

26-28 мая 1983. - Т.2. - Варна, 1983. - С. 189-198.

12. Методические рекомендации по изучению и прогнозированию подпора подземных вод и переработки берегов водохранилищ Сибири/Сост.: Бейром С.Г., Каскевич Л.Н., Невечера И.К., Широков В.М. - Новосибирск, 1972. - 200 с.

13. Широков В.М., Трофимов А.М., Московкин В.М. Анализ модели динамики берегового склона//Вестник Белорусского ун-та. - Сер.2. 1990. - № 1. - С. 44-49.

14. Широков В.М., Лопух П.С., Левкевич В.Е., Пробокс Я.С. Развитие берегов малых водохранилищ Северо-Запада СССР и особенности их прогноза//Вопросы прикладной геоморфологии. - Минск: Наука и техника, 1988. - С. 42-47.

15. Широков В.М., Московкин В.М. Численное моделирование процессов пляжеформирования и абразии берегов в условиях управления//Вестник Белорусского ун-та. - Сер. 2. - 1987. - №3. - С. 51-55.

16. Аношко В.С., Трофимов А.М., Широков В.М. Основы географического прогнозирования. - Минск: Высшая школа, 1985. - 239 с.

17. Широков В.М., Лопух П.С., Левкевич В.Е. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны. - С.-П.: Гидрометеиздат, 1992. - 163 с.

УДК 551.482.4

В.Е.Валуев, А.А.Волчек
(БрПИ)

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА СТОК МАЛЫХ РЕК

В районах активной хозяйственной деятельности человека трансформация естественного водного режима малых рек достигла критического состояния. Оказались нарушенными режимы стока, уровней, качественные характеристики вод. В принципе разработка научно обоснованных компенсационных мероприятий по восстановлению и повышению полноводности и чистоты водных источников должна базироваться на ретроспективной оценке динамики естественного стока конкретного водотока

и прогнозирования его значений на расчетную перспективу. В аридной зоне в связи с ростом водопотребления на орошение наблюдается четкая тенденция к снижению расходов руслового стока, что несколько упрощает количественную оценку его антропогенной составляющей. В зоне неустойчивого естественного увлажнения, где ведется крупномасштабное строительство осушительно-увлажнительных систем, в различные по водности годы и гидрологические периоды изменения руслового стока не носят однозначного характера. В этих условиях исследование антропогенных воздействий на сток отдельно взятой реки при дискретной оценке расходов воды приводит к искажению как динамики процесса формирования руслового стока, так и получаемых количественных характеристик. Здесь необходим переход от рассмотрения стока как дискретной величины к представлению его в виде непрерывного стохастического поля. Имеется ряд методов и способов учета антропогенных факторов при оценке руслового стока. Широко используется прием восстановления естественного стока с использованием методов водного баланса и аналогии. При этом необходим большой объем качественной информации для расчетных периодов, отражающий в динамике хозяйственную деятельность на водосборной площади, меру ее воздействий на компоненты физико-географической среды и ее производную — водность исследуемой территории. В условиях интенсивного хозяйственного освоения земель почти не осталось водосборов, частично или целиком не затронутых комплексом агротехнических, водохозяйственных, мелиоративных и др. воздействий. Поэтому аналогии не всегда полностью отвечают предъявляемым требованиям. Имеют место также факты прекращения гидрометрических работ на малых реках. В связи с этим использование методов водного или водохозяйственного балансов при исследовании антропогенных изменений стока рек становится проблематичным. Корректная оценка антропогенной составляющей в этом случае возможна лишь в контексте анализа полей стока. Суть подобного подхода заключается в установлении различий пространственно-корреляционных функций (ПКФ), построенных по данным всего поля стока раздельно за периоды "до" и "после" активного антропогенного воздействия на факторы естественной увлажненности территории. Как известно, макроструктура любой исходной гидрологической характеристики (M) с той или иной точностью может быть представлена в виде:

$$M = \dot{M} \pm \Delta M_u \pm \Delta M_m \pm M_a, \quad (1)$$

где \dot{M} — истинная величина гидрологической характеристики, сформированной в условиях естественного увлажнения;

- $\Delta M_{и}$ - ошибка, внесенная в гидрологическую характеристику за счет несовершенства измерительных приборов;
- $\Delta M_{м}$ - ошибка методов измерений и расчетов стока по дискретным величинам;
- $\Delta M_{а}$ - величина влияния на гидрологическую характеристику антропогенных факторов.

