

График структурной гармонии гидросферы: эффективный элемент Анализа Разделенных Динамик упругости гидросферы

Римма Ведом, к.г.н., «Хайдролоджи энд Энвайронмент», Канада
905 823 6088, rimma@can.rogers.com, www.hydrology.ca

Абстракт

Понятие гармонической структуры гидросферы вытекает из закона гармонической структуры систем в природе, основанном на понятии и численных выражениях Золотого Сечения, одной и самых загадочных математических констант. Упругостью гидросферы является ее способность контролировать перепады энергии, поступающей от солнца, связанные с вращением Земли вокруг солнца и своей оси, характером и размерами отражающей и поглощающей поверхностей, поддерживая температуру приземного слоя в любой точке в приемлемом для жизни интервале. Функциональная и структурная самодостаточность любой водной системы может быть выражена графиком структурной гармонии в любой точке гидросферы за определенный период и представляет распределение базовых, умеренных и предельных составляющих энергий между элементами гидросферы и их различными параметрами. Под элементами гидросферы подразумеваются ее составляющие: атмосферные, поверхностные, гляциальные, грунтовые, почвенные и биосферные воды. Часовые и суточные градиенты количественных и качественных показателей состояния элементов, выраженные в стандартных и нестандартных параметрах, выстраиваются в определенной структурной композиции, задаваемой характером ландшафтных, гидрографических, гидрогеологических и антропогенных особенностей рассматриваемой точки или района (водосбора). В связи с огромным объемом графического и табличного материала, используемого в статье, демонстрируемого по большей части лишь на конференциях последних 3 лет, в статье даются номера слайдов и адреса страниц сайта автора (www.hydrology.ca), на которых опубликованы основные презентации.

Введение

Идея рассмотрения гидросферы как единой структурно-функциональной природной системы, а водосбора как ее функциональной единицы заронилась осенью 2004 года сразу после лекции Алексея Петровича Стахова об обобщенном принципе Золотого Сечения (Stakhov, 2005). И хотя в курсе общей гидрологии (Богословский et al, 1984) гидросфера рассматривается как единое целое, но прикладные инженерные задачи всегда решаются при граничных условиях изоляции одного или нескольких элементов системы и не существует технического и математического приема рассматривающего любое их количество. Понятие же гармонической структуры гидросферы просто вытекает из закона гармонической структуры систем в природе, сформулированном беларусским философом и математиком Э. Сороко в 1984 году, и основанном на понятии и численных выражениях Золотой Пропорции. Закон гласит следующее: «Обобщенные Золотые

Сечения суть инварианты, на основе и посредством которых в процессе самоорганизации естественные системы обретают гармоничное строение, стационарный режим существования, структурно-функциональную... устойчивость» (Стахов et al, 2006). В тот момент, осенью 2004, шла интенсивная работа над моделью расчленения стока SimpleBase Delineation ModelTM в процессе подготовки автора к 12-му Всемирному Водному Конгрессу, в которой первоначальное соотношение между базовым и умеренным градиентами, равное 10 (Vedom and Sergeyeva, 2004), срабатывало «нечисто»: далеко не во всех случаях разделительная прямая попадала в нужную точку гидрографа. Экспериментальное введение в модель Золотого Сечения, присутствие которого обосновывалось первоначальным определением водосбора как дренажной функционально-структурной единицы, несравнимо улучшило результат (Vedom, 2005, 2).

Гидросфера являет собой гигантскую сложную природную систему, неотъемлемую часть которой, наряду с водами атмосферы, поверхностными и подземными водами представляет биосфера, в частности, растительность, состоящая на 50-99% из воды. В соответствии с определением ее как самоорганизующейся структуры она должна иметь функцию. Какова же функциональная задача гидросферы? Ответ на этот вопрос дается в томе 31 сборника НАТО из серии «Роль воды в Глобальных переменных» в обобщающей статье М. Берана: дробить и трансформировать поступающую энергию солнца между всеми своими вертикальными и горизонтальными частями и подразделениями, от крошечных временных составляющих в виде живой клетки и неживой молекулы воды до гигантских эко-систем и сфер, сохраняя свое структурное единство и целостность гидросферы (Beran, 1995). Вопрос функциональной задачи не ставится в статье напрямую, но если читать ее, задавая себе этот вопрос, то статья является прямым на него ответом. Д. Латтенмайер сформулировал очень точно основную задачу гидрологии суши в энергетическом контексте: определение путей перехода поступающей солнечной радиации в импульсы скрытой, сенсорной или почвенной теплоты, а также обратной длинноволновой радиации является более насущной проблемой гидрологии суши, чем просто прогноз стока (Lattenmaier, 1995, p.312). Гидросфера в данном контексте является самоорганизующейся функционально структурированной системой распределения и трансформации энергии солнца, контролирующая колебания результирующей температуры и прозрачность своих структурных границ как по вертикали, так и по горизонтали.

На всей поверхности океана все три фазы воды (жидкая, твердая, парообразная) соприкасаются непосредственно и их необходимая трансформация и межфазовые круговороты в процессе контроля температуры, а лишь жидкая фаза обладает аномально высокой теплоемкостью и играет главную роль в этом процессе (Наберухин, 1996; Варламов, 2002), происходят мгновенно и постоянно в зависимости от конкретного положения Земли относительно солнца. Поглощая избыточную энергию на испарение при приближении к солнцу без пропорционального увеличения температуры, гидросфера выделяет ее при конденсации в процессе удаления от солнца, компенсируя соответствующее падение температуры. На континентах же непрерывный уровень жидкой фазы воды устанавливается в глубине земли в зависимости от топографии и гидро-физических

свойств пород и грунтов, и взаимодействия фаз, вызывающие наблюдаемое движение грунтовых вод, далеко не всегда определяется температурными колебаниями (Ingebritsen et al, 2006). На континентах нужен посредник, осуществляющий динамический контакт между фазами воды, разрушая для этого монолитное единство пород, обеспечивая прежде всего обратную энергоемкую связь в виде испарения между грунтовыми и атмосферными водами по всей континентальной площади. И эту функцию блестяще выполняет континентальная биосфера, в частности растительность и микро-фауна, создавая временные динамические запасы воды на поверхности земли и в почве, тесно связанные с грунтовыми водами через корневую систему и систему собственной терморегуляции. Такой динамический контакт обеспечивает стабильность режима трансформации поступающей на континентальную поверхность энергии во всех ее точках, а это не что иное как стабильный климат, характер которого и зависит от топографических, гидрогеологических и растительных (педологических) особенностей каждого региона, определяя в свою очередь био-физические особенности региональной экосистемы (Vegan, 1995). Континентальная растительность имитирует продолжение поверхности океана на континентах, утилизируя поглощаемую и регулируя отражаемую энергию, поддерживая поверхность прохладной, осуществляя обратную связь грунтовых вод с водами атмосферы в каждой точке континентального круговорота воды (Shuttleworth, 1995). Эффективность растений в осуществлении обратной связи характеризует и подтверждает тот факт, что растение потребляет в 1000 раз больше воды, чем ему нужно для наращивания собственной массы (Bouten, 1995). Но если явление филлотаксиса, или винтовая симметрия в расположении листьев на стебле растений или семян в плотно упакованных ботанических структурах, описывается очень точно определенной выборкой из рядов Фибоначчи, основанных на Золотом Сечении (Стахов et al, 2006; Stakhov, 2006), то, возможно, что и транспирация, как составная часть водного цикла, каким-то образом подчинена «золотой» закономерности?

Растительность, деревья, не только осуществляют терморегулирующую функцию, они еще и «документируют» информацию о том, сколько воды ежегодно, ежемесячно, и даже ежедневно было использовано на свой рост в зависимости от осадков и температуры воздуха (CWRA, 2006; Watson and Luckman, 2006). Древесные кольца успешно используются в палеогидрологии для реконструкции месячных температур и засушливых периодов, создающих благоприятные условия для возникновения лесных пожаров (Girardin et al., 2006); восстановлении количества дождливых дней (Rannie, 2006), месячного стока рек (Beriault and Sauchun, 2006) или уровня озер (Meko, 2006) «до-мониторингового» периода. И это результат частично изолированной подструктуры гидросферы.

Экспериментальной разработке практического метода определения гармонической структуры гидросферы как единого целого в каждой точке земной поверхности а также осредненной по определенному контуру (водосбору), используя Золотое Сечение между структурными составляющими каждого ее элемента и параметра, посвящена данная статья.

Метод

Поскольку исходной философской позицией была принята идея функционально-структурного единства гидросферы, то для единообразия оценки частоты и амплитуды изменений всех ее элементов связанных с утилизацией и трансформацией поступающей энергии автором было введено понятие упругости гидросферы (Vedom, 2007, 2): ее способности поддерживать приемлемый для растительной жизнедеятельности интервал температуры поверхности суши и приземного слоя без изменения установившегося многолетнего фазового режима воды - климата. Упругостью или эластичностью любого вещества является его свойство оказывать влияющей на него силе механическое сопротивление и принимать после её спада исходную форму. Для гидросферы в целом энергия солнца, в связи с движениями Земли, является ритмичным импульсом, результатом ритмичного же сопротивления которому являются минимально возможные ответные колебания температуры.

Математическая интерпретация упругости гидросферы была воплощена в авторской модели SimpleBase Delineation Model™ разделения любых колебаний, характеризующих энергетическое состояние любого рассматриваемого параметра, измеряемого непрерывно или с постоянным интервалом, чаще всего суточным. Поскольку первоначально модель была разработана для определения базового стока рек, то и графический пример применения модели (рис. 1) приведен для расчленения гидрографа стока. Графическое линейное уравнение упругости было использовано для определения допустимого суточного лимита dQ изменения базовой составляющей любого гидро-метеорологического, гидро-геологического и гидро-физического параметра, характеризующего допустимый для стабильного состояния интервал суточного его изменения в любой точке или на любой ее функциональной единице, водосборе.

