

ИЗВЕСТИЯ ВНИИГ

имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА

Издание основано в 1931 году

Том 240

ГИДРАВЛИКА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГИДРОУЗЛОВ: УЧЕТ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Для водосборных территорий характерны большие площади с различной приточностью, геологическая неоднородность, геоморфологическое разнообразие, геодинамическая неустойчивость. Местоположение ГЭС (каскадов ГЭС) на водосборной территории определяет не только водно-энергетические режимы эксплуатации [1,3,4], но и геоэкологические особенности изменений вышележащих территорий и водосбора в целом.

В первую очередь следует назвать геофизические, геохимические и геобиологические последствия, обусловленные периодом строительства и началом эксплуатации ГЭС. Эксплуатация ГЭС, с точки зрения геоэкологической оценки, носит явно выраженный стохастический характер. При этом имеет место обусловленная детерминированность во времени (смена времен года, теплого и холодного периодов, периодов осеннего и весеннего паводков, летней и зимней межени). Проведение геоэкологического мониторинга водосборной территории обусловлено повышенной активностью антропогенного и техногенного характера. Данная активность носит планетарный характер перераспределения воздействий и нагрузок на геосферном уровне, что характеризует изменение энергетического баланса.

Принимая во внимание, что при проведении геоэкологического мониторинга водосборной территории необходимо обращать особое внимание и на климатический режим рассматриваемого региона, следует подчеркнуть важность изучения вариаций климатических условий на этой территории и причин, их вызывающих.

Геоэкологический мониторинг водосборных территорий гидроузлов предусматривает, в первую очередь, рассмотрение:

состава контролируемых и наблюдаемых объектов, элементов инженерно-технических конструкций и т.д.;

проранжированных, пролонгированных и обозначенных характерных задач для непрерывного осуществления геоэкологического мониторинга;

обоснованно возможных и перспективных видов и способов контроля и мониторинга зон ответственности водопользователей;

оценки управляемости и репрезентативности развития сети мониторинга природо- и водопользования;

формирования индивидуальных по вкладам, но однотипных по формализации, структуре и функциональной значимости индексов и индикаторов компенсирующего природопользования на водосборных территориях по мониторинговым участкам.

Не вызывает сомнения тот факт, что при проведении геоэкологического мониторинга водосборной территории ГЭС необходимо учитывать, в частности, климатический режим региона, а также долговременное его прогнозирование.

