

ГИДРОЛОГИЯ

А. Н. Важнов

Опыт применения метода М. А. Великанова к прогнозам  
 дождевых паводков на малых реках

Основные зависимости

Прогноз дождевого паводка в основном состоит из предвычисления графика изменений расходов (гидрографа) по осадкам, выпавшим на поверхности водосбора. Как интервал времени, принимаемый при построении гидрографа, так и заблаговременность предвычисления зависят от размеров и особенностей данного водосбора, которые и определяют процесс разработки метода.

Предвычисленный гидрограф в той или иной форме сообщается потребителям для использования в народном хозяйстве.

При выборе основной зависимости расходов воды в интересующем нас замыкающем створе реки от осадков мы остановились на интегральном выражении, предложенном членом-корреспондентом АН СССР М. А. Великановым, [1] следующего вида:

$$Q_t = \int_0^{\tau=t} \frac{\partial \omega}{\partial \tau} h_{t-\tau} e^{-K_1 \tau} d\tau, \quad (1)$$

в котором;  $Q_t$  — расход воды в замыкающем створе в момент времени  $t$  от начала дождя,  $\frac{\partial \omega}{\partial \tau}$  — функция, выражающая изменение площади водосбора по времени добегания  $\tau$ , отсчитываемого от  $\tau = 0$  в замыкающем створе, до  $\tau_{\max}$  в самых удаленных его точках;  $h_{t-\tau}$  — интенсивность осадков, средняя на водосборе, для интервала времени  $(t-\tau)$ ;

$K_1$  — коэффициент инфильтрации почвы, имеющий размерность: единица деленная на время;

$e$  — основание натуральных логарифмов.

Функция  $\frac{\partial \omega}{\partial \tau}$ , в общем случае зависящая кроме времени добегания  $\tau$  также и от времени  $t$ , не может быть выражена аналитически и потому должна быть представлена таблицей, в которой определенному интервалу  $\Delta \tau_j$  соответствует некоторое значение  $\Delta \omega_j$ . Для

отражения изменчивости функции  $\frac{\partial \omega}{\partial \tau} = f(\tau)$  во времени таблицы должны быть получены для различных значений интенсивности дождя-основного фактора, определяющего эту изменчивость. Интенсивность дождя  $h$  также может быть выражена или в виде графика или в виде таблицы в некоторых конечных интервалах времени. В результате, вычисление интеграла в уравнении (I) заменяем суммированием по формуле:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta \omega_j h_{i-j+1} e^{-k_i \tau_j} \quad (II)$$

где  $i$  — интервал времени  $t$  от начала дождя,  $j$  — интервал времени добегания  $\tau$ , причем  $\Delta t$  и  $\Delta \tau$  по абсолютной величине равны.

### Вычисление значений функций $\frac{\partial \omega}{\partial \tau} = f(\tau)$ для р. Касах у сел. Аштарак (Армянской ССР)

Предвычисление паводков по осадкам по вышеприведенной схеме проделано для р. Касах до с. Аштарак ( $F=934 \text{ км}^2$ ).

При выборе реки мы руководствовались в основном двумя соображениями: а) наличием лимниграмм уровня воды и б) наличием достаточных метеорологических наблюдений.

По р. Касах до с. Аштарак мы имели лимниграммы за 1937 г.; наблюдения за осадками велись на 5 станциях и 5 постах. Расположение станций и постов не вполне удачно. Так, из 5 станций лишь 2 — Апаран и Аштарак — находятся внутри водосбора, а 3 остальные: Алагез в/г, Кошабулаг и Егвард расположены или на водоразделе, или вне водосбора. Что касается постов, то осадки по ним наблюдались менее точно, а время начала и конца дождя или вовсе не отмечалось, или отмечалось пределами обычных сроков наблюдений.