С другой стороны, средняя квадратическая суммарная погрешность исходных гидрологических величин (η_M^2) объективно выявляется с помощью отраженной эмпирической пространственной корреляционной функции $R(\rho)$ или временной корреляционной функции $R(\tau)[1]$.

При экстраполированном значении $R(0)$, отвечающем нулевому расстоянию ($\rho = 0$) или нулевому сдвигу во времени ($\tau = 0$), мера случайных погрешностей в исходных данных оценивается по формуле:

$$\eta_M^2 = (1 - R(0)) / R(0)^{-1}. \quad (2)$$

При представлении поля гидрологической характеристики с весьма малым шагом времени или расстояния ($\Delta\tau \ll \Delta\tau^*$ и $\Delta\rho \ll \Delta\rho^*$), т.е. когда ее смежные значения отличаются на величину, существенно меньшую колебаний типа "белого шума", погрешности измерений стремятся к нулю и по формуле (2) рассчитывается практически средняя квадратическая погрешность прибора. Исходя из независимости различных видов погрешностей, считаем, что дисперсия суммарной погрешности определяется как сумма их дисперсий.

Вклад антропогенных воздействий в среднее квадратическое отклонение гидрологической величины определяется как

$$\eta_{\Delta M_a} = (\eta_M^2)^{0,5} (\Delta\eta_{M_{и}}^2 + \Delta\eta_{M_{м}}^2)^{0,5} = \eta_M^2 (R(0) - R(0)^*)^{0,5}, \quad (3)$$

где $R(0), R(0)^*$ - экстраполированное значение отраженной эмпирической пространственной корреляционной функции стока соответственно до и после антропогенных воздействий.

Значимость величины $\eta_{\Delta M_a}$ оценивается по известным статистическим критериям. Если полученное значение не связано со случайными ошибками, то ΔM_a отражает антропогенную составляющую гидрологической характеристики, не искаженную вследствие недостаточности используемого ряда наблюдений или некорректным расчленением его на характерные периоды.

Влияние хозяйственной деятельности на конкретный водосбор устанавливается в ходе анализа изменений парных коэффициентов корреляции.

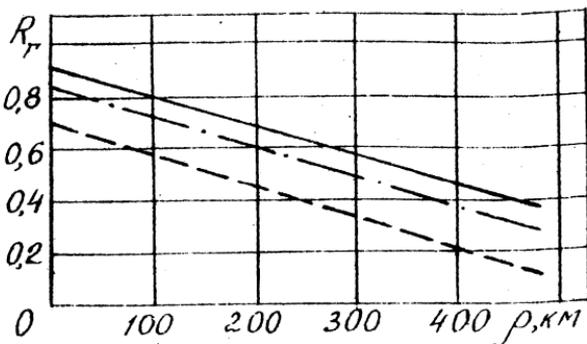
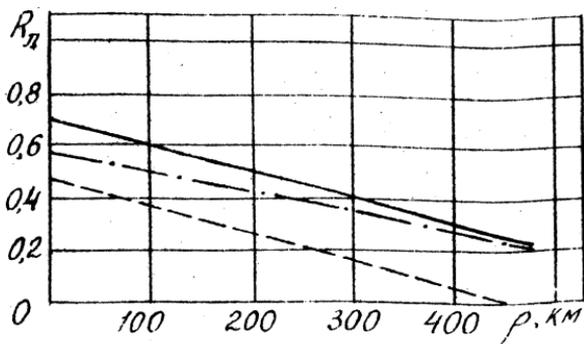
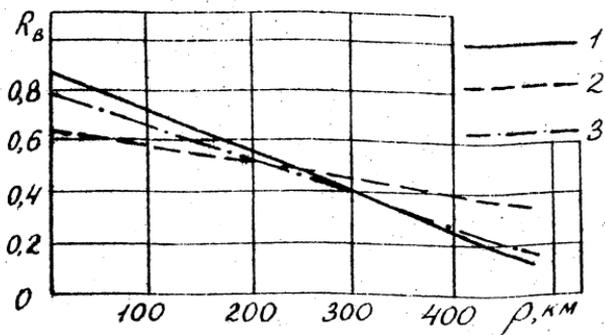
ляции. Случаи обнаружения статистически различных изменений коэффициентов корреляции свидетельствуют о наличии антропогенных воздействий. В развитие данного подхода разработан комплекс программ для ЭВМ, позволяющий на ограниченных стандартных материалах наблюдений по отдельным малым водосборам восстановить полную картину естественного стока в границах интересующей территории. Возможности методики оценены путем численного эксперимента, в котором использованы гидрологические характеристики, имеющиеся по малым рекам Белорусского Полесья (табл. I).