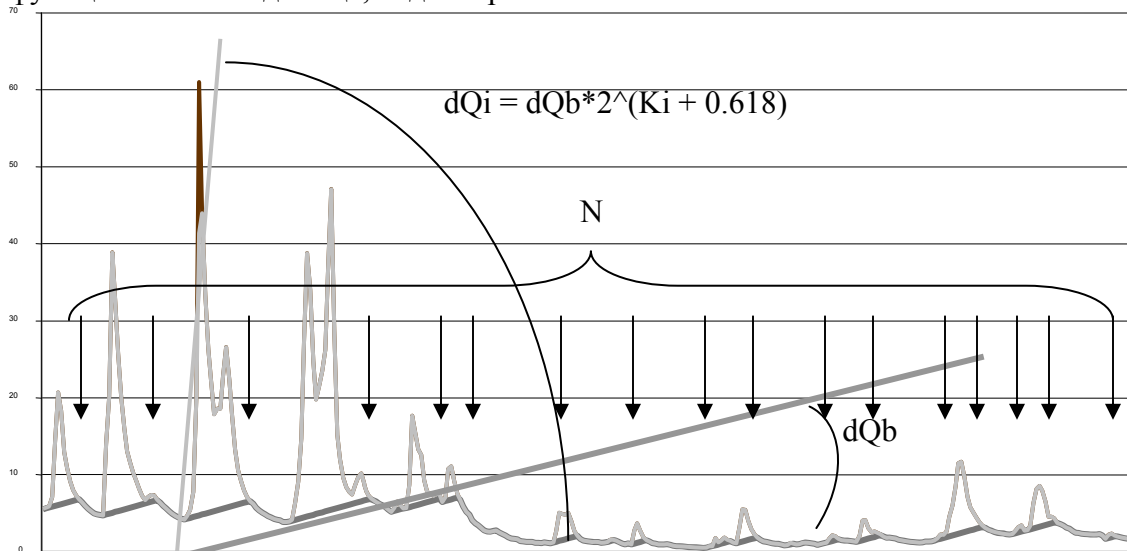


Рис. 1. Основные принципы и математика используемых в SimpleBase Delineation Model™ при расчленении графика колебаний энергетического состояния параметра на базовую, умеренную и предельную составляющие (по Vedom, 2006, 2).

Максимальная частота срезов N является критерием для искомой допустимой суточной «растяжки» конкретного рассматриваемого параметра, определяющей его базовую составляющую, строго взаимоопределенную базовыми составляющими других элементов и параметров, о чем подробнее будет сказано ниже. Параметр K_i является структурным определителем, или показателем упругости элемента, характеризуя соотношения между базовой, умеренной и предельной амплитудой возможных колебаний элемента. В предельных случаях, когда $K_i = K_{max}$, K_{max} принимает целые значения, интервал которых определен в зависимости от элемента гидросферы, который рассматриваемый параметр характеризует. В этих случаях степень $(K_{max} + 0.618)$ представляет Золотое Сечение, лимитируя максимально возможные изменения каждого рассматриваемого параметра в отдельности.

Анализ Разделенных Динамик (the Separated Flux Analysis TM, SPAN) основан на определении упругости гидросферы, исходя из которого изменения любого показателя состояния гидросферы зависят от изменения энергетического уровня, характерного для данного показателя в любой точке и любой момент, и происходят в зависимости от приобретения или потери им энергии в совершенно определенных интервалах, предельные значения которых задаются определенным образом через Золотое Сечение. Анализ разработан автором на обширном и разнообразном материале в виде модели (www.hydrology.ca/elasticity.xls), которая включает ряд элементов.

Часть первая:

- Сбор всех имеющихся данных измерений и наблюдений с одинаковым временным разрешением (подробное описание используемой базы данных в разделе Исходные Данные)
- Определение унифицированной средней месячной базовой составляющей каждого элемента за полный период (год), используя SimpleBase Delineation ModelTM как неотъемлемый и основной элемент анализа, и ранжировка элементов в порядке убывания их базовой составляющей. При рассмотрении различных параметров, в качестве унифицированного мерил упругости принимается амплитуда их месячных колебаний: разница между максимальным и минимальным значениями месяца, осредненные за год, а не традиционное среднее или сумма (для осадков).

Результатом первой части анализа являются полученные величины суточных базовых динамических лимитов/ градиентов (dQ_b или просто dQ) всех рассматриваемых элементов и параметров; максимальные частоты флуктуаций N , соответствующие этим градиентам; доля базовой составляющей параметра в полной амплитуде его колебаний, VI , выраженная двояко для стока и осадков. Выражение через амплитуду необходимо для построения структурного графика, традиционное выражение через среднее или сумму необходимо для сравнения результатов с традиционными статистическими оценками.

Часть вторая:

- Определение K_i для всех элементов при условии равенства их частот N частоте температуры N_t : $N = N_t$.
- Построение графика структурных составляющих всех элементов (базовой, умеренной и предельной) от величины их структурного определителя K_i (рис. 2). Этот первоначальный график не будет таким гармоничным как на рис. 2, потому что структура далеко не всех элементов, не везде, и не всегда напрямую связана именно с температурой. Следующий шаг дает ответ на вопрос какие именно элементы и параметры в данном месте за рассматриваемый период связаны между собой.

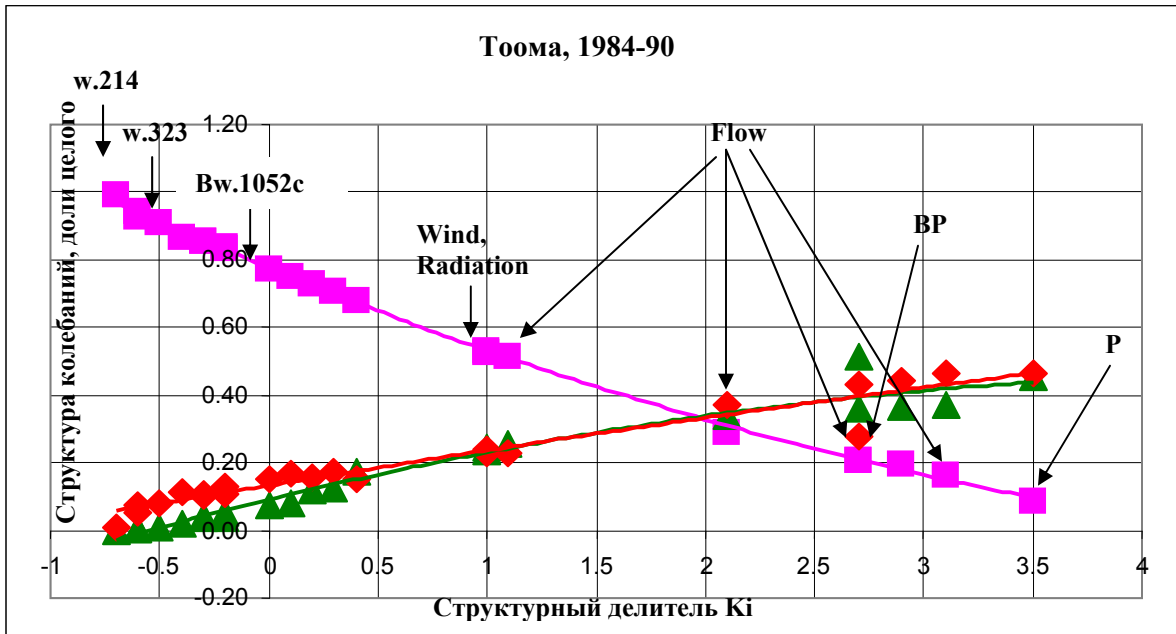


Рис. 2. Многолетний структурный график гидросферы по станции Тоома, Эстония (1984-90): квадратами обозначены базовые, треугольниками – умеренные, ромбами – предельные составляющие температуры воздуха и почвы, осадков, ветра, общей облачности, радиационного баланса и продолжительности солнечного сияния (1 станция), стока (5 станций), уровни болотных (3 станции) и грунтовых (5 станций) вод (28 точек на каждой структурной кривой). Другие обозначения: w.214 и w.323 – точки измерения уровня болотных вод; Bw.1052c – одна из точек измерения уровня грунтовых и подземных вод; Wind, Radiation, Flow, P, BP – ветер, радиационный баланс, сток, осадки метеоплощадки, осадки на болотном массиве, соответственно.

- Определение K_i для отклоняющихся точек путем «сглаживания» базовой кривой и получение искомого графика структурной гармонии: подбор такого K_i для параметра, который обеспечивает его точное положение на базовой кривой. Формально, базовая составляющая каждого элемента определяется независимо от его K_i и прежде K_i . Но значение K_i данного параметра определяется более низкой чем его частотой другого параметра, чем ставит все элементы в определенную временем и пространством зависимость друг от друга. Частота или динамика умеренной составляющей, соответствующая новому K_i и укажет на элемент или его отсутствие, базовая частота которого определила искомым K_i .

Результатом второй части анализа являются доли умеренной (II) и максимальной (SI) составляющих в полной амплитуде колебания элементов, а также график структурной гармонии гидросферы в данном месте за рассматриваемый период (рис.3).

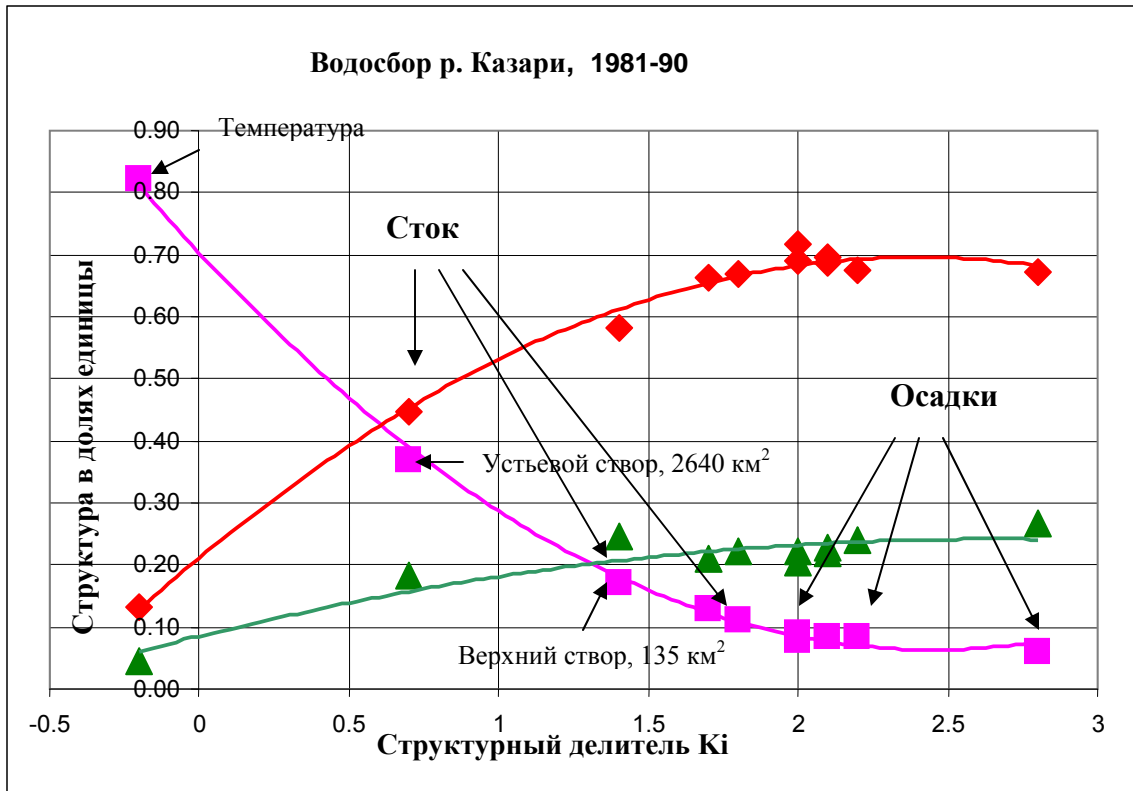


Рис.3. Многолетний структурный график водосбора Казари (1984-90), построенный по данным одной температурной, шести осадкомерным и четырем стокowym постами.