Для получения таблиц значений функций  $\frac{\partial \omega}{\partial \tau} = f(\tau)$  были построены системы изохрон-линий равного времени добегания для различных интенсивностей дождя, с учетом потерь на инфильтрацию. Всего было построено 4 системы изохрон для следующих типовых интенсивностей: 0,01 мм/мин., 0,05 мм/мин., 0,1 мм/мин. и 1,0 мм/мин., в часовых интервалах.

В основу построения была положена карта в изогипсах бассейна р. Касах, масштаба 1:25.000.

Порядок вычислений был принят следующий. На плане водосбора нормально изогипсам намечались вероятные пути овражного стекания осадков от водораздела до постоянных водотоков. Для каждого элементарного лога по заданной интенсивности дождя вычислялись расходы воды для ряда точек по длине лога, а по ним — сред-



ние скорости течения (формулы см. ниже), от которых уже не трудно было перейти и ко времени стекания.

Значения времени стекания были нанесены на план против соответствующих точек и по ним были проведены линии равного времени стекания через часовые интервалы. В результате была получена система изохрон добегаания по логам до постоянных русел.

Далее, в точках впадения сухих логов в русла надписывались значения расходов воды, которые суммировались от истоков основного русла к устью, и по полученным величинам, по соответствующим формулам были вычислены скорости течения в основном русле. По известным скоростям и расстояниям по длине русла было вычислено время добегаания по руслу и построена вторая система изолиний—система линий, равного времени добегаания до избранного замыкающего створа.

Таким образом полное время добегаания от любой точки бассейна складывается из 2-х частей: стекания по сухим овражкам и логам и стекания по постоянному руслу. В первой фазе стекание носит также струйчатый характер, но здесь шероховатость играет большую роль, и потери осадков также значительно больше, чем в руслах. Что касается плоскостного склонового стекания, то, как известно, оно имеет место на относительно незначительной длине склонов и практически его можно не выделять из струйчатого овражного стекания.

Рассмотрим формулы, использованные при вычислениях.

Скорости течения вычислялись по формулам:

для стекания по логам:

$$U = 2,6 q^{1/4} i^{1/2} \quad (III)$$

для русел

$$U = 3,8 q^{1/4} i^{1/2} \quad (IV)$$

Обе формулы получены в результате преобразования формулы Шези, при принятии постоянных по всей длине русла значений коэффициента шероховатости  $n$  по Маннингу, равным: для сухих логов 0.10 и для русел 0.06.

Значения коэффициента шероховатости получены по замеренным расходам на р. Касах и на соседних реках.

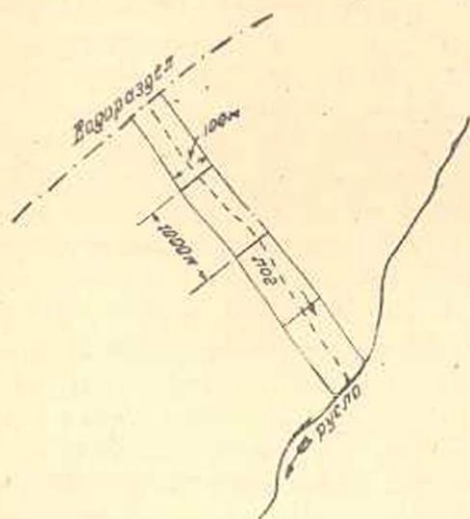
Попутно отметим, что рекомендованная М. А. Великановым [1] формула для Валдайского лога:

$$U = 4,4 q^{1/4} i^{1/2}$$

отличается величиной коэффициента в соответствии с меньшей шероховатостью ( $n=0,05$ ).

Для вычисления расходов воды в сухих логам последние были

разбиты условно на участки длиной в 1000 м (см. черт. 1), начиная от водораздела и кончая устьем данного лога. Поступление воды



Черт. 1. Схематическое деление лога при вычислении расхода дождевого стока.