Таблица I

Гидростворы, использованные для построения пространственно-корреляционных функций (ПКФ) стока рек Белорусского Полесья

Река - пост	Площадь водосбора, кв. км
Ясельда - г. Береза	916
Ясельда - с. Сенин	5110
Мөречанка - с. Ставок	118
Бобрік - ст. Парохонск	1450
Цна - с. Дятловичи	969
Лань - с. Локтыши	935
Случь - с. Новодворцы	910
Уборть - с. Злобин	5260
Случь - с. Ленин	4620
Морочь - с. Мацковичи	313
Уборть - с. Тартак	3550
Птичь - с. Лецковщина	2010
Птичь - с. Русаковичи	818
Птичь - ст. Кринка	2010
Гребенка - с. Бирчуки	67
Оресса - с. Верхутино	520
Оресса - п. г. т. Любань	1290
Оресса - с. Андреевка	3580
Иппа - с. Кротов	909
Вить - с. Борисовщина	782
Словечна - с. Кузьмичи	914
Чертеня - с. Некрашевка	445

Представленные в табл. I реки относятся к региону, достаточно полно освещенному гидрологической информацией, а ряд наблюдений ус-



Пространственные корреляционные функции наибольших весенних (R_B), наименьших летних (R_L) и средних годовых (R_T) расходов рек Белорусского Полесья за естественный (1), нарушенный (2) и полный (3) периоды наблюдений

ловно делится на два периода: с момента наблюдений до 1966 г., как начала крупномасштабного мелиоративного строительства, и с 1966 г. по настоящее время.

В исследованиях использованы следующие характерные расходы: наибольшие весенние (В), наименьшие летние (Л) и средние годовые (Г). Их пространственные корреляционные функции за условно выделенные интервалы и в целом за период наблюдений приведены на рисунке. Сравнение ПКФ для периода, не подверженного мелиоративным воздействиям ($R(O)_B = 0,874$; $R(O)_L = 0,687$; $R(O)_Г = 0,873$), с ПКФ для периода крупномасштабного мелиоративного строительства ($R(O)_B^* = 0,737$; $R(O)_L^* = 0,510$; $R(O)_Г^* = 0,712$) указывает на статистически значимые различия между ними ($\Delta R(O)_B = 0,134$; $\Delta R(O)_L = 0,177$; $\Delta R(O)_Г = 0,161$).

Налицо факт антропогенного изменения стока, вызванного крупномасштабными гидромелиоративными работами в Белорусском Полесье. Только исследовав общие закономерности формирования стока в регионе в целом за рассматриваемый период, можно осуществлять воднобалансовые расчеты для конкретных водосборов и интервалов времени. С этой целью нами используется уравнение связи метода гидролого-климатических расчетов [2]:

$$Y_K = (X + W_H - W_K) - Z_M (1 + ((X + W_H - W_K) / Z_M)^n)^{-1/n}, \quad (4)$$

- где Y_K - суммарный климатический сток в расчетном пункте;
 X - атмосферные осадки;
 W_H, W_K - влажность соответственно на начало и конец расчетного интервала времени (декада, месяц);
 Z_M - максимально возможное суммарное испарение (испаряемость);
 n - параметр, учитывающий условия формирования стока в рассматриваемом районе.