Третья часть

- корреляционный анализ установленных структурных компонентов всех элементов между собой, указывающий на ключевые компоненты в прямой и обратной связях элементов
- корреляционный анализ сезонных изменений связей всех элементов и их составляющих с температурой

Результатом третьей части анализа являются списки ранжированных элементов и их составляющих в порядке их значимости для прямой и обратной связей циркуляции воды в данном месте за рассматриваемый период, а также графики сезонной корреляции всех элементов и их составляющих с температурой воздуха.

Исходные данные

Для анализа упругости гидросферы в отдельных точках (станциях), на водосборе, или отдельных ее подсистемах (атмосфера, поверхностные, подземные

воды; качество вод) были рассмотрены следующие наборы стандартных и нестандартных данных.

Стандартные данные:

Комплексная водно-балансовая станция Тоома (Эстония), 1984-90

23 элемента и параметра с суточным разрешением (смотри таблицу результатов со списком)

Сток реки Казари (Эстония), 1981-90, и трех ее притоков с параллельными суточными наблюдениями за осадками (6 станций) и температурой (1 станция)

Метеорологические станции (40) расположенные в разных климатических зонах (Канада), 1995-2000

3 элемента с суточным разрешением (температура воздуха, осадки, снежный покров)

4 станции с часовым разрешением, 6 параметров, 1953, 1995-2000, 2006

Сток водотоков (более 150), расположенных в разных климатических зонах и подверженных антропогенному воздействию разной степени (Канада, Эстония).

Нестандартные данные:

Суточные данные по количеству и качеству поверхностных и подземных вод по водосбору Флетчер'с Крик (Канада), март – июль 2005. Цель проекта была доказать правильность оценки базового стока, полученного при использовании SimpleBase Модели. Первоначальный отчет по проекту а также все измеренные данные представлены на странице сайта автора (Vedom, 2005, 1).

Результаты и их интерпретация

Основным объектом данной статьи является график структурной гармонии гидросферы (рис. 2-4), а основной задачей - демонстрация совершенно определенной взаимозависимости самых разных показателей, параметров и элементов гидросферы в каждой ее точке, в каждой совокупности обобщения точек, плоскостей и объемов в единую систему, именуемую гидросферой. И хотя в данном, еще очень общем контексте анализа, нет необходимости рассматривать результаты разделения временных графиков по каждому параметру, несмотря на их явное самостоятельное значение, все таки есть смысл сделать небольшое ревью результатов первой части анализа по некоторым элементам.

Первая часть анализа представляет определенный и независимый для каждого параметра результат, который в цифровом выражении дает четыре показателя: суточный лимит/градиент базовой амплитуды изменения рассматриваемого параметра dQ , частоту флуктуаций базовой составляющей N , специфическую амплитуду полных колебаний параметра, выраженную максимальным значением структурного определителя K_{max} , и среднюю долю базовой амплитуды параметра VI в его полной амплитуде за рассматриваемый период.

Каждый показатель представляет определенный интерес и несет совершенно новую информацию о вещах, казалось бы давно и хорошо известных.

Так, суточный лимит базовой составляющей довольно часто совпадает с уровнем чувствительности измерительного прибора или метода определения (Vedom, 2007, 1- слайд 15, 2 – слайд 7), что дает двоякое толкование результатов полученных разными приборами и методами. Это относится в первую очередь к осадкам, измерение которых производится не только разными приборами с разным порогом чувствительности и точности, но и на разных высотах установки прибора, и в разных ситуационных условиях и с разной частотой измерений. А именно малые количества осадков, выпадающие в виде росы или инея, характеризуют способность ландшафта сглаживать суточные колебания температуры, связанные со сменой дня и ночи. В случае с осадками как нельзя важно видеть в публикуемых данных разницу в стандартах и уметь ее правильно интерпретировать, поскольку осадки являются часто единственным приходным элементом водного баланса водосбора или другой расчетной площади. И, поскольку в данной работе автором использованы эстонские и канадские стандартные данные по осадкам, следует вкратце описать основные различия в этих данных.

Эстонско-российский стандарт по измерению осадков требует и обеспечивает 0.1 мм точности независимо от места их измерения и годовой суммы. Осадки меньше 0.1 мм обозначаются как 0. В канадском стандарте осадков, точность их определения часто зависит от их годового количества и типа станции измерения, т.е. при большом объеме осадков устанавливается прибор с более низким порогом чувствительности. Порог чувствительности изменяется от 0.2 до 0.5 мм, что можно легко отделить по минимальному суточному количеству осадков по интересующей станции. Осадки, меньшие порога чувствительности обозначаются буквой T как следы (от английского слова trace). Как изменение осадков в интервале от 0 до порога чувствительности может влиять на результат оценки структуры? Для эстонских данных по станции Тоома и постам водосбора реки Казари, использованных в данной работе, это не имеет никакого значения, потому что полученные суточные лимиты намного превышают точность измерений, а частота «незначительных» осадков намного ниже частоты флуктуаций (в среднем 20 дней в год). Для канадских станций частота «незначительных» осадков по исследованным постам составляет от 40 до 140 дней в год, а найденное с использованием SimpleBase модели их количество составило от 0.4 до 7.5% в год (максимальные значения принадлежат одной из северных станций Rankin Inlet, расположенной на северо-западном берегу залива Хадсон). По количеству осадки действительно незначительные, но они очень существенно изменяют все четыре показателя расчленения, особенно базовую частоту и долю, а также последующие результаты анализа, в связи с чем возникает вопрос о правомерности и правильности такого расчленения осадков. Прежде всего, что представляет физически каждая из трех составляющих? В чем их различие? Можно ли их оценить каким-то другим способом для сравнения? Номинально, базовую составляющую осадков можно идентифицировать как росу и иней, которые выпадают в приземном слое, - слое высоты растительности, - практически каждую ночь после высокой дневной влажности. Умеренная составляющая осадков характеризует более мощный слой атмосферы (до нижней облачности), вовлеченный в образование данных осадков. Предельная, или штормовая составляющая осадков является их элементом принесенным из самых верхних

осадкообразующих слоев атмосферы. Естественно, что такое определение составляющих меняет их количественный номинал в зависимости от рассматриваемой территории. Структура осадков в точке (Vedom, 2007, 2 – слайды 11 и 14) зависит от характера растительности, глубины уровня грунтовых вод в этой точке, но имеет одну общую особенность для всех точек: штормовая составляющая не меньше 50%. Тогда как для осредненных по территории такой как Канада, штормовая составляющая не превышает 30% (Vedom, 2007, 2 – слайд 13). Приведенные цифры получены на данных, упомянутых в разделе описания данных, и, естественно, могут измениться в зависимости от количества используемых станций, результатов оценки неизмеряемых следов осадков, продолжительности временного периода.

Максимальные значения структурного определителя K_{max} для элементов атмосферного подразделения гидросферы изменяется в интервале от 1 для атмосферного давления до 4 для радиационного баланса (Эстония, Канада); для грунтовых вод различных глубин этот интервал на единицу меньше - 1-3 (Эстония, Канада); а для поверхностных «стоячих вод», болотных и озерных, он сдвинут к нулю: 0-2 (Эстония, Канада); текущие речные воды а также осадки характеризуются значениями K_{max} в интервале 4-9 (Эстония, Канада); водотоки урбанизированных районов -10-15 (Канада). Надо сказать, что сравнение максимальных и базовых амплитуд различных элементов гидросферы и натолкнуло на идею поместить все параметры на один график, поскольку даже «невооруженным» глазом видно, что наиболее высокие базовые составляющие параметров грунтовых вод характеризуются самыми низкими структурными определителями, а осадки и сток, характеризующиеся наименьшими базовыми составляющими, имеют самые высокие K_{max} .

Ранжировка анализируемых параметров по их частоте (Vedom, 2007, 1-слайд 15, 2 – слайд 7) дало своего рода неожиданности. Так, поверхностные водотоки имеют одни из самых низких частот среди гидрометеорологических параметров. А вот водородный показатель pH, ветер и качественные показатели, такие как общая минерализация (TDS), мутность (turbidity), показатель качества воздуха (AQI), во всех средах являются наиболее изменчивыми, что говорит об их высокой чувствительности в восприятии и реактивности в ответе на любые изменения других параметров. Интересно также, что грунтовые воды тем реактивнее, чем глубже.

Сравнение годовых результатов одних и тех же параметров по одной и той же станции, но с разным разрешением (час – сутки) также дало интересный результат (Vedom, 2007, 2 – слайд 15). Ветер, к примеру, имеет в обоих случаях близкие значения суточного и часового градиентов (0.55 и 0.51 м/сек), который в свою очередь очень близок к точности стандартного анемометра – 0.5 м/сек. В обоих случаях ветер представляет один из самых высокочастотных параметров. И это легко объясняется возникновением ветра при малейшем градиенте любой другой характеристики: температуры, давления, влажности и т.д. Атмосферное давление и температура, напротив, отличается и по лимиту, и по частоте суточных и часовых разрешений, меняясь местами в ранжируемых рядах, что, вероятно, определяет и их взаимозаменяемость в роли сенсора или фона в разных временных и пространственных ситуациях, например, зимой и летом, днем и ночью.