в замыкающий створ каждого участка, очевидно, складывается из притока с вышележащего участка, по руслу и стекания со склонов лога, примыкающих к данному участку русла. При этом, как объем воды, поступившей по руслу, так и объем стока по склонам должны быть уменьшены на величину потерь на инфильтрацию.

Математически расчет расходов воды в замыкающих створах отдельных участков выражается следующей формулой:

$$q_i = hf_i + q_{i-1} e^{-2,5 K_0 t_{i-1}} \quad (V)$$

где  $q_i$  — расход воды в замыкающем створе  $i$ -той от водораздела площадки,

$q_{i-1}$  — расход с вышерасположенной площадки,

$h$  — принятая постоянная интенсивность дождя,

$f_i$  — площадь элементарной площадки,

$K_0$  — наименьшее значение коэффициента инфильтрации для данной почвы в насыщенном состоянии,

$t_{i-1}$  — время стекания по вышерасположенной площадке,

$e$  — основание натуральных логарифмов.

Полученные описанным способом системы изохрон планиметрировались, в результате чего составлены таблицы площадей вида табл. 1, которые и послужили основанием для расчета паводков.

### Учет потерь осадков на инфильтрацию

В подынтегральном выражении уравнения (I) коэффициент  $K_1$ , характеризующий инфильтрационную способность данного рода почвы, в общем случае должен рассматриваться переменным во времени. Величина  $K_1$  варьирует в зависимости от структуры верхнего почвенного слоя, задернованности, состояния растительного покрова, но главным образом в зависимости от напитанности почвы предшествующими дождями. Последняя, как известно, резко меняется в



Таблица 1

Таблица площадей бассейна р. Кзсах до с. Аштарак (в км<sup>2</sup>)

Интенсивность дождя 0,1 мм/мин

$$K_0 = 0,5 \frac{1}{\text{час}}$$

| Время пробега по руслу до замык. створа в часах. | Время добегания по склону в часах |     |     |     |     |     |     | Площади между изохронами до замык. створа в км <sup>2</sup> |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------|
|                                                  | 0-1                               | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 |                                                             |
| 0-1                                              | 11                                |     |     |     |     |     |     | 11                                                          |
| 1-2                                              | 18                                | 4   |     |     |     |     |     | 22                                                          |
| 2-3                                              | 20                                | 10  | 4   | 2   |     |     |     | 36                                                          |
| 3-4                                              | 40                                | 8   |     |     |     |     |     | 48                                                          |
| 4-5                                              | 52                                | 16  |     |     |     |     |     | 68                                                          |
| 5-6                                              | 72                                | 18  |     |     |     |     |     | 90                                                          |
| 6-7                                              | 78                                | 20  | 3   |     |     |     |     | 101                                                         |
| 7-8                                              | 64                                | 24  | 10  |     |     |     |     | 98                                                          |
| 8-9                                              | 50                                | 25  | 10  |     |     |     |     | 85                                                          |
| 9-10                                             | 48                                | 18  | 4   | 2   |     |     |     | 72                                                          |
| 10-11                                            | 29                                | 22  | 8   | 3   |     |     |     | 62                                                          |
| 11-12                                            | 35                                | 18  | 6   | 1   |     |     |     | 60                                                          |
| 12-13                                            | 35                                | 18  | 2   |     |     |     |     | 55                                                          |
| 13-14                                            | 27                                | 12  | 4   | 1   |     |     |     | 44                                                          |
| 14-15                                            | 8                                 | 7   | 4   | 4   |     |     |     | 23                                                          |
| 15-16                                            | 5                                 | 4   | 3   | 3   | 2   | —   | —   | 18                                                          |
| 16-17                                            | 2                                 | 2   | 2   | 4   | 4   | 2   | —   | 16                                                          |
| 17-18                                            | —                                 | 3   | 1   | 3   | 5   | 3   | 1   | 16                                                          |
| 18-19                                            | —                                 | —   | 1   | 1   | 4   | 5   | 4   | 15                                                          |
| 19-20                                            |                                   |     |     |     |     | 1   | 3   | 4                                                           |

течение данного непрерывного дождя. Поэтому величину  $K_1$  удобно выражать в функции времени, отсчитываемого от начала паводкообразующего дождя.