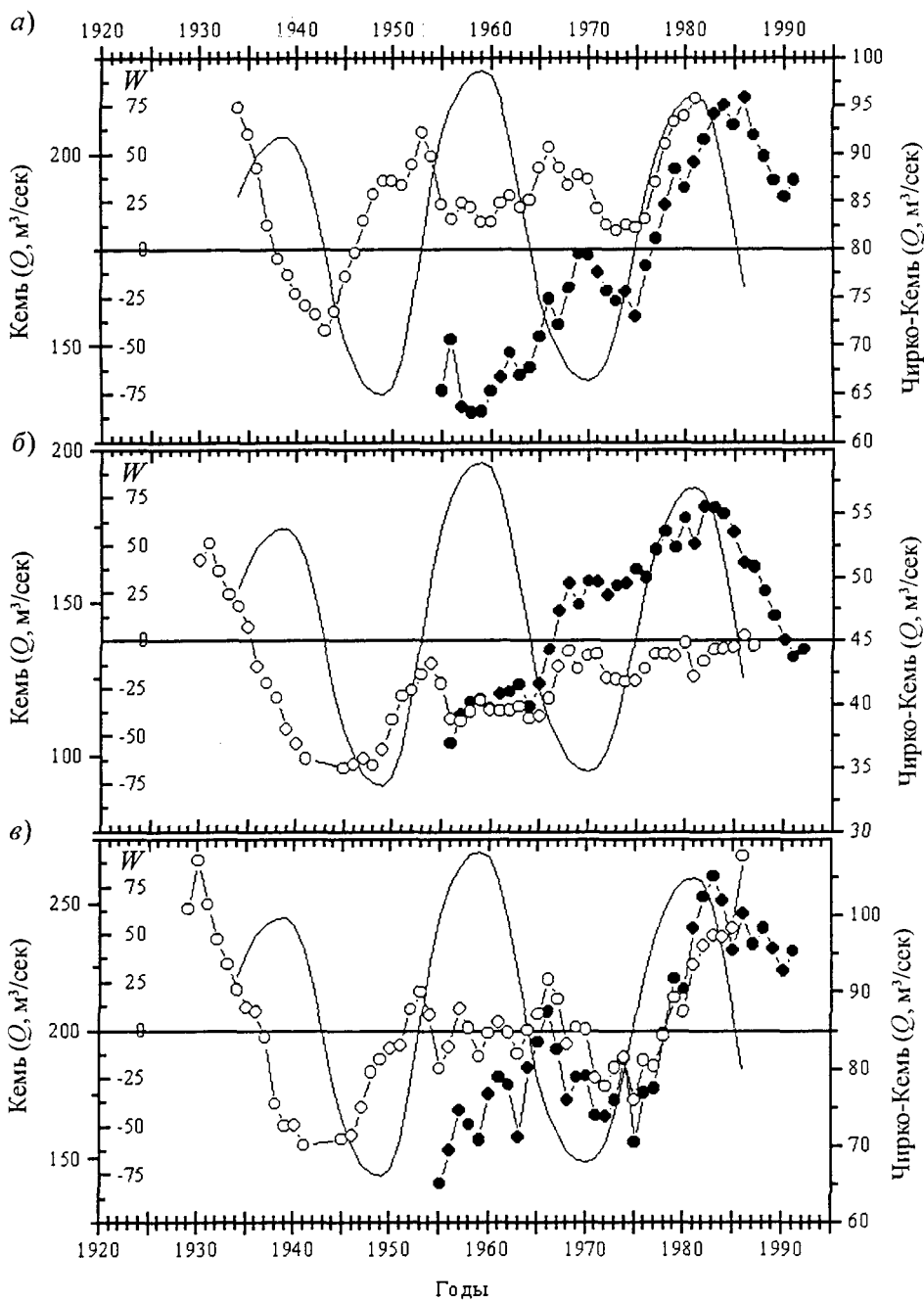
Одной из возможных причин изменения климатических условий в том или ином регионе является изменение системы циркуляции воздушных масс. Изменение характера циркуляции атмосферы, смещение путей циклонов и т.п. приводит к снижению или увеличению водности рек, изменению сроков и длительности паводков, изменению системы подземных вод, повышению или снижению уровня озер, расположенных на водосборной территории гидроузлов, что, несомненно, должно сказываться на режиме работы ГЭС.

Необходимо отметить, что сегодня при анализе вариаций климата необходимо обращать внимание не только на процессы, связанные с собственной цикличностью атмосферы и ее взаимодействием с океаном, но и на те процессы, которые связаны с воздействием на состояние атмосферы Земли таких внешних факторов, как изменение солнечной активности и внешнего магнитного поля Земли. Как оказалось, вариации уровня солнечной активности оказывают заметное влияние на состояние нижней атмосферы Земли, изменение температуры, атмосферного давления, количества осадков, циркуляции атмосферы и пр. [10]. Этот эффект проявляется на различных временных интервалах (27-дневный цикл, связанный с вращением Солнца, 11-летний цикл числа солнечных пятен, 22-летний цикл магнитного поля Солнца и более длиннопериодные вариации (80-110-летний и 250-летние циклы)) и в различных регионах земного шара.

В качестве связующего звена между вариациями количества солнечных пятен или вспышек и состоянием нижней атмосферы Земли необходимо, по-видимому, рассматривать потоки энергичных заряженных частиц (в основном, протонов и электронов), как периодически выбрасываемых с поверхности Солнца во время вспышек (так называемые солнечные космические лучи), так и постоянно уносимых солнечным ветром. Когда эти заряженные частицы достигают орбиты Земли, они под влиянием собственного магнитного поля Земли и межпланетного магнитного поля, образованного магнитным полем солнечного ветра, проникают в достаточно низкие слои атмосферы, вызывая магнитные бури, полярные сияния и нарушения радиосвязи в полярных широтах. Кроме того, в космическом пространстве существуют и другие потоки энергичных протонов и электронов, имеющих самое разное происхождение (галактические космические лучи). Поток этих лучей в атмосфере Земли также контролируется земным магнитным полем [9].