Интересно также, что месячные частоты многих метеорологических элементов часового разрешения, в частности температур воздуха, зависят от положения планеты на ее орбите: июньские частоты характеризуются их минимальными значениями, а декабрьские – максимальными (Vedom, 2007, 2 – слайд 16), причем в 1953 году эта разница четко прослеживалась на всех рассматриваемых станциях с часовым интервалом измерений. В 2006 году на северной (Iqaluit) и южной (Toronto) станциях эта закономерность не так четко выражена. На станциях же восточного (Sydney, NS) и западного побережий (Prince George, BC) оба частотных экстремума по-прежнему хорошо видны. Довольно заметна и разница в суточном базовом градиенте dQ : он уменьшился в среднем почти вдвое на всех станциях.

Несколько слов следует сказать о стоке рек, поскольку изначально SimpleBase предназначалась исключительно для стока и была опробована на большом и разнообразном стоковом материале, результаты чего были продемонстрированы на трех конференциях (Vedom, 2005, 2006, 2007), и именно этот элемент гидросферы имеет сравнительные результаты с другими методами расчленения на составляющие. Автором было произведено два сравнительных анализа результатов расчленения стока. Одно сравнение было произведено между шестью разными методами на материале одного и того же створа: река Нит, 552 км² (Vedom, 2005, 2 – слайд 19). Подробное описание методов, с которыми сравнение производилось, можно найти в совместной американо-канадской работе по определению грунтового стока в реках бассейна Великих Озер (Neff et al, 2005). В этом конкретном случае (водосбор реки Нит характеризуется широким распространением глинистых морен и почв) модель показала самую низкую долю грунтовой составляющей в общем стоке (нижняя красная прямая) при самом высоком коэффициенте корреляции с ним ($R^2 = 0.45$).

Статистически более удовлетворительные для SimpleBase результаты другого сравнения были оформлены в уравнение для оценки одной из характеристик минимального стока – двухгодичный недельный минимум - широко используемой в инженерной практике: 7Q2 (McLeod and Watt, 2005). Сравнение было произведено по тем створам (38 станций) и за те же периоды, которые приведены в указанной статье в таблице 1. Результаты сравнения и формула для 7Q2, полученная на параметрах SimpleBase, демонстрировались в июне этого года на 60-й юбилейной конференции Канадской Ассоциации Водных Ресурсов в Саскачеване (Vedom, 2007, 2 – слайд 21). Надо отметить, что составляющие стока в упомянутых случаях определялись традиционно как соотношения средних величин, а не их амплитуд.

Завершая рассмотрение результатов первой части анализа, следует выделить её основной результат: базовая составляющая временных колебаний каждого элемента имеет четкое физическое содержание и самостоятельное значение, определена элементом гидросферы, к которому принадлежит и характером ландшафта, в котором производятся наблюдения.

Следующий за расчленением отдельных параметров процесс построения графиков структурной гармонии гидросферы для каждого ее пространственно-временного элемента, интересен и по существу и по форме. По существу графики

являются графической интерпретацией философского понятия единицы как бесконечности, данного Галилео Галилеем и приведенного в книге А. Стахова (Стахов et al, 2006), поскольку количество параметров, характеризующих любой элемент гидросферы в конкретном месте времени и участвующих в построении графика нелимитировано. Вид же графиков, особенно тех, которые построены на большом количестве параметров, неотвязно напоминает сегмент молекулы ДНК, иллюстрируя знаменитое изречение Гераклита, приведенное все в той же книге А. Стахова: «Из одног – все, из всего – одно»... Поскольку графиков можно построить любое количество в зависимости от исходного материала - они могут представлять все имеющиеся параметры за определенный период (рис. 2, 4-7), параметры определенного подразделения гидросферы за единый период (рис. 3), просто отдельные пары за несколько периодов (Vedom, 2007, 2 – слайд 8), - то ограничимся рассмотрением лишь первых двух, наиболее полных из них.

Самый полный график по количеству имеющихся параметров (28) дает специализированная станция Тоома (рис. 2). График демонстрирует единую зависимость структуры (базовая, умеренная и предельная составляющие) среднемесячной амплитуды колебания всех и каждого параметра, от величины их структурного определителя или показателя упругости K_i за рассматриваемый период. Многолетний график на рис.2 представляет обработку суточных данных по каждому параметру за период с 01.01.1984 по 31.12.1990 как одного ряда, а не полученных в результате осреднения результатов ежегодных обработок. В список элементов и параметров по станции Тоома включены все имеющиеся в распоряжении автора (Vedom, 2007, 2 – слайд 7), но далеко не все измеряемые и наблюдаемые на станции параметры. Например, атмосферное давление отсутствует в данном списке, а по подавляющему большинству метеостанций именно этот параметр составляет пару для температуры воздуха в определении ее K_i . По этой же станции K_i для температуры дает уровень грунтовых вод по самой глубокой из наблюдательных скважин, скв. 1052 – 255 м глубины. А вот для островного аэропорта Сиднея (Канада) оба параметра играют одинаковую роль: «спариваются» как между собой, так и с температурой (рис. 4). Эта же станция имеет интересную снежную составляющую: доля базового компонента флуктуаций снежного покрова здесь относительно низкая, 35-60%, что весьма характерно для регионов с частыми оттепелями в зимние месяцы (смотри также рис. 6, реки Верхний Хамбер и Этобико). Рисунок 4 интересен также тем, что демонстрируем изменение положения точек на графиках разных лет и между собой, и в численных выражениях, при сохранении тех же крайних точек: видимости как крайней левой и осадков как крайней правой. Более низкие базовые доли получены за годы с оттепельными зимами и по станции Тоома (1989-90), характеризующейся устойчивым снежным покровом. Но для снега, как и для других параметров с более низкими, чем температура и давление, частотами (например, стока и уровня), нет парного параметра. K_i для них определяется обратным путем со структурной кривой: положение базовой точки на базовой кривой и соответствующий ему K_i определяется по максимальному R^2 всех трех кривых.

Очень любопытно, что структура осадков, измеряемых на минеральной метеоплощадке (Р) и болотном массиве (ВР) заметно отличаются друг от друга (рис. 2), хотя расстояние между ними на станции Тоома не превышает 500 м.

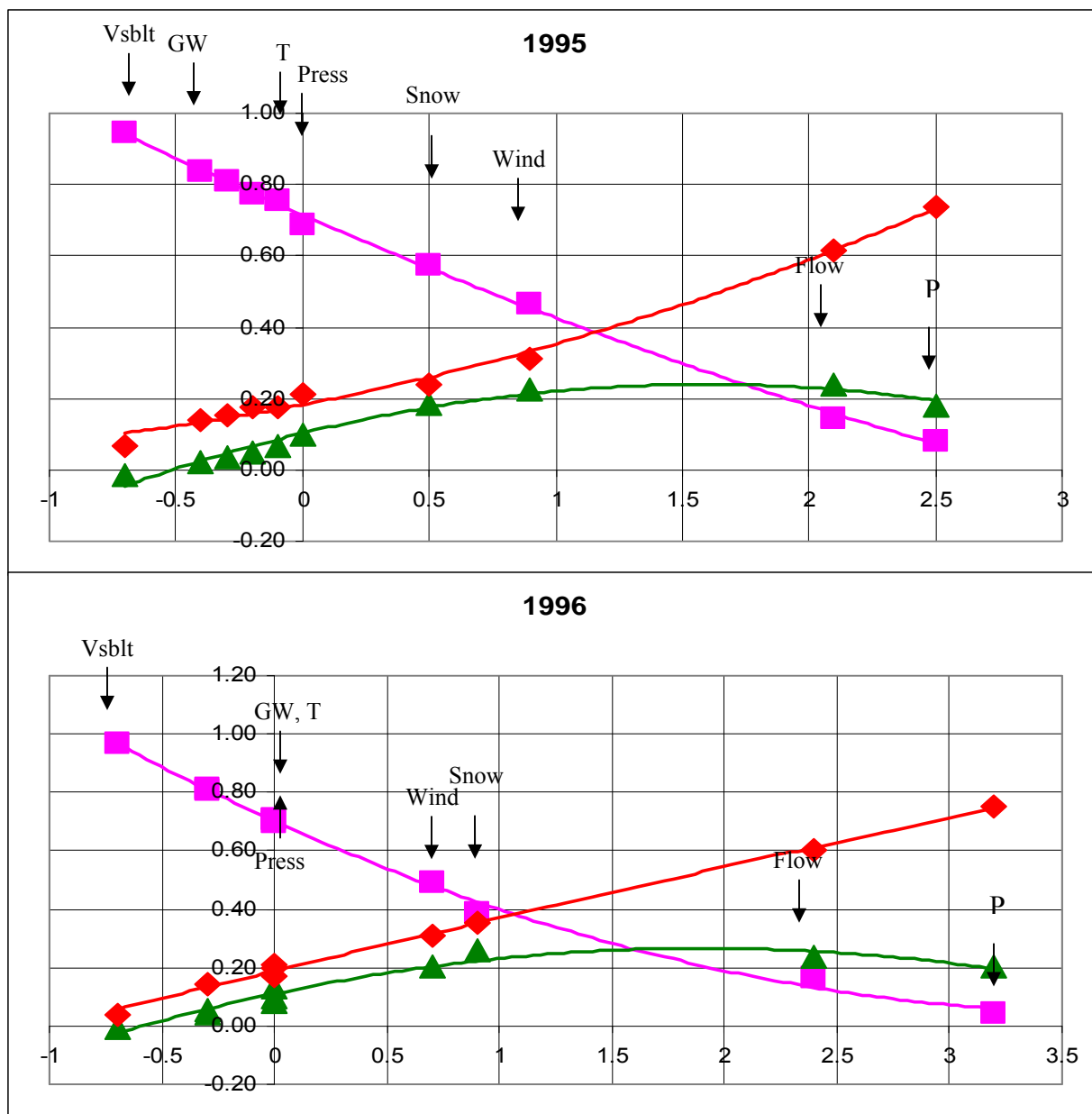


Рис. 4. Структурные графики на водосборе водотока МкАскилл Брук, вблизи аэропорта Сидней (Нова Скошия, Канада): параметры включают стандартный для аэропорта набор метеоэлементов с часовым интервалом (температура, давление, скорость и направление ветра, видимость) в среднесуточном варианте, ежедневный сток МкАскилл Брук, и суточные колебания уровня грунтовых вод на водосборе (глубина датчика - 25 м). Обозначения: Vsblt, GW, T, Press, Wind, Snow, Flow, P – соответственно, видимость, уровень грунтовых вод, температура воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, снежный покров, сток, и осадки.