Для выражения функции  $K_1 = f(t)$  на основании экспериментальных данных по инфильтрации почв, была подобрана приближенная зависимость, достаточно гибкая, чтобы отразить изменчивость потерь во времени.

Как известно, интенсивность инфильтрации очень высокая в первый момент, резко убывает в течение дождя, стремясь к некоторому наименьшему для данной почвы пределу, после чего, при продолжающемся дожде, остается постоянной. Изменение коэффициента  $K_1$ , естественно, подчиняется тому же закону.

Момент перехода  $K_1$  к постоянному пределу, даже для одного и того же рода почвы, будет меняться в зависимости от степени увлажнения почвы перед дождем.

В условиях Армении, где имеют большое распространение сильно фильтрующие породы, начальные значения коэффициента, очевидно, будут особенно высоки.

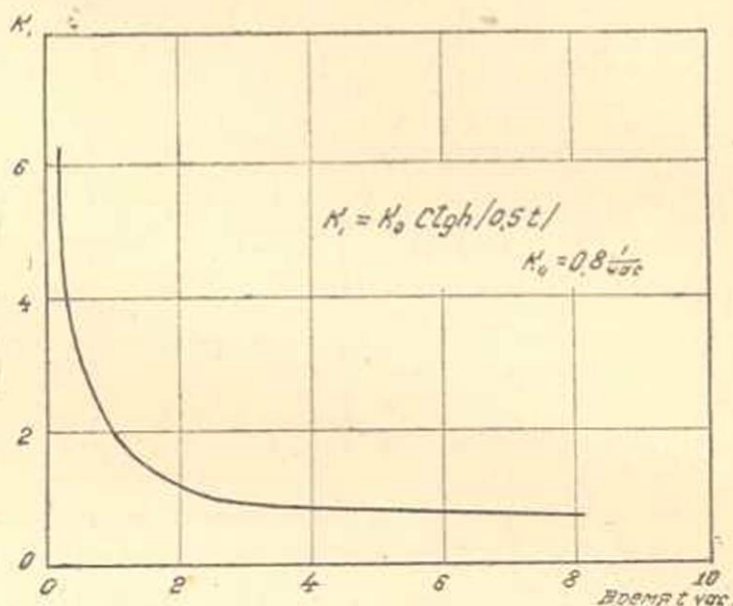
Исходя из сказанного, нами подобрано следующее выражение для  $K_1$ :

$$K_1 = K_0 \operatorname{ctgh}(zt), \quad (\text{VI})$$

где  $t$  — время от начала дождя;  $K_0$  — постоянное для данной почвы наименьшее значение коэффициента;

$\alpha$  — параметр, определяющий момент перехода от переменных значений  $K_1$  к его постоянному значению.

На черт. 2 показана кривая гиперболического котангенса при  $\alpha = 0,5 \frac{1}{\text{час}}$ , что соответствует переходу коэффициента инфильтрации  $K_1$  к постоянному его значению, спустя 4 часа от начала дождя, так как  $Ctgh(\alpha t)$  уже при  $(\alpha t) = 2$  практически равен единице.



Чертеж 2. Кривая зависимости коэффициента инфильтрации от времени.

Практическое полевое определение параметров  $K_0$  и  $\alpha$  может быть осуществлено в результате дождевания малых прямоугольных площадок с однородными почвенными и морфологическими характеристиками. При заданной интенсивности дождевания, известных размерах и уклоне площадки и замеренном расходе у нижней кромки площадки можно вычислить интенсивность инфильтрации, а затем параметры  $\alpha$  и  $K_0$ , пользуясь уравнением (I), упрощенным применительно к данному случаю.