Однако, кроме указанных выше геомагнитных эффектов, эти космических частицы, по-видимому, оказывают свое воздействие и на состояние самых нижних слоев атмосферы – стратосферы и тропосферы (от поверхности Земли до высот порядка 50 км), тех слоев, состояние которых определяет климат региона и погоду. В работах [12, 13] показано, что изменение потока заряженных частиц космических лучей в высоких широтах приводит к увеличению или уменьшению (в зависимости от региона) облачности, которая, в свою очередь, контролирует потоки солнечного и инфракрасного излучения, позволяя атмосфере прогреваться или остывать. Изменение температуры воздуха приводит к изменению распределения атмосферного давления и, как следствие, к изменению циркуляции воздуха. Имеющиеся экспериментальные данные подтверждают это предположение [2, 12]. Изменение системы ветров и путей циклонов приводит к изменению климатических характеристик того или иного региона [7, 8], что может выражаться, в частности, и в наступлении засух [5, 6].

Все вышесказанное послужило основанием для сопоставления вариаций водности с вариациями чисел солнечных пятен, характеризующих уровень солнечной активности, на примере р. Кемь и ее основного притока р. Чирко-Кемь. Более 30 лет на р. Кемь создается и эксплуатируется каскад ГЭС. Планируется строительство станций на р. Чирко-Кемь.



Ход изменения солнечной активности и вариации расходов воды:

а – среднегодовые; *б* – в январе; *в* – в октябре;

○ — р. Кемь; ● — р. Чирко-Кемь, — числа Вольфа

Для вариаций водности были использованы данные о среднемесячных и среднегодовых расходах воды (Q , м³/сек) р. Кемь (площадь водосбора 19 800 км²) с 1929 по 1986 гг. и р. Чирко-Кемь (площадь водосбора 8 220 км²) с 1955 по 1991 гг. В месте слияния этих рек у деревни Юшкозеро в качестве индикатора уровня солнечной активности были использованы так называемые среднегодовые числа солнечных пятен (W – числа Вольфа), характеризующие как количество пятен на диске Солнца, так и количество групп, в которые они объединяются. Для того,

чтобы выявить 22-летний цикл изменения общего магнитного поля Солнца, обычный ряд чисел Вольфа был преобразован в знакопеременный: поскольку каждый 22-летний цикл магнитного поля Солнца включает в себя два 11-летних цикла пятен, то значениям W в четных (по цюрихской нумерации) 11-летних циклах был приписан знак “минус” (рисунок).

Для того чтобы отфильтровать короткопериодные вариации расходов Q (с периодом $T \leq 5$ лет), исходные данные были усреднены по методу скользящего среднего с интервалом 10 лет.

На рисунке видно, что до 1958 г. имеет место антикорреляция между вариациями солнечной активности в 22-летнем цикле и изменением водности карельских рек (коэффициент кросс-корреляции $-0,53$ при запаздывании вариаций Q относительно W на 3 года). Это означает, что примерно через 3 года после четного максимума солнечной активности наблюдалось увеличение водности р. Кемь, а после нечетного солнечного максимума – ее уменьшение.

После 1962 г. имеет место совсем другая картина: как изменение водности карельских рек, так и изменение активности Солнца в 22-летнем цикле идут в фазе (коэффициенты кросс-корреляции $+0,77$ для р. Кемь (нулевое запаздывание) и $+0,82$ для р. Чирко-Кемь (запаздывание на 3 года)). Таким образом, в этот период нечетные циклы солнечной активности совпадают с периодами повышенной водности обеих рек, а четные – с периодами снижения водности. Этот результат подтверждает высказанные ранее предположения о нестабильности и периодической переменчивости характера связи между вариациями солнечной активности и климатом Земли [11].

Интересно отметить, что степень и характер зависимости Q от W (т.е. имеется ли такая зависимость и каков ее тип) изменяются от месяца к месяцу. Из рисунка видно, что если для октябрей (и вообще всех осенних месяцев) характерна описанная выше зависимость, то январские данные не позволяют сделать каких-либо определенных выводов о наличии связи между величинами Q и W .