Многолетняя базовая составляющая амплитуды осадков, - роса и иней, на болотном массиве выше на 13%, чем на минеральной метеоплощадке, что довольно легко объяснить более высоким, практически поверхностным, положением уровня болотных вод на болотном массиве, из-за чего над ним создается более влажная атмосфера, которая дает и больше осадков при их конденсации. Умеренная и предельная составляющие осадков по болотному массиву как бы не совсем точно

ложатся на свои кривые. Это скорее всего связано с тем, что наблюдения за осадками в холодный период, с октября по апрель, на массиве не производятся, поскольку статистически данные мало отличаются от измеренных на метеоплощадке и могут быть просто позаимствованы с нее в холодный период. Именно это и было сделано. Очевидно, что рассматриваемая технология разделения колебаний на составляющие более чувствительна к малым различиям, чем применяемые для их оценки статистические методы, на основе которых была разработана существующая программа наблюдений.

В этой связи следует отметить главную особенность графиков структурной гармонии гидросферы: положение каждого параметра на базовой, и, соответственно, других кривых четко установлено физео-географическими особенностями рассматриваемого места или территории (рис. 2, 5, 7), лимитируя также ежегодные изменения положения точек (рис. 4). Крайние параметры остаются крайними, даже если меняют свои количественные номиналы.

График по водосбору Казари (рис.3) заметно отличается по форме от представленных на других рисунках. Это объясняется прежде всего малым количеством самих параметров – температура, сток и осадки, но большим их ландшафтным разнообразием в пределах рассматриваемого водосбора. Дополнительную физико-географическую информацию по водосбору можно получить из отчета по применению HBV модели для симуляции стока по створам водосбора р. Казари, черновик которого был написан автором и помещен на сайте (Vedom, 1994), а его база данных была использована в данной работе. В контексте анализа графика существенно, что верхний водосбор (135 км²) характеризуется широким распространением карстовых пород, что значительно повышает базовую составляющую стока, а большая часть нижнего, полного водосбора (2640 км²) покрыта глинистым «покрывалом», что в свою очередь снижает базовую составляющую. Вероятно, именно поэтому точки, принадлежащие этим крайним створам расположены ближе друг к другу, а точки двух других «внутренних» створов расположены как «крайние».

Измеренными суточными качественными показателями воды автор располагает лишь по Флетчерс Крик (рис.5), водосбор, русло и гидрохимия которого несет на себе глубочайший отпечаток антропогенного воздействия. График структурной гармонии по этой реке требует особого внимания из-за уникальности набора подобных суточных данных, измеренных и проанализированных автором собственноручно в рамках учебного проекта. Полученные в результате измерений данные, за исключением качества осадков, и первоначальный отчет можно скачать с сайта автора: www.hydrology.ca/fletcher.pdf. Одной из целей проекта было доказать измерениями, что количественная структура стока, задаваемая источниками его питания, определяет и его качественную структуру, что уже было продемонстрировано в предыдущих работах автора (Vedom, 2002; Vedom and Vedom, 2003).

График на рис. 5, представляющий «качественную структуру» гидросферы, поражает прежде всего схожестью с сугубо «количественным» графиком станции Тоома, что привело к мысли просто наложить один на другой (рис.6). Интересно, что количественное сравнение значений базовых составляющих для одних и тех же величин K_i в интервале от -0.5 до 3.5 дает более высокий

результат по Флетчерс Крик, причем для отрицательных значений K_i разница составляет 0.05-0.07 уменьшаясь до 0.02 к максимальной границе интервала.

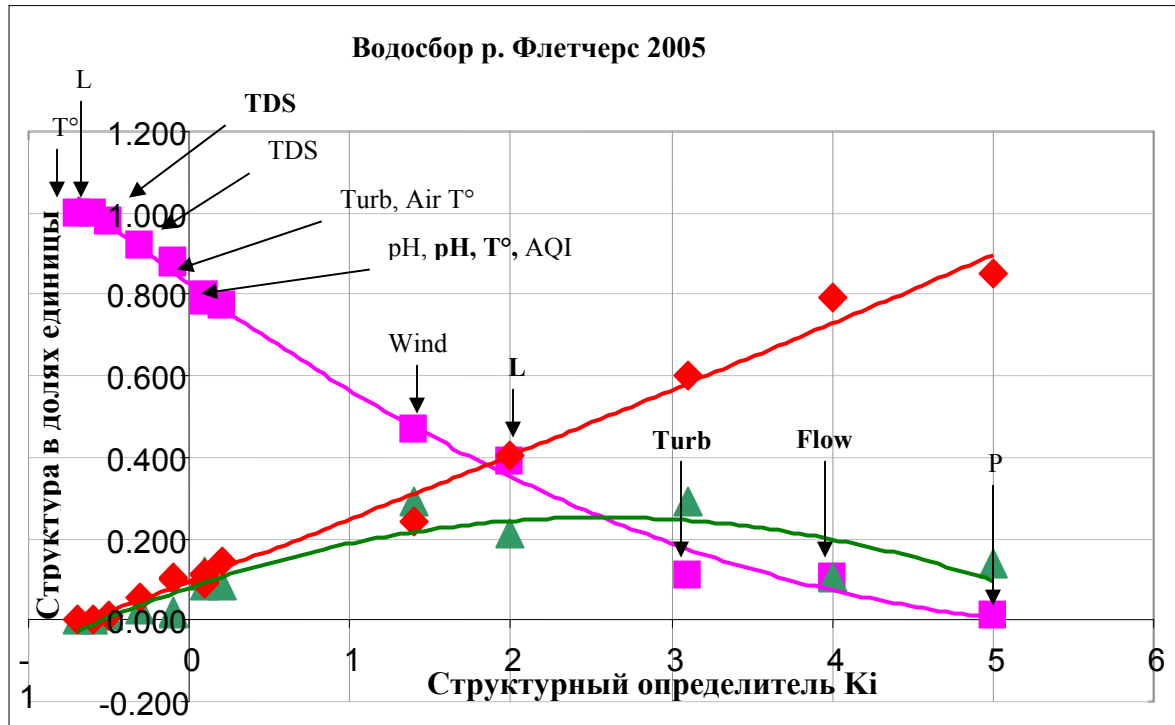


Рис. 5. Структурный график упругости гидросферы на водосборе Флетчерс Крик за май – июль 2005. Обозначения: T° , L , pH , TDS , $Wind$, $Turb$, $Flow$, P – температура, уровень, водородный показатель, общая минерализация, ветер, мутность, сток и осадки соответственно; одинаковые параметры выделены жирным шрифтом для водотока, простым – для грунтовых вод.

Возможно это объясняется искусственным поддержанием более низкого, но более стабильного, чем естественный, из-за альтернативной сети дождевой канализации, уровнем грунтовых вод, что и приводит к резкому увеличению штормовой или предельной стоковой составляющей (Vedom, 2006, 2). По станции же Тоома, характеризующейся болотно-лесной растительностью, умеренная и предельная кривые, практически, совпадают по величине. Именно данная разница характеризует функцию растительности в обеспечении возврата воды в атмосферу и поддержания своеобразного равновесия и монотонности климата.

Каковы основные физ-географические различия между станцией Тоома и Флетчерс Крик? Станция Тоома расположена на территории био-сферного заповедника, где нет ни населенных пунктов, ни даже грунтовых дорог. Кроме того, уровень грунтовых вод практически совпадает с земной поверхностью, что, собственно и является причиной возникновения болота при недостаточной дренажной способности гидрографической сети (Богословский et al, 1984). Водосбор Флетчерс Крик расположен на территории бурно развивающегося индустриального пригорода Торонто, и характеризуется, как уже было сказано выше, жесточайшим антропогенным воздействием, которое количественно можно оценить следующими параметрами, приведенными в таблице 1 (Vedom, 2005, 1):

Таблица 1. Распределение площадей по видам землепользования на водосборе р. Флетчерс

Вид землепользования	Площадь, km	%	Тип дороги	Суммарная длина на водосборе, km	Плотность дорог, km/km ²
Жилые массивы	2.86	18.4			
Промышленные площадки	1.62	10.4	Скоростные	0	0.00
Государственные учреждения	0.765	4.90	Артериальные	28.6	1.85
Торговые площади	0.174	1.10	Коллекторные	27.7	1.79
Зеленые зоны	9.91	63.9	Локальные	178	11.5
Площади дорог	0.17	1.10			
Всего	15.5	100	Total	234	15.1

Из таблицы видно, что водосбор этой реки покрыт растительностью на 63.9%, что включает неосвоенные еще территории верховья, а также парки, и речные поймы.