При расчетах для р. Касак были использованы имевшиеся в литературе материалы и по ним определены приближенные значения  $K_0$  и  $\alpha$  для нескольких родов почв:

Водосбор Касаха, на преобладающей части до створа у Аштарак занят черноземовидными почвами на суглинках и наиболее вероятные значения  $K_0$  — от  $0,5$  до  $1,0 \frac{1}{\text{час}}$ .



|                                                       | $K_0$                          | $\alpha$ |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1. Песчано-глинистая почва<br>(по данным ЦИП)         | $0,2-0,3 \frac{1}{\text{час}}$ | —        |
| 2. Чернозем (по данным ЦИП)                           | $0,8-0,9$                      | —        |
| 3. Тяжело-суглинистая почва<br>(ВНИИЛХ)               | $0,4$                          | 1,2      |
| 4. Техасский чернозем (по данным<br>США)              | $0,6-1,0$                      | 2,0      |
| 5. Глина, поверхность задерживаема<br>(по данным США) | $0,8-0,6$                      | 1,0      |

### Вычисления гидрографов паводков р. Касах по осадкам

Для того, чтобы оценить точность предвычисления паводков по вышеприведенным зависимостям были использованы наблюдения за осадками в течение лета 1937 года. За этот период имелось около 20 гидрографов, построенных по лимниграммам в часовых интервалах.

Для вычисления ординат гидрографа паводка по основным формулам:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta \omega_j h_{i-j+1} e^{-K_0 \tau_j}$$

$$K_0 = K_0 \operatorname{ctgh} (\alpha t_{i-j+1}) \quad (\text{VII})$$

интенсивность дождя вычислялась следующим образом.

Суммы осадков для каждого дождя, с указанием начала и конца его, с точностью до 14 часа, по пяти станциям и двум постам, наиболее характерным для водосбора р. Касах до с. Аштарах, были выписаны в специальную таблицу. Для каждого дождя вычислено среднее по территории время начала и конца его и, следовательно, средняя продолжительность. Для каждой станции, далее, вычислялась средняя интенсивность осадков в течение дождя, которая помещалась на вес данной станции, определяемый тяготеей к ней площадью водосбора; сложение результатов по всем станциям дало среднюю интенсивность для всего водосбора. Средняя длительность дождя для удобства дальнейших вычислений округлялась до целого часа.

Значения параметров  $K_0$  и  $\alpha$ , согласно предыдущему, для условий преобладания черноземовидных почв бассейна Касаха, окончательно нами приняты:  $K_0 = 0,8 \frac{1}{\text{час}}$  и  $\alpha = 0,5 \frac{1}{\text{час}}$ , что хорошо совпадает с данными М. А. Великанова [2]. Значение  $\alpha = 0,5 \frac{1}{\text{час}}$  показывает,

что в условиях бассейна Касаха при интенсивном высыхании почвы между дождями и большой трещиноватости пород нижний предел инфильтрационной способности наступит не раньше, чем через 3—4 часа от начала дождя.

После подстановки значений параметров основные расчетные формулы получают следующий вид:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta \omega_j h_{i-j+1} e^{-k_i t_j}$$

$$K_i = 0,8 \operatorname{Ctgh} (0,5 t_{i-j+1}), \quad (\text{VIII})$$

где индекс  $i$  — означает номер часа, отсчитываемого от начала дождя, для которого вычисляется секундный расход воды в замыкающем створе, а индекс  $j$  — номер часовой изохроны, площадь до которой участвует в формировании расхода. В соответствии с величиной средней интенсивности дождя  $h$  выбирается та или иная система изохрон, вернее, соответствующая ей таблица площадей.

Потери учитывались только в фазе стекания по сухим логом до русел.

Гидрографы, вычисленные с учетом грунтового стока для 20 случаев дождей за лето 1937 года, были нанесены на графики фактических паводков, построенные по лимниграммам; там же были нанесены и графики паводков, построенные по обычным 3-срочным уровенным наблюдениям (черт. 3). Составлены также таблицы сравнения вычислений максимальных расходов и объемов паводков с фактическими величинами (табл. 2 и 3).

