

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК МИРА

Добровольский С.Г.

Институт водных проблем РАН, Россия

В работе рассматриваются наблюдаемые многолетние изменения годового, максимального и минимального стока рек мира на основе анализа информации по примерно 3000 створам на всех континентах. База данных сформирована с использованием 6 международных баз данных, картирована, подвергнута как автоматическому, так и визуальному контролю, оформлена в виде иерархической системы электронных таблиц. Предложена новая типизация речных бассейнов и их частей, замыкаемых используемыми в исследовании створами. Выделено 6 основных и «переходных» типов водосборов в зависимости от типа питания, степени озерности, степени возможного антропогенного влияния на режим стока и его изменений. Все створы идентифицированы в соответствии с предложенной типизацией, анализ проводился отдельно для каждого типа бассейнов и для ряда групп основных и соответствующих переходных типов.

Для анализа была разработана система новых оценок статистических и стохастических параметров изменчивости стока. Она базируется на новых, предложенных автором, алгоритмах: (1) генерирования псевдослучайных гауссовских величин; (2) пересчета наблюдаемых величин стока в выборочные значения нормально распределенных величин; (3) оценок дисперсий и автокоррелированности рядов; (4) расчетов двусторонних критериев применимости нулевой гипотезы относительно стационарности рядов по среднему, дисперсии, автокоррелированности; (4) критерия выбора оптимального порядка стохастической (авторегрессионной модели) ряда, не зависящего от длины ряда; (5) оценки нормированной спектральной плотности изменений стока методом низкочастотного усечения спектров.

Исследование проводилось на 6 пространственных уровнях: (а) для каждого створа; (б) на уровне каждого из 23 важнейших речных бассейнов мира; (в) с осреднением по ареалам, объединяющим бассейны озерных рек и рек ледникового питания; (г) на уровне макрорегионов; (д) в масштабе каждого из материков; (е) в глобальном масштабе. Географически, результаты исследования представлены в виде 158 карт: картосхем, картограмм и картодиаграмм. Основные результаты заключаются в следующем.

- 94% рядов годового стока рек всех типов можно отнести (с использованием нашей методики) к реализациям стационарных, по среднему, случайных последовательностей. Процент

соответствующих рядов максимального и минимального стока составил 92 и 79%. Наиболее велика доля стационарных, по этому показателю, рядов стока «основного» типа рек - равнинных неозерных, не подверженного значительному антропогенному влиянию: соответственно 96, 96, 83%. Наименьшей стационарностью, по среднему, отличаются озерные реки и реки, подверженные заметному антропогенному влиянию на режим стока: соответственно 81, 89, 77% и 90, 94, 75%. Нестационарность многолетних рядов стока по дисперсиям и автокоррелированности существенно меньше нестационарности по среднему для всех типов рек и видов стока.

- При анализе логарифмических зависимостей коэффициента вариации годового стока «основного» типа рек от площади водосбора, годового слоя стока и годового объема стока продемонстрирована универсальность закона «степени минус одна вторая», причем в случае годового стока присутствуют две асимптоты с углом наклона $-1/2$ в билогарифмическом масштабе: одна связана с зависимостью Cv от площади бассейна, другая – с зависимостью от слоя стока.
- Показано, что, в отличие от распространенного мнения, для описания большинства рядов годового стока рек «основного» типа (58%) и рек ледникового питания (51%) модель некоррелированной по времени случайной последовательности более адекватна, чем модель «простой Марковской цепи» (авторегрессии первого порядка) – соответственно 33% и 32%. Та же закономерность характерна для рядов годового стока рек ледникового питания и для рядов максимального стока рек всех типов. Марковский процесс первого порядка более адекватен для описания минимального стока рек всех типов и для описания годового стока озерных рек и рек, подверженных заметному антропогенному влиянию на режим стока.
- В тех случаях, когда коррелированность стока смежных лет R значима, обнаружен значительный, в среднем, ее рост с увеличением площади бассейна – для всех видов стока рек всех типов. В зависимостях R от слоя годового стока всех видов рек всех типов продемонстрировано наличие максимума на средних значениях слоя стока. В отличие от ряда предыдущих работ, выявлен немонотонный характер зависимости R от Cv годового стока рек основного типа: падение R в области высоких значений Cv .
- Гистограммы плотности вероятности величин коррелированности годового и минимального стока рек всех типов, как и другие расчеты, подтверждает применимость гипотезы Хассельмана о воздействии «белешумного» атмосферного возбуждения (в терминах эффективных осадков) на более инерционную, по сравнению с атмосферой, подстилающую поверхность, как основной причине наблюдаемой в заметной части случаев автокоррелированности годовых и минимальных объемов стока.