

Г.Г.Сванидзе (член-корреспондент АН ГССР), Н.А.Бегалишвили, Т. Н.Цинцидзе
О ГИДРОЛОГИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ В РАНДОМИЗИРОВАННЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ОСАДКОВ ИЗ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ

В связи с исследованием возможности искусственного увеличения осадков в бассейнах горных рек Восточной Грузии с целью получения дополнительных водных ресурсов необходимо разработать гидрологические методы оценки эффекта воздействия на облака. Основным планом экспериментов по засеву конвективных облаков кристаллизующим реагентом предусматривался случайный выбор (рандомизация) 12 часового интервала, в течение которого проводилось воздействие или контроль. Таким образом, в качестве экспериментальной единицы (э.е.) были приняты полусутки.

Определить результаты воздействия можно путем сравнения средних значений стока формирующихся осадками опытных (с воздействием) и контрольных (без воздействия) э.е. При этом разность между опытной и контрольной величинами стока (эффект воздействия) может быть оценена на заданном уровне значимости с помощью статистических тестов проверки нулевой гипотезы.

Величина стока W_i соответствующая полусуточным осадкам j -той э.е. определялась интегрированием гидрографа по времени в течение существования ливневого пика. В частности, прежде всего фиксировался расход воды Q_0 в момент начала э.е. Если наблюдалось увеличение стока, то воздействие считалось результативным. Значения расходов Q_i через каждые Δt интервалы (временной шаг интегрирования) удовлетворяли условию $Q_i \geq Q_0, i=1, 2, \dots, n_i$. Объем воды, прошедший через расчетный створ, можно вычислить например, на основе формулы трапеции

$$W_i = \sum_{i=0}^{n_i} \frac{(Q_i - Q_0) + (Q_{i-1} - Q_0)}{2} \Delta t \quad (1)$$

Если наблюдалось уменьшение стока для j -той э.е., то воздействие с случае принималось $W_i = 0$. Хотя, возможно, в результате засева и наблюдалось увеличение осадков, однако их величина и условия формирования стока не привели к увеличению расходов воды в створе.

Суммарный объем стока, осредненный по всем э.е., можно вычислить на основе выражения

$$V_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} W_i}{N_k} \quad (2)$$

где N_k – общее количество э.е. k -той группы. Индекс $k=1$ отнесен к опытной, а $k=2$ – к контрольной группе.

При сравнении стокообразования на опытной и контрольных территориях в (1) необходимо перейти к значениям модуля стока. Величину эффекта воздействия можно статистически оценить по приращению средних объемов (модулей стока) $\Delta V = [V_1 - V_2]$ или по отношению V_1/V_2 .

При реализации изложенной методики необходимо учесть, что в зависимости от условий формирования стока длительность пикового пика на гидрографе может быть различной. Время существования пика может в несколько раз превышать э.е. В этом случае необходимо выделить вклад осадков каждой э.е. в суммарные объемы каждой группы. С этой целью может быть применена математическая модель формирования стока, например генетическая формула стока [1,2].

Рассмотрим оценку эффективности воздействия рандомизированных экспериментов, выполненных в период 1981-1983 гг. на Иорском гидрологическом полигоне (Тианетский район Грузинской ССР). На рис.1 представлен фрагмент наблюдаемого комплексного гидрографа р.Иори для створа с.Леловани, расположенного вблизи места впадения реки в Сионской водохранилище.

Полусуточные осадки были определены путем осреднения данных 12 измерительных пунктов, расположенных на подсобном вышке гидрологического поста. Исходными данными являлись: площадь водосбора $F=494$ км²; длина водотока $L=43$ км; сведения о каждом условном дожде продолжительностью 12 часов и суммарным слоем осадков H_i . Расчетная средняя скорость руслового добега составила $\bar{V} \approx 1$ м/с. Общее время добега равнолось

$$t = L / \bar{V} \approx 12 \text{ часам.}$$

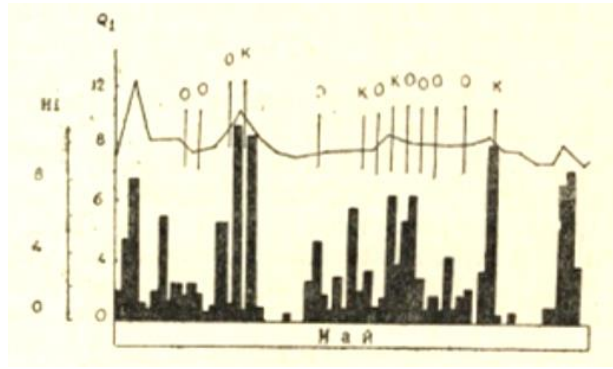


Рис. 1. Комплексный гидрограф р.Иори (створ с.Леловани) за май 1952 г. О – ден своздействием (опыт), К – ден без воздействием (контроль)