Средняя ошибка объемов паводков, вычисленная по данным таблиц 2 и 3, составила  $\pm 29\%$  от величины объемов, а для максимальных расходов она равна  $\pm 25,4\%$ , в то время как ошибки величины, вычисленных по фактическим же, но речным наблюдениям, в сравнении с точными лимниграфными, соответственно составили  $\pm 45\%$  и  $58\%$ . Другими словами, точность вычислений по формулам в 2—2,5 раза выше точности фактических речных наблюдений.

Если ошибки вычислений по формулам относить не к абсолютным величинам расходов или объемов, а к расчетным амплитудам, как то принято делать в гидрологических прогнозах, то получим следующие результаты:

а) при амплитуде максимальных расходов около  $60 \text{ м}^3/\text{сек}$  (см. табл. 2) для 10 первых паводков ошибки не превышают  $8-9\%$ , а лишь в одном случае ошибка равна  $37\%$ ;

б) для объемов паводков в 10 случаях из 11 ошибки не превосходят  $12\%$  от амплитуды и лишь в одном случае ошибка равна  $23\%$ .

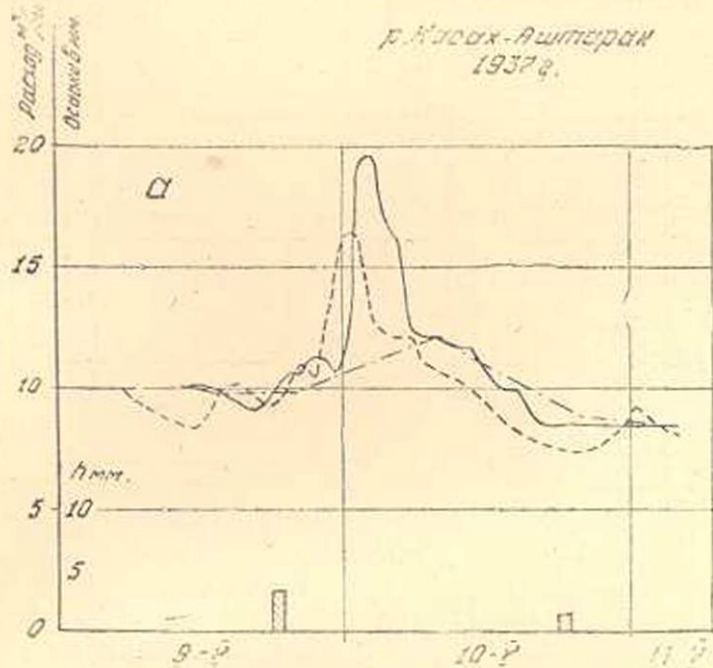
Полученные результаты с практической точки зрения являются вполне удовлетворительными.

Обратимся теперь к графикам 3, 4 и 5. Несовпадение вычисленных гидрографов с фактическими выражается в следующем:



а) рассчитанный пик наблюдается на 1—3 часа позже фактического;

б) кривая подъема у рассчитанных паводков положе, чем у фактических и потому общая продолжительность паводка несколько преуменьшена.