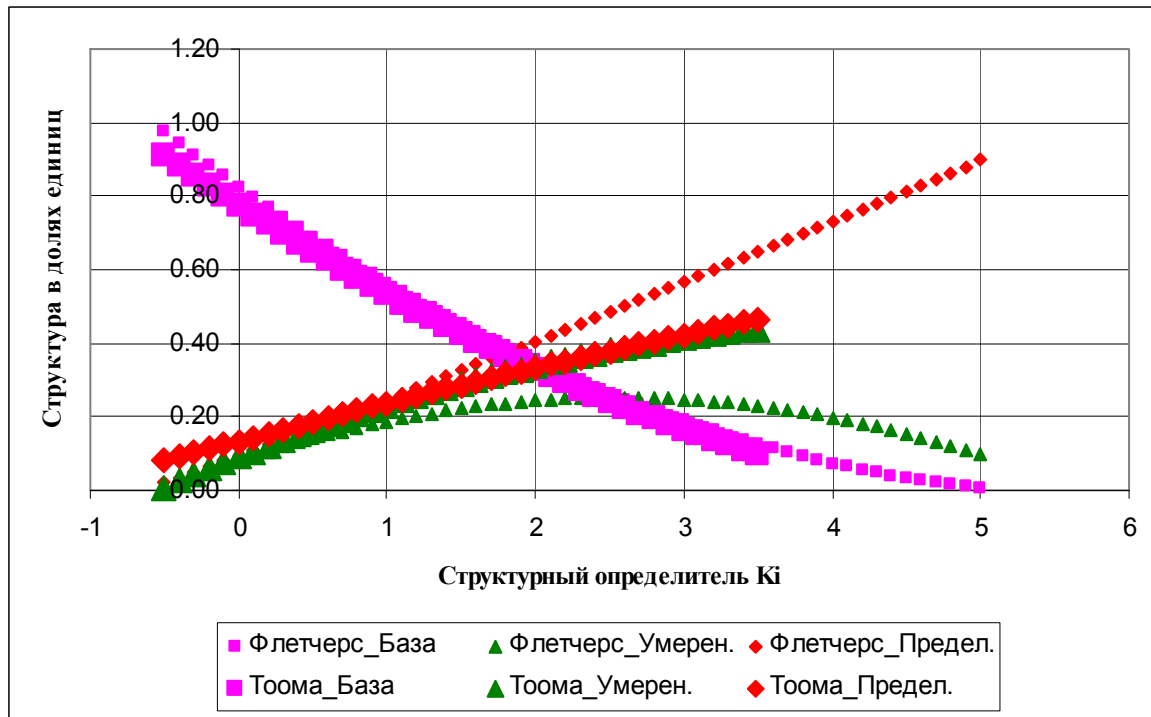


Рис. 6. Графическое сравнение структур гидросферы на болотной станции Тоома (Эстония) и водосборе Флетчерс Крик (Канада).

Очень подробная дифференциация дорог в проекте Флетчерс была сделана для расчета объемов соли, посыпаемых на дороги каждую зиму, в результате чего общая минерализация и грунтовых и поверхностных вод характеризует их как солоноватые, угнетая развитие пресной микро-флоры и –фауны, которые недоиспользуют энергию на собственный рост при температурах воды выше 10°C в обеих средах. Такой вывод был сделан на основе сопоставления базовых составляющих мутности и минерализации грунтовых вод в периоды, характеризующиеся разными температурами воды (слайды 11-14,

www.hydrology.ca/elasticity_fletcher.pdf). Как именно этот вывод, сделанный на основе традиционной связи мутность – минерализация – температура, находит подтверждение на графике структурной гармонии? Ответ можно найти в различии положения точек основных элементов гидросферы на графиках по Тоома и Флетчерс. По Тоома все точки принадлежащие «стоячим» поверхностным и грунтовым водам расположены левее $K_i = 1$, т.е. все параметры имеют значения K_i меньшие единицы. Значение $K_i = 1$ имеют ветер и радиационный баланс. Параметры, имеющие $K_i > 1$, принадлежат к категории движущейся воды, т.е. сток, осадки, характеризуя кинетику процесса, причем ближайшая правая от 1 точка принадлежит к наименее подвижному, болотному, стоку. Уместно предположить, что взаимное положение точек на графике для Флетчерс Крик будет таким-же: параметры грунтовых вод будут располагаться левее соответствующих параметров поверхностных вод. В действительности же общая минерализация этого водотока имеет более высокую базовую составляющую, чем его грунтовые воды, что выражается в более левом положении точки водотока, чем грунтовых вод. Поскольку глубина колодца на пойме, в котором производились измерения, 2 м, идентифицирует почво-грунты как В-горизонт (Manahan, 1994), в котором располагается корневая система и идет интенсивная утилизация и трансформация воды, энергии, минеральных и биологических веществ, то недостаточная активность одного из элементов, например, сезонный рост микро-биоты именно в этом горизонте, вероятно, имеет дестабилизирующий эффект на колебания общей минерализации, что и ведет к снижению ее базовой составляющей и увеличению друг других. Некоторая неопределенность предыдущего утверждения основана на несовпадении существующих эстонско-российских стандартов наблюдений за качеством вод (Гусева et al, 2000) с программой произведенной на Флетчерс Крик. Прежде всего, микро-биота не измерялась непосредственно, только ее обобщенный с минеральной составляющей вариант общей мутности. Нужны повторные параллельные измерения мутности водотока, грунтовых вод и микро-биоты для доказательства правильности данного утверждения.

Другая стандартизированная практика, применяемая в сельском хозяйстве, может быть также интерпретирована как частичное доказательство правильности данного утверждения. Это практика измерения влажности почвы на глубине 1 м для определения режимов полива, а также контроля за испарением с сельхозугодий (Каринг, 1991) и территорий (Богословский et al, 1984). Эта практика основана на том, что при определенной растительности и определенном запасе влажности почвы будет наблюдаться определенное испарение, от режима которого зависит режим пополнения запаса влажности. Режим же расходования запаса влажности зависит, помимо погодных факторов и фазы развития растений, от режима внесения в почву удобрений, пестицидов, гербицидов, т.е. режима изменения общей минерализации почвы, которая регулирует расход воды на рост самого растения и испарение.

Хорошим подтверждением изменения формы графика как результат изменения растительного покрова и водного режима являются графики на рисунке 7. Все четыре графика имеют одну общую особенность: замыкающие створы и хотя бы одна метеорологическая станция расположены в устье впадения реки в озеро или океан, что как бы уравнивает их в отношении к уровню грунтовых вод,

несмотря на огромную разницу в размерах. Водосбор реки Финлей представляет малонаселенное, залесенное высокогорье Британской Колумбии (водосбор высокогорного озера Виллистон) с ледниковым питанием. Р. Верхний Хамбер втекает в озерную цепочку расположенную на западном склоне острова Ньюфаундленд и ведущую в залив Ст. Лоренс; р. Казан характеризуется очень плоским, сильно заболоченным и заозеренным лесотундровым ландшафтом северо-западного участка водосбора залива Хадсон. Этобико крик протекает через западные пригороды Торонто, неся свои на 80% заканализированные воды в озеро Онтарио (подробное описание этого водосбора можно найти в (Vedom and Vedom, 2003).

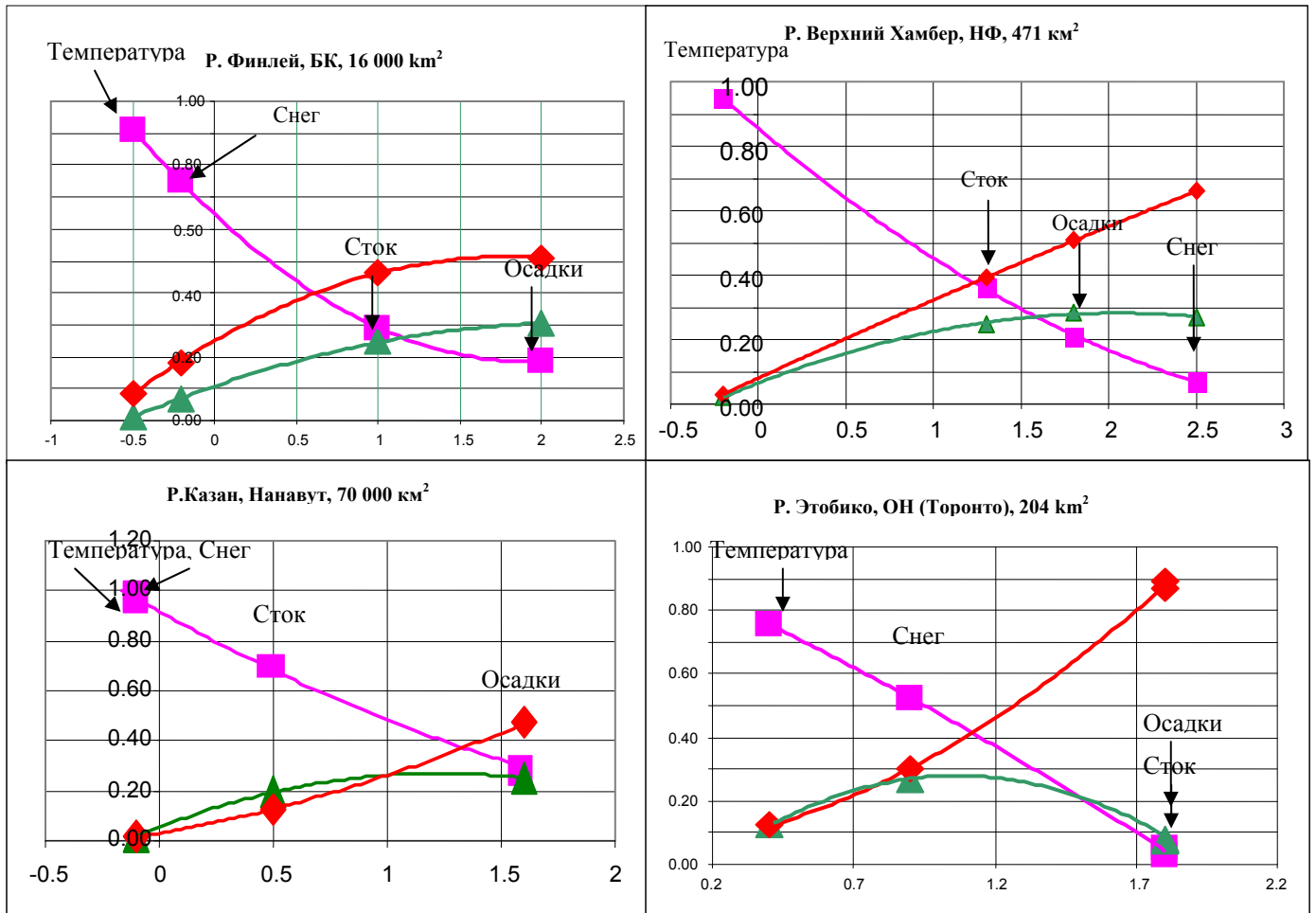


Рис. 7. Графики структурной гармонии гидросферы за период с 1995 по 2000, построенные по минимальному набору данных (температура воздуха, осадки, сток и снежный покров) для расчета водного баланса водосбора в створе измерения стока: для р. Финлей (Британская Колумбия) по 2 метеостанциям, р. Верхний Хамбер (Ньюфаундленд) по 2 метеостанциям, р. Казан (Нунавут) по 3 станциям, и для р. Этобико по 3 станциям.