Приведенные результаты являются первой, предварительной попыткой оценить влияние солнечной активности на такой гидроклиматический показатель, как водность рек, и свидетельствуют о том, что между водностью карельских рек и уровнем активности Солнца в 22-летнем цикле существует связь, однако характер этой связи изменялся в конце 50-х – начале 60-х годов XX века. Несмотря на предварительность полученных результатов, уже сейчас ясно, что связь между этими явлениями существует и необходимо уделить особое внимание изучению этого вопроса, причин и механизма взаимосвязи гелио- и геофизических и климатических явлений. Это подтверждает обоснованность подготовки ГЭС к процедуре геоэкологического мониторинга водосборной территории с возможностью определенного прогноза режима рек на основании анализа и прогноза уровня солнечной активности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Васильев Ю.С., Кононова М.Ю.** Расширение функциональной значимости АСУ ТП ГЭС // Гидротехническое строительство. 1992. № 12. С. 1-4.
2. **Дзержевский Б. Л.** Общая циркуляция атмосферы как необходимое звено в цепи Солнце – колебания климата // Избранные труды. Общая циркуляция атмосферы и климат. М.: Наука. 1975. С. 159-169.
3. **Кононова М.Ю.** Развитие локального территориально-бассейнового мониторинга / Научно-технические ведомости СПб ГТУ. 1998. № 4. С. 45-51.
4. **Кононова М.Ю.** О визуализации результатов ЛТБМ / Научно-технические ведомости СПб ГТУ. 2000. № 3. С. 116-127.
5. **Митчелл Дж. М., мл., Стоктон Ч. У., Меко Д. М.** Доказательство 22-летнего ритма засух в западной части США, связанных с солнечным циклом Хейла, начиная с XVII в. // В кн.: Солнечно-земные связи, погода и климат. Под ред. Б. Мак-Кормака и Т. Селиги. М.: Мир. 1982. С. 152-171.

6. Немнас Дж. Загадка засухи бросает вызов науке // В кн.: Солнечно-земные связи, погода и климат. Под ред. Б. Мак-Кормака и Т. Селиги. М.: Мир. 1982. С. 58-60.

7. Пудовкин М. И., Любич А. А. Проявление циклов солнечной и магнитной активности в вариациях температуры воздуха в Ленинграде // Геомagnetизм и аэрoнoмия. 1989. Т. 29. № 3. С. 359-363.

8. Пудовкин М. И., Морозова А. Л. Проявление циклов солнечной активности в вариациях индексов температуры и увлажненности в Швейцарии с 1525 по 1989 гг. // Труды конференции, посвященной памяти М. Н. Гневывшева и А. И. Оля. СПб. 1997. С. 205-209.

9. Хоунс Е. У. Связь между солнечным ветром, ионосферой и магнитосферой // В кн.: Солнечно-земные связи, погода и климат / Под ред. Б. Мак-Кормака и Т. Селиги. М.: Мир. 1982. С. 102-123.

10. Hoyt D. V., Schatten K. H. The role of the Sun in Climate change. // Oxford Univ. Press., 1997. - 274 p.

11. LaWrence J. K., Ruzmaikin A. A. Transient solar influence on terrestrial temperature fluctuation. // GRL, v. 25, N 2, 1998. - PP. 159-162.

12. Pudovkin M. I., Veretenenko S. V. Variations of the cosmic rays as one of the possible links between the solar activity and lower atmosphere. // Adv. Space Res., v. 17, N 11, 1996. - PP. (11)161-(11)164.

13. Svensmark H., Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage - a missing link in solar-climate relationship. // JASTPh, v. 59, N 11, 1997. - pp. 1225-1232.

УДК 532.51

Доктор физ.-мат. наук *В.И.Климович*,
канд. техн. наук *В.А.Прокофьев*
ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева

ЭФФЕКТИВНЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНТРОЛЬНОГО ОБЪЕМА И СХЕМЫ БИМА-УОРМИНГА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ РАЗРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЙ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

При решении ряда практических задач, таких, как расчет распространения волны прорыва по местности со сложным рельефом без явно выраженного русла, расчет обтекания бурным потоком препятствий и др. возникает необходимость перехода от упрощенной одномерной постановки задачи к плановой.

В последние годы появилось большое количество работ, в которых рассмотрены различные численные схемы решения уравнений мелкой воды (SWE) как с разрывами, так и без них. Среди таких схем можно выделить TVD и ENO схемы на базе алгоритма Мак-Кормака [1], Бима-Уорминга [2] и др., схемы на базе метода контрольного объема (FVM) с применением MUSCL-интерполяции Ван Лиры [3]. Отметим, что большинство современных численных схем обеспечивают 2-й порядок точности по пространству и времени, что позволяет построить более точное решение в окрестности разрывов. Отдельную проблему составляет случай течения по сухому руслу. Эта проблема решалась рядом авторов (например, [4]) путем введения малой глубины для участков сухого дна с дальнейшим использованием метода сквозного счета.