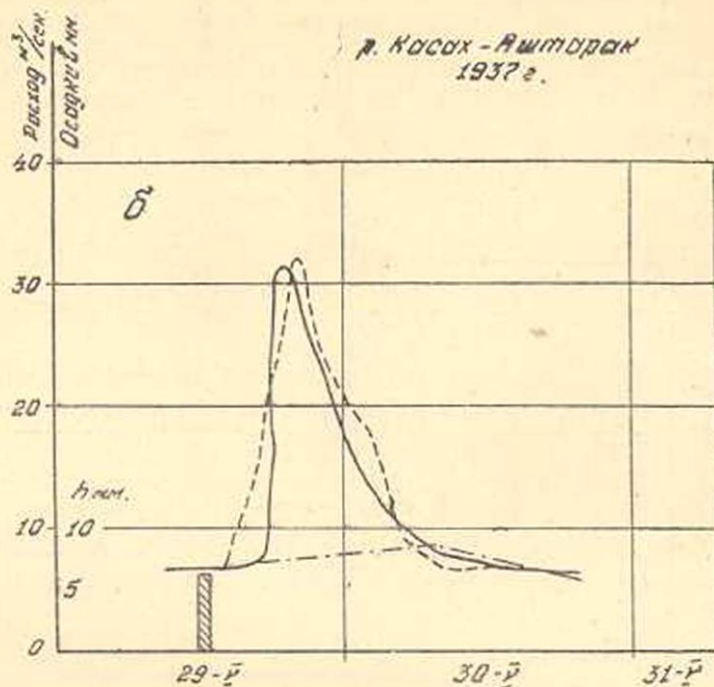
Чертеж 3 а. Гидрографы дождевых паводков  
р. Касах у с. Аштарак.

— Фактические по лимниграфу,  
— — — — — вычисленные по формулам,  
— · — · — — вычисленные по речным наблюдениям.

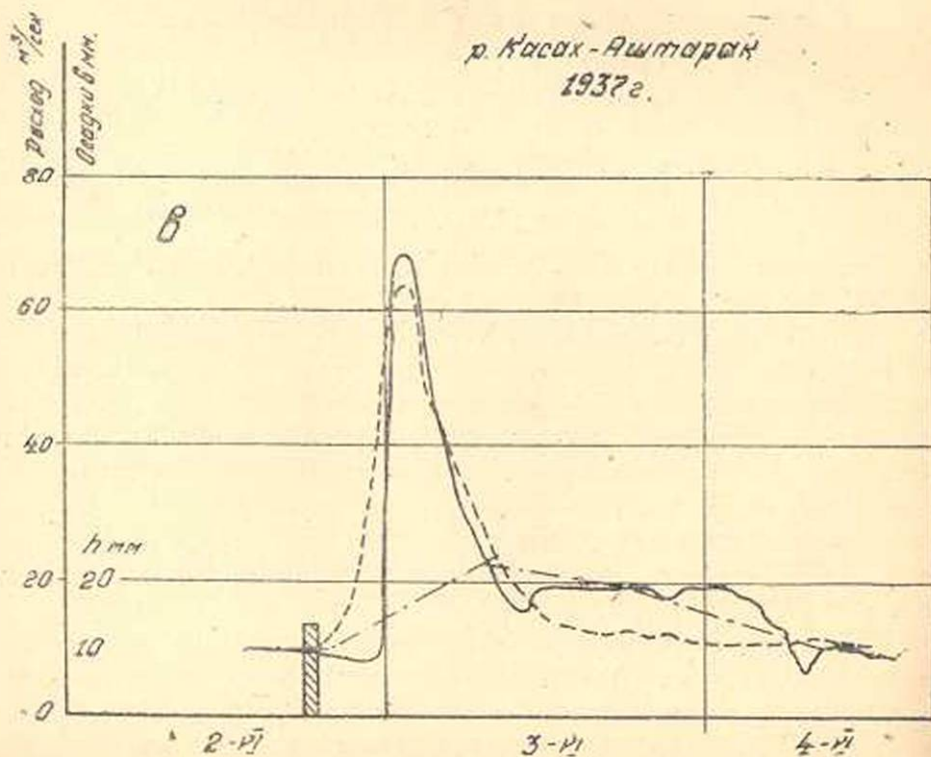
Указанные расхождения легко объяснить, исходя из закономерностей развития и движения паводочной волны.

Первые два отклонения являются результатом воздействия русел на форму паводка, которое сказывается в некотором замедлении продвижения фронта волны по сравнению с гребнем, при движении ее по частично сухому руслу с повышенной шероховатостью. В результате этого кривая подъема становится круче, а пик сдвигается к передней части. Опоздывание начала подъема объясняется также и повышенной инфильтрационной способностью почвы в начале дождя, в результате чего первые порции осадков полностью уходят в почву.