Нетрудно увидеть как форма графика отражает размеры водосбора, от которых зависит, прежде всего, структура осадков. Чем больше водосбор, тем больше осадков формируется в его пределах, тем меньшее их количество

приносится извне. Другой интересный момент – крайне изменчивая структура снежного покрова. Для самого северного водосбора р. Казан со среднегодовой температурой воздуха около -9°C базовая составляющая снежного покрова равна 0.97. А для островного и прибрежного водосбора р. Верхний Хамбер с самым мягким, но не самым теплым климатом (годовая температура 5.5°C) базовая снежная составляющая не достигает даже 0.1. Кривая умеренной составляющей, которая по предварительной версии отражает именно эффект растительности в комбинации с уровнем грунтовых вод, в трех случаях из четырех представляет логарифмически возрастающую кривую, с очень малым уменьшением или спрямлением при $K_i > 1.5$. Для водосбора урбанизированной р.Этобико умеренная кривая заканчивается даже более низкими значениями, чем начинается. Базовая и умеренная составляющие как осадков, так и стока не превышают 0.05 при $K_i = 2$, тогда как по другим водосборам они около 0.2 и выше. Предельная, или штормовая, кривая просто взвивается до значений 0.9 и выше при тех же значениях K_i , характеризуя более высокую разницу $K_{\text{max}} - K_i$ для урбанизированных водосборов с альтернативной гидрографической сетью дождевого штормового стока. Очень показательным для сравнения является гигантский плоский северный водосбор р. Казан с очень мелким уровнем грунтовых вод, где кинетика осадков и стока крайне малы и расположены сразу за перекрестьем кривых на графике.

Таким образом, форма кривых структурного графика отражает размеры водосбора, а также характеризуют растительный покров и уровень грунтовых вод.

Последний, статистический раздел анализа интересен тем, как изменяются десять первых членов ранжированного в порядке убывания среднего по всем членам ряда коэффициента корреляции в зависимости от упомянутых выше оводенностей водосборов (таблица 1). Причем, рассматриваются не только простые средние, но и средние абсолютных значений коэффициентов корреляции каждой составляющей суточных рядов каждого параметра со всеми остальными составляющими и параметрами. Поскольку статистический анализ производится после получения гармоничной структуры гидросферы, то следует подвести очень краткий итог по структурным графикам. Из восьми представленных в таблице водосборов четыре имеют одинаковый набор стандартных параметров (температура, осадки, сток и снежный покров); болотная станция Тоома представлена 23 параметрами, из которых 5 являются стоком с крошечных болотных водосборов; МакАскилс Брук представлена стандартной метеорологической станцией аэропорта Сидней а также наблюдениями за уровнем грунтовых вод в 25-метровой скважине (всего 10 параметров); Флетчерс Крик демонстрирует единую структурную композицию качественных и количественных показателей как в атмосферных, так и поверхностных и грунтовых водах (16 параметров), причем базовая кривая дает поразительное сходство с аналогичной кривой по Тоома, несмотря на разные континенты и периоды времени, параметры и физ-географические условия, тогда как умеренная и предельная кривые расходятся абсолютно. И, наконец, структурный график по водосбору реки Казари, включающий четыре стоковых и шесть осадкомерных, и лишь один температурный пост (11 параметров), демонстрирует опять-таки единую, хотя и отличную от остальных структуру гидросферы внутри данного водосбора, поскольку представляет практически одну правую, «кинетическую» ее часть: осадки и сток.

Таблица 2. Частичные результаты корреляционного анализа по выборочным станциям и водосборам

Р.Верхний Хамбер, 1995-2000		Р. Этобико, 1995-2000	
Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R	Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R
0.2	Осадки_П	0.29	Сток_П
0.19	Сток_П	0.28	Осадки_П
0.18	Осадки_У	0.27	Осадки_У
0.17	Осадки_Ш	0.27	Сток_Ш
0.16	Снег_У	0.26	Осадки_Ш
0.16	Снег_П	0.24	Осадки_Б
0.16	Сток_Ш	0.22	Сток_У
0.15	Сток_У	0.18	Снег_П
0.14	Снег_Ш	0.17	Снег_У
0.13	Температура_Ш, °С	0.16	Снег_Ш
0.3	Снег_П	0.31	Сток_П
0.3	Снег_У	0.31	Снег_П
0.29	Снег_Б	0.29	Сток_Ш
0.28	Снег_Ш	0.29	Осадки_У
0.27	Сток_П	0.28	Осадки_П
0.27	Температура_Б	0.28	Температура_Б
0.26	Температура_П	0.27	Снег_У
0.23	Сток_Б	0.27	Осадки_Ш
0.22	Сток_У	0.27	Осадки_Б
0.21	Осадки_П	0.26	Снег_Б

Р.Финлей, 1995-2000		К. Флетчерс, Май -Июль 2005	
Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R	Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R
0.24	Осадки_П	0.141	Мутность_П
0.22	Сток_П	0.139	Сток_П
0.20	Осадки_У	0.138	Уровень_Ш
0.20	Сток_У	0.134	Мутность_Ш
0.19	Осадки_Ш	0.132	Сток_Ш
0.18	Осадки_Б	0.121	Уровень_П
0.17	Сток_Ш	0.105	Осадки_П
0.15	Сток_Б	0.104	Осадки_У
0.12	Температура_П	0.102	Уровень_Ш (2 м)
0.08	Температура_Б	0.100	Уровень_У (2 м)
0.49	Температура_Б	0.388	Минерализация_Б
0.45	Снег_Ш	0.374	pH_Б
0.44	Температура_П	0.370	Минерализация_П
0.43	Сток_Б	0.368	Температура_П
0.43	Снег_Б	0.367	Температура_Б
0.43	Сток_П	0.364	Температура_Б
0.34	Сток_У	0.364	pH_П
0.29	Снег_У	0.364	pH_П
0.29	Осадки_П	0.364	Температура_Б
0.26	Температура_Ш	0.362	Температура_П

Р.МакАскилс, 1995		БС Тоома, 1984-90	
Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R	Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R
0.157	Сток_П	0.273	Линнуссааре_П
0.138	Осадки_Б	0.260	Водоток Т5_У
0.135	Сток_У	0.259	Водоток Т5_П
0.129	Уровень_У (25 м)	0.249	Уровень 218_Ш
0.127	Сток_Ш	0.245	Водоток Т6_П
0.119	Уровень_Ш (25 м)	0.241	Водоток Т4_У
0.115	Уровень_П (25 м)	0.240	Колувере_П
0.111	Давление_У	0.235	Скв.1052d_Ш (2 м)
0.108	Ветер_П	0.233	Водоток Т4_П
0.108	Влажность_У	0.233	Водоток Т6_У
0.298	Влажность_П	0.380	Уровень 218_П
0.291	Видимость_П	0.377	Уровень 214_П
0.288	Сток_П	0.377	Скв.1052b_П (25 м)
0.280	Влажность_У	0.374	Уровень 214_Б
0.280	Осадки_Б	0.374	Скв.1052d_П (2 м)
0.268	Давление_П	0.368	Линнуссааре_П
0.262	Видимость_Б	0.366	Скв.1052b_Б (25 м)
0.260	Температура_П	0.350	Линнуссааре_Б
0.260	Влажность_Ш	0.346	Скв.1052c_П (8 и)
0.255	Уровень_П (25 м)	0.345	Уровень 218_Б

Р.Казан, 1995-2000		Р.Казари, 1981-90	
Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R	Ранжированный средний R	Ранж. абсолютный средний R
0.22	Осадки_П	0.36	Конувере осадки_П
0.21	Сток_П	0.36	Кооду осадки_П
0.21	Осадки_У	0.35	Эллама осадки_П
0.19	Температура_П	0.35	Эллама осадки_У
0.19	Осадки_Ш	0.35	Кузику осадки_П
0.18	Сток_У	0.35	Кузику осадки_У
0.17	Температура_Б	0.35	Конувере осадки_У
0.16	Осадки_Б	0.35	Кооду осадки_У
0.16	Сток_Б	0.35	Кузику осадки_У
0.14	Сток_Ш	0.34	Казари осадки_У
0.47	Сток_П	0.34	Казари осадки_П
0.47	Температура_Б	0.36	Конувере осадки_П
0.46	Снег_Ш	0.36	Кооду осадки_П
0.46	Снег_Б	0.35	Эллама осадки_П
0.45	Температура_П	0.35	Кузику осадки_П
0.44	Сток_Б	0.35	Кузику осадки_У
0.32	Сток_У	0.35	Конувере осадки_У
0.30	Осадки_П	0.35	Кооду осадки_У
0.28	Осадки_У	0.35	Кузику осадки_У
0.26	Осадки_Ш	0.34	Казари осадки_У
0.26	Осадки_Ш	0.34	Казари осадки_П

Обозначения: светло-зеленым цветом обозначены атмосферные параметры; ядовито-зеленым – болотные воды; голубым – водотоки; белым – грунтовые воды, и розовым – снег. Заглавными буквами П, Б, У и Ш обозначены полный, базовый, умеренный и предельный или штормовой компоненты параметров.

В статистическом анализе участвуют 4 производных от каждого параметра: полный параметр, его базовая, умеренная и предельная (штормовая) составляющие по всей длине указанного в таблице 1 ряда. Таким образом, по четырем водосборам (Финлей, Верхний Хамбер, Казан и Этобико) в анализе участвуют 16 элементов, по станции Тоома – 92, список коррелируемых элементов водосбора МакАскилс Крик состоит из 40, Флетчерс из 64, и Казари из 44. В таблице 1 представлены лишь 10 первых элементов каждого ранжированного в убывающем порядке списка.

Из таблицы легко можно увидеть, что полные осадки и полный сток играют как правило ключевую роль в обеспечении прямых и обратных связей при трансформации энергии между параметрами и их составляющими. При сравнении стока и осадков между собой (р.Казари), полные и умеренные осадки преобладают абсолютно и по всей территории водосбора. Температура выступает на первый план в случаях наличия ледникового питания (р.Финлей) и вечной мерзлоты (р. Казан). Снег играет важную роль при отсутствии данных по грунтовым водам, причем в любой климатической зоне; грунтовые воды любой глубины и поверхностный сток являются наиболее важным элементом для заболоченных территорий (БС Тоома). Для островных внутренних водосборов (МакАскилс Брук) состояние атмосферы, а именно относительная влажность и прозрачность, играют более важную роль, чем сток и осадки. При наличии качественных показателей (р.Флетчерс), в качестве ключевых параметров выступили мутность, сток, уровень и рН водотока, а также минерализация грунтовых вод. При этом поверхностные воды играют ключевую роль в прямых связях, а грунтовые – в обратных. Говоря о прямых и обратных связях следует оговориться, что в энергетической трактовке водного цикла через амплитуды а не номинальное их значение прямые связи представлены превышением высвобождения энергии над потреблением, а обратные –потребления над высвобождением, что не всегда соответствует плюсам и минусам водного цикла, выраженного в номинальном водном балансе водосбора, поскольку в нем осадки это всегда плюс, а сток и транспирация – только минус. Но это тема другой статьи.