Таким образом, для условия Иорского полигона время добегания равно продолжительности э.е. В этом случае при использовании генетической формулы стока (метода изохрон) для построения гидрографа по известному ходу поступления воды на водосборе следует назначить расчетный интервал времени t_0 порядка 2 часов ($t \approx 5 t_0$).

Поэтому необходимо иметь соответствующий график водоотдачи не располагая такими данными, несколько упростим задачу. С учетом коэффициента стока, характеризующего каждый паводочный пик, определим величину стока формирующегося в результате осадков j -той э.е. согласно выражению

$$W_j = \alpha_j H_j F \quad (3)$$

Коэффициент стока можно вычислить по формуле

$$\alpha_j = \frac{V_j}{F \sum_i H_i} \quad (4)$$

где V_j – объем паводочного пика, рассчитанный на основе (2), $\sum_i H_i$ – суммарный слой осадков тех э.е. которые сформировали данный пик. Для контроля точности вычислений были сопоставлены величины объемов паводочных пиков полученные интегрированием наблюдаемого гидрографа (на основе (1)) и рассчитанный по выражениям (3), (4). Расхождение оказалось в пределах 1-2%.

В указанный период количество э.е. составило 101, из них 63 относятся к дням с воздействием и 38 – с контролем. Так как в некоторые э.е. развитие облачности и выпадения осадков наблюдалось ниже створа, то при гидрологической оценке эффекта воздействия данные по этим э.е. были исключены из соответствующих групп. В этих условиях общее количество э.е. составило 85, из них 53 представляют собой опытные и 32 – контрольные полусутки. Оценка по предложенной методике показала увеличение стока р.Иори (осредненного по всем полусуткам) на величину $\Delta V = 43$ тыс. m^3 , что составляет более 10% от контрольного объема стока. Для сравнения укажем, что по дождемерным данным, увеличение средних полусуточных осадков на водосборе в дни с воздействием составлено 0,5 мм, или более 12% от контрольных полусуточных осадков.

Статистическая оценка значимости полученных результатов с применением критерием Стьюдента, отношения правдоподобия и метода выборочных сумм [3,4] показала, что увеличение осадков и стока зафиксировано с доверительной вероятностью до 0,99. Следовательно, необходимо продолжить эксперименты для увеличения числа э.е. и принять меры для уменьшения межгрупповой дисперсии оцениваемых величин.

Закавказский региональный
научно-исследовательский институт
(Поступило 7.6.1984)

ჰიდროლოგია

გ. სვანიძე (საქ. სსრმეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
ნ. ბეგალისვილი, თ. ცინცაზე

რანდომიზირებულ ექსპერიმენტში კონვექტიური ღრუბლიდან ნალექების გაზრდის
ეფექტიანობის დადგენა ჰიდროლოგიური მეთოდის შესახებ

რეზიუმე

ჰიდროლოგიური მეთოდით რანდომიზირებულ ექსპერიმენტში ხელოვნური ზემოქმედებით
ნალექების ეფექტიანობის განსაზღვრისათვის, რეალური კომპლექსური ჰიდროგრაფიდან

საჭიროა გამოიყოს წვლილი საცდელი (ზემოქმედება) და საკონტროლო (უზემოქმედი) ექსპერიმენტული ერთეულებისა. შემდეგ განისაზღვროს ჩამონადენის საშუალო სიდიდეები ორივე ჯგუფში და სხვადასხვა სტატისტიკური ტესტებით დადგენილ იქნეს მათი სხვაობის ან შეფარდების უზრუნველყოფა. იორის საცდელი პოლიგონის მაგალითზე ნაჩვენებია აღნიშნული მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა.

ლიტერატურა -ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES

1. Г.Г. Сванидзе. Математическое моделирование гидрологических рядов. Л., 1977. 296.
2. Л.С. Кучмент, В.Н. Демидов, Ю.Г.Мотовилов. Формирование речного стока. М., 1983. 216.
3. А.В.Булинский, А.Н. Колмогоров. Труды ИПГ, вып. 46, 1961. 69-72.