Интегрируя Y_K по водосборной площади, можно получить его значение для замыкающего створа. Сравнение суммарного климатического (Y_K) и руслового (Y_p) стока для замыкающих створов позволяет установить пространственно-временную асинхронность процессов их формирования и дать этому явлению количественную оценку:

$$\bar{K}_{ac}(P) = (1 + F)^{0,5\alpha(P)}, \quad (5)$$

где $K_{ac}(P)$ - коэффициент пространственно-временной асинхронности стока;

F - водосборная площадь по замыкающему створу;

$\alpha(P)$ - эмпирический градиент функций пространственной асин-

Таблица 2

Значения градиентов функций пространственной асинхронности (ФПА) стока для Белорусского Полесья

Период года	Значения $\alpha(P) \cdot 10^{-3}$ при обеспеченности	
	P = 75 %	P = 95 %
I	0,06	0,13
II	0,04	0,10
III	0,09	0,05
IV	0,09	0,08
V	0,11	0,26
VI	0,15	0,24
VII	0,25	0,27
VIII	0,36	0,35
IX	0,33	0,29
X	0,20	0,18
XI	0,10	0,20
XII	0,06	0,22
У-УШ	0,18	0,32
IV-X	0,10	0,22
Год	0,06	0,14

хронности (ФПА), приведенный в табл.2.

Переходя от климатического (Y_k) через $K_{ac}(P)$ к русловому стоку, можно получить его "истинное" значение для любого расчетного створа (Y_p'). Причем обнаруженную невязку с измеренным значением (Y_p) по аналогии с (1) необходимо считать величиной влияния на сток антропогенных факторов (ΔY_{pa}).

Восстановленными значениями Y_p' дополняется использованная на первом этапе корреляционная матрица, полученные по ним $R(\rho)'$ сопоставляются с ранее установленными $R(\rho)$ (см. рисунок) и делается общее заключение о точности нахождения стока (Y_p'). Величина ΔY_{pa} , представленная статистической характеристикой, доста-

статочно полно описывает динамику антропогенных воздействий на сток в границах исследуемой территории.

В случае совпадения фаз и меры колебаний статистических структур полей естественных показателей увлажненности территории и их антропогенных составляющих, делается вывод об отсутствии негативного антропогенного влияния на элементы водного баланса в данном бассейне.

При решении комплексной задачи восстановления водности малых рек необходимо, как показывает практика, следующее: выполнить оценку естественной увлажненности водосборных площадей, режимов естественного и трансформированного стока с привлечением отвечающих данной задаче методов и расчетных методик; научно обосновать размещение водопотребителей в границах конкретного водосбора и оптимизировать водораспределение между участниками водохозяйственного комплекса; обеспечить водоотведение на данной территории с использованием активных методов очистки животноводческих и промышленных стоков;

повысить оросительные нормы и объем возвратных вод, повысив их научную обоснованность и КПД мелиоративной сети, принять меры к очистке дренажных вод в условиях гидромелиоративных систем двустороннего действия.

Изложенный подход разработан и апробирован на массовых материалах стандартных метеорологических и гидрометрических наблюдений, он может быть адаптирован к природно-хозяйственным условиям конкретных регионов с неустойчивым естественным увлажнением при использовании комплекса массовых данных, отражающих как естественную увлажненность территории, так и меру влияния хозяйственной деятельности на компоненты физико-географической среды.

Литература

1. Алексеев Г.А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. - Л.: Гидрометеоздат, 1975. - 95 с.
2. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края// Под ред. В.С.Мезенцева. - М.: Колос, 1974. - 240 с.

УДК 627.8:627.41

В.Е.Левкевич
(БелНИЦ "Экология")

СОЗДАНИЕ И ВЕДЕНИЕ КАДАСТРА БЕРЕГОВ НА ОСНОВЕ СУЕД "БЕРЕГОВАЯ ЗОНА РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ"

В настоящее время на территории страны существует более 4 тыс. водохранилищ [1]. Около 75 % из них составляют водохранилища равнинного типа.

Строительство искусственных водных объектов ведет к значительным изменениям в береговой зоне и на примыкающих к водохранилищам территориях. Эти изменения наиболее ярко проявляются в таких негативных процессах, как абразия береговых склонов, оползневые процессы, просадки, эрозия, подтопления и т.д. Нормальная эксплуатация