вод;  $h$  – мощность водоносного пласта;  $B$  – ширина подземного потока.

В данном случае наибольший интерес представляет время ( $t$ ), за которое  $Q_t$  может быть близок к нулю, т.е. водоток практически пересохнет. Из работы [2] следует, что  $Q_t$  можно определить по балансовому уравнению для дренированного водоносного пласта при отсутствии водообмена между соседними водоносными пластами по уравнению

$$Q \cdot dt = -\mu \cdot F \cdot dh, \quad (4)$$

где  $Q$  – расход грунтовых вод, поступающих в водоток за рассматриваемый отрезок времени  $dt$ ;  $\mu$  – коэффициент водоотдачи водоносного горизонта;  $dh$  – уменьшение мощности водоносного пласта за время  $t$ ;  $F$  – площадь потока, равная произведению длины  $L$  пласта на его ширину  $B$ .

Соединив путем равенства уравнения 3 и 4 можно определить время сработки водоносного пласта:

$$t = -\frac{\mu L}{kJ} \ln \frac{h}{h_0}. \quad (5)$$

Кривая истощения подземного стока строится по данным наблюдений за годы, имеющие наибольший по длительности меженный период в летний сезон. Коэффициенты истощения, как и фильтрации, могут меняться при смене водоносных пластов. Кривую истощения целесообразно уточнять путем использования данных гидрометрических съемок в период межени и решения уравнения руслового водного баланса.



Оно может иметь разный вид. В климатической зоне достаточного увлажнения это уравнение имеет вид:

$$\Delta Q = Q_n - Q_b - \sum Q_{\text{б.пр}}, \quad (6)$$

В зоне недостаточного увлажнения (аридная зона) это уравнение может выглядеть несколько иначе.:

$$\Delta Q = Q_b - Q_n - \sum Q_{\text{б.пр}}, \quad (7)$$

где  $\Delta Q$  – изменение расхода воды в русле реки за счет притока подземных вод;  $Q_b$  – расход воды в верхнем створе;  $Q_n$  – расход воды в нижнем створе;  $Q_{\text{б.пр}}$  – расход воды за счет боковой приточности, если она есть.

В аридной зоне основное питание реки обычно получают в верхней части бассейна, где расположены возвышенности или горы, а при выходе на равнины приток подземных вод к руслу начинает снижаться вплоть до его прекращения и происходит уменьшение стока воды в русле реки до полного исчезновения на малых и части средних рек. Поэтому при появлении признаков гидрологической засухи  $\Delta Q$  стремится к нулю с увеличением расстояния между створами вниз по течению.

Понятие «гидрологической засухи», как составная часть общего понятия «засуха», было предложено для научных исследований А.М. Владимировым в 2008 г. в работе [1]. Основным критерием, определяющим появление гидрологической засухи, является не только температура воздуха (атмосферная засуха) и температура почвы (почвенная засуха), а резкое и длительное падение уровней подземных вод и уменьшение расходов воды в реках, уровней воды в озерах и колодцах, приводящее к пересыханию и высыханию малых рек и озер. Основной причиной возникновения гидрологической засухи является недостаточное пополнение водоносных горизонтов в предшествующий осенне-зимне-весенний период выпадающими на речной или озерный водосборы осадков, а также их большие затраты на испарение в теплый, особенно в жаркий, период. Поэтому гидрологическая засуха может проявляться в течение длительного времени, а маловодный цикл – в течение нескольких лет.

Многолетние колебания минимального стока, когда могут наблюдаться гидрологические засухи, имеют более резкие колебания на малых реках по сравнению со средними и тем более с большими реками. Наиболее соответствуют зональным колебаниям климата циклические колебания стока средних рек. При этом более надежной характеристикой является минимальный летний 30-суточный сток. Однако в широком масштабе исследования циклических колебаний этого стока не производились.

Использование интегрально-разностных кривых стока позволяет выявить маловодный период, но не год с наименьшим стоком. Этот год может находиться на интегральной кривой выше последнего года, показывающего прекращение маловодной фазы стока в результате суммирования отрицательных значений модульных коэффициентов. Для определения лет с наименьшим стоком наиболее подходят хронологические графики колебаний стока. Анализ семейства этих графиков на обширной территории с учетом типа рек по размеру площади водосбора, морфологии рельефа

и сходства климатических условий позволили наиболее надежно определить самый маловодный год или годы, имеющие наименьший минимальный 30-суточный сток в летний период, способный вызвать гидрологическую засуху. Однако, возможность появления очень маловодного периода, в котором может появиться гидрологическая засуха, целесообразно исследовать с использованием циклических колебаний стока.

Опыт исследования связи космических и гидрологических факторов имеется на примере исследования зависимости колебаний уровня воды Каспийского моря от солнечной активности, характеризуемой рядом чисел Вольфа, а также использования данных о скорости вращения Земли и значения координат северного географического полюса Земли за период 1890-1983 гг., т.е. в этом случае учитывают общеглобальные процессы [4]. Преобладание западного переноса влаги в бассейны рек, в основном р. Волги, питающих Каспий, обуславливает необходимость учета температуры поверхности воды в Северной Атлантике, а также ледовитости моря по разрезу Кольского меридиана Баренцева моря. Солнечные явления влияют на океанические течения, определяющие характер атмосферной циркуляции, в частности, преобладание западного переноса атмосферных течений над северной частью Европы в результате наличия в Атлантическом океане теплого течения Гольфстрим, идущего от экватора к северному полюсу. Солнечные процессы влияют на океанические течения, т.е. на глобальные процессы на Земле и на внутриконтинентальные, но существуют периоды сдвига наилучшего временного сопряжения геофизических процессов с солнечной активностью. Соловьева Н.Н. [4] при исследовании колебаний уровня Каспийского моря пришла к выводу, что при исследовании интегральных кривых стока, уровней и чисел Вольфа существует однофазовый сдвиг гидрологических явлений на 50-60 лет по отношению к фазе чисел Вольфа.

В заключении можно отметить, что изучение циклических колебаний стока воды в целях исследования возможности появления гидрологической засухи и оценки ее продолжительности с учетом влияния космических связей, особенно солнечно-земных и гравитационно-геологических, должно повышать надежность долговременного прогноза колебаний стока рек и уровней озер и увеличивает продолжительность долговременного и сверхдолгосрочного прогноза.

### **Литература**

1. *Владимиров А.М.* Факторы формирования экстремального стока в маловодный сезон. // Ученые записки РГГМУ, 2008, № 7, с. 22-39.
2. *Вольфцун И.Б.* Расчеты элементов баланса грунтовых вод. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 272 с.
3. *Леонов Е.А.* Космос и сверхдолгосрочный гидрологический прогноз. – СПб.: изд. Наука, 2010. – 350 с.
4. *Соловьева Н.Н.* Исследование зависимости колебания уровня Каспийского моря от солнечной активности. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – 69 с.