Заключение

График Структурной Гармонии гидросферы является графическим результатом экспериментальной разработки анализа разделенных динамик, представляющего комбинацию нетрадиционного графического и традиционного статистического анализа комплексной гидрологической информации. График воплощает философское понятие *целого* в отношении к гидросфере, являясь графической интерпретацией закона гармонической структуры систем в природе, основанном на понятии и численных выражениях Золотой Пропорции. Каждый элемент и параметр гидросферы, характеризуя ее определенное фазовое и энергетическое состояние в конкретном месте и в конкретный период времени, может колебаться приобретая и расходую энергию лишь в определенных рамках, которые и задаются графиком структурной гармонии гидросферы в данном месте и период времени.

Положение параметра на графике задается его базовой составляющей, полученной через SimpleBase Delineation ModelTM и выраженной в отношении к

среднемесячной амплитуде его полных колебаний, и структурным определителем K_i , при котором частота умеренных колебаний параметра равна частоте базовых колебаний температуры. Предельные значения структурного определителя каждого параметра, выраженные в модели как генерирующие гармоники Золотой Пропорции ($K_{\max} + 0.618$), задают пределы возможных колебаний каждого параметра и интервал его положения на структурном графике. Самыми мелкими колебаниями с самой высокой базовой составляющей и самым левым положением точки на графике характеризуются грунтовые, болотные и озерные, а также атмосферные воды и их параметры, обладающие K_{\max} в интервале от 0 до 4 и, соответственно, более низкими K_i . Самыми широкими размахами колебаний обладают осадки и текущие воды рек, что помещает их в правой части графика, соответствующей превышению штормовой составляющей над базовой, при этом водотоки урбанизированных водосборов характеризуются наивысшими значениями K_{\max} (выше 10-15), при тех же K_i . Срединное положение на графике, характеризующееся примерно равными значениями всех составляющих, занимают ветер, радиационный баланс, переменный сток с болотных массивов и осадки на него.

Именно в срединном положении параметров на структурном графике заключается идея упругости гидросферы как ее способности регулировать перепады поступающей от солнца энергии, поддерживая жизнеутверждающий интервал колебаний температуры и трансформируя избыточную тепловую энергию в кинетическую. Левая часть графика представляет ее устойчивую фоновую часть с очень медленными изменениями. Правая часть зависит от того, насколько велико влияние посредника, растительности, в трансформации энергии солнца и нереализованной тепловой в кинетическую.

Разработанная методика оценки структурной композиции гидросферы, именуемая Анализом Разделенных Динамик, и ее основная графическая часть, выраженная графиком структурной гармонии гидросферы, представляют своеобразную попытку практического решения вопроса о целостности гидросферы не без участия одной из величайших математических констант – Золотого Сечения.

Благодарность

Автор благодарит Фредерика и Линн Баклер (ADI Limited, Канада) за предоставленную физ-географическую и гидрогеологическую информацию водосбора МакАскилс Брук.

Литература

- Богословский, Б.Б., Самохин, А.А., Иванов, К.Е., Соколов, Д.П., 1984.** Общая гидрология, Ленинград, Гидрометеиздат, 1984, 422
- Гусева, Т.В., Молчанова, Ю.П., Зайка, Е.А., Виниченко, В.Н., Аверочкин, Е.М. 2000.** Гидрохимические показатели окружающей среды, Справочник, Ecoline. 122 с. Ч.2 Экологический мониторинг поверхностных водных объектов в Российской Федерации: 18 - 30; Ч.3 Общие и суммарные показатели качества вод: 31 – 46; (<http://www.ecoline.ru/mc/refbooks/hydrochem/index.html>)

- Наберухин, Ю.И.**, 1996, Загадки воды, Соросовский образовательный журнал, №5, с. 41-48
- Стахов, А., Слученкова, А., Щербаков, И.**, 2006, Код да Винчи и ряды Фибоначчи, СПб.: Питер, 320 с.
- Beran, M.** 1995. The Role of Water in Global Environmental Change Processes. NATO ASI Series, **Vol. 31**, The Role of Water and Hydrological Cycle in Global Change, p.1-22
- Bouten, W.** 1995. Plant Control on Evapotranspiration: Models and Measurements. NATO ASI Series, **Vol. 31**, The Role of Water and Hydrological Cycle in Global Change, 105-133
- CWRJ, 2006, Paleoenvironmental Perspectives on Drought in Western Canada, **Vol. 31 (4)**: 197 - 314
- Watson, E., Luckman, B.H.**, 2006. Long Hydroclimate Records from Tree-Rings in Western Canada: Potential, Problems and Prospects, CWRJ, 31 (4): 205-228
- Meko, D.M.**, 2006. Tree-ring Inferences on Water-Level Fluctuations of Lake Atabasca, CWRJ, **31 (4)**: 229-248
- Berriault, A.L., Sauchyn, D.J.**, 2006. Tree-ring Reconstructions of Streamflow in the Churchill River Basin, Northern Saskatchewan, CWRJ, **31 (4)**: 249-262
- Rannie, W.F.**, 2006. A Comparison of 1858-59 and 2000-01 Drought Patterns on the Canadian Prairies, CWRJ, 31 (4): 263-274
- Girardin, M.P., Tardif, J.C., Flannigan, M.D., Bergeron, Y.**, 2006. Forest Fire-conductive Drought Variability in the Southern Canadian Boreal Forest and Associated Climatology Inferred from Tree Rings, CWRJ, **31 (4)**: 275-296
- Ingebritsen, S.E., Sanford, W.E., Neuzil, C.E.**, 2006. Groundwater in Geologic Processes, 2nd Edition, Ch. 1.1.2 Driving Forces of Groundwater Flow: 6-10.
- Каринг, П.Х.**, 1991. Агроклиматическая оценка и методы использования ресурсов мезо- и микроклимата в сельском хозяйстве: Автореферат.- Л., 1991.- 64 с.
- Lettenmaier D.P.**, Modeling of runoff and streamflow at regional to global scales. NATO ASI Series, **Vol. 31**, The Role of Water and Hydrological Cycle in Global Change, 297-316
- Lindell S., Sanner H., Reihan A., Vedom R.**, Application of the Integrated Hydrological Modeling System IHMS-HBV to pilot basin in Estonia// SMHI Hydrology, N67, 1996 (авторский черновик можно найти по: www.hydrology.ca/smhi_rep.pbf)
- Manahan S.E.**, 1994, Environmental Chemistry, Lewis Publisher, Sixth edition, Ch. 3. Fundamentals of aquatic chemistry: 47- 86, Ch. 15. The Geosphere and Geochemistry: 433 – 458, Ch. 16. Soil Chemistry: 459 - 486
- McLean, R. K. and Watt, W. E.**, 2005, Regional Low Flow Frequency Relations for Central Ontario, Canadian Water Resources Journal, Vol. 30, No 3, 2005: 179 -195
- NATO ASI Series, **Vol. 31**, The Role of Water and the Hydrological Cycle in Global Change, edited by Howard R. and Sylvia Oliver, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1995, 470 p.
- Neff, B.P., Day, S.M., Piggott, A.R., Fuller, L.,M.**, 2005, Base Flow in the Great Lakes Basin: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5217, 23 p
- Road Salts, Priority Substances List, Assessment Report/ Draft for Public Comments/ August 2000

Rowntree, P.R., Dumenil, L. Hydrology in Climate Models and Effects on Climate. NATO ASI Series, **Vol. 31**, The Role of Water and Hydrological Cycle in Global Change, 59-104

Shuttleworth W.J. Soil – Vegetation – Atmosphere relation: process and prospect. NATO ASI Series, **Vol. 31**, The Role of Water and Hydrological Cycle in Global Change, 135-162

Stakhov, A.P. 2005. Generalized Principle of the Golden Section. Chaos, Solitons and Fractals, **26** (2005), 263-289

Vedom, R., 2002, Daily Chloride Contamination of Lake Ontario by Etobicoke Creek, The Sustainable City II, Urban Regeneration and Sustainability, Advances in Architecture, WITpress, p. 631-641

Vedom, R., Vedom, J., 2003. Assessing an anthropogenic impact: the separated flow approach, Noosphera, 30 p <http://www.noosphera.com>

Vedom, R., Sergeyeva, A., 2004.. ‘Groundwater – Climate’ relationship revisited, Proceedings of the 57th CWRA Annual Conference, Montreal, Canada, 16-18 June, 2004, 6p. http://www.hydrology.ca/ground_water_climate.pdf

Vedom, R., 2005 (1). Report on the Fletcher’s Creek project, Environmental Control Program, Sheridan College, <http://www.hydrology.ca/fletcher.pdf>

Vedom, R., 2005 (2). The SimpleBase delineation model: a new tool for water investigation and assessment, Proceedings of the 12th World Water Congress, November 22-25, 2005, New Delhi, 10 p. http://www.hydrology.ca/simple_base_m.pdf

Vedom, R., 2006 (1). The formation process of water quality: the Fletcher’s Creek project. Presentation at the 41st Central CAWQ Symposium, Feb 13-14, 2006. http://www.hydrology.ca/formation_process.pdf .

Vedom, R., 2006 (2). The hydrological limits of urbanization, Proceedings of the 59th Annual Conference of CWRA, June 2-5, 2006, Toronto http://www.hydrology.ca/storm_limit.pdf

Vedom, R., 2007 (1). Surface water – groundwater quality relationship: the Fletcher’s Creek project, Presentation at the 42nd Central CAWQ Symposium, Feb 12-13, 2007. http://www.hydrology.ca/elasticity_fletcher.pdf

Vedom, R., 2007 (2). Elasticity of hydrosphere and its contribution to the sustainable management of water resources, Proceedings of the 60th Annual Conference of CWRA, June 26-28, 2007, Saskatoon /Abstract compendium/, p.135-137 http://www.hydrology.ca/elasticity_web.pdf