Последнее отклонение объясняется регулирующим воздействием поверхности водосбора и русел, в результате чего часть воды задерживается или в виде, так называемого, «внутрипочвенного стока», или русловой емкостью, и присоединяется к паводку на глубоком спаде.

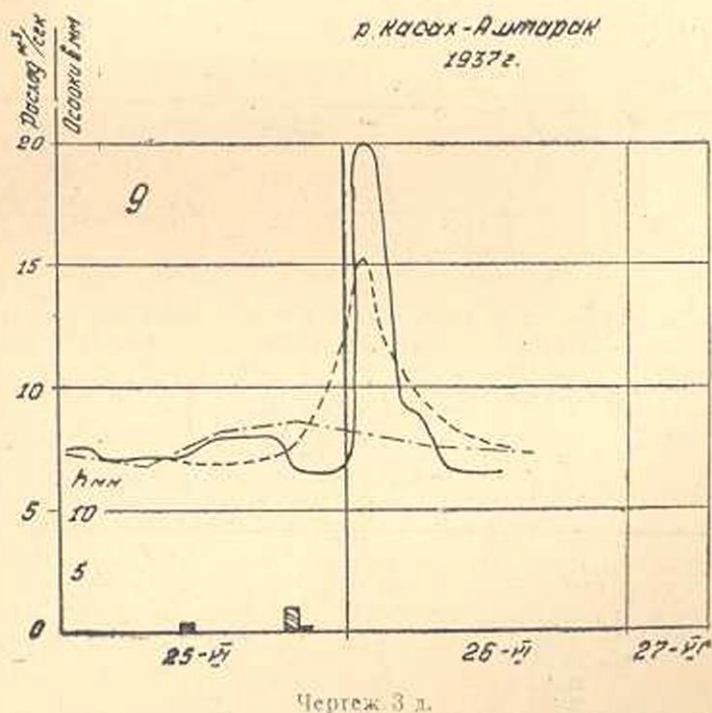
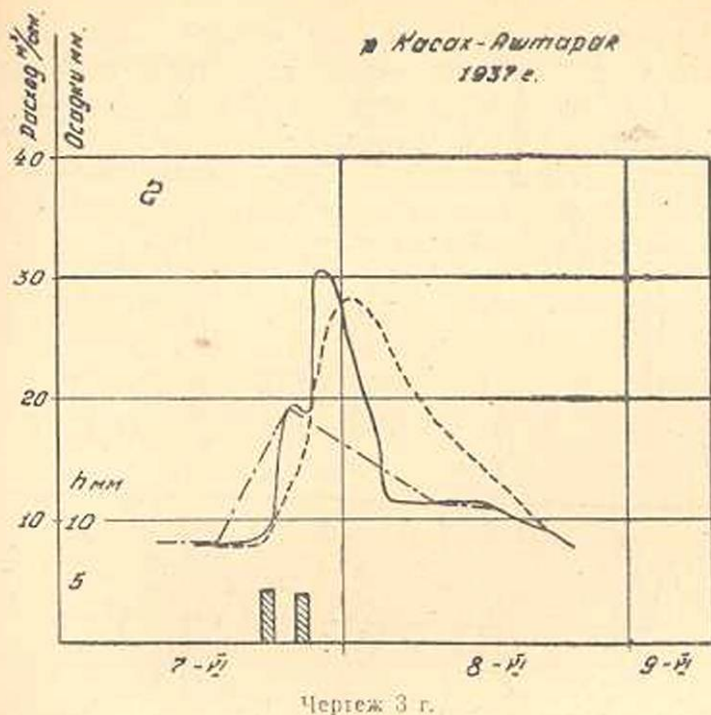


Чертеж 3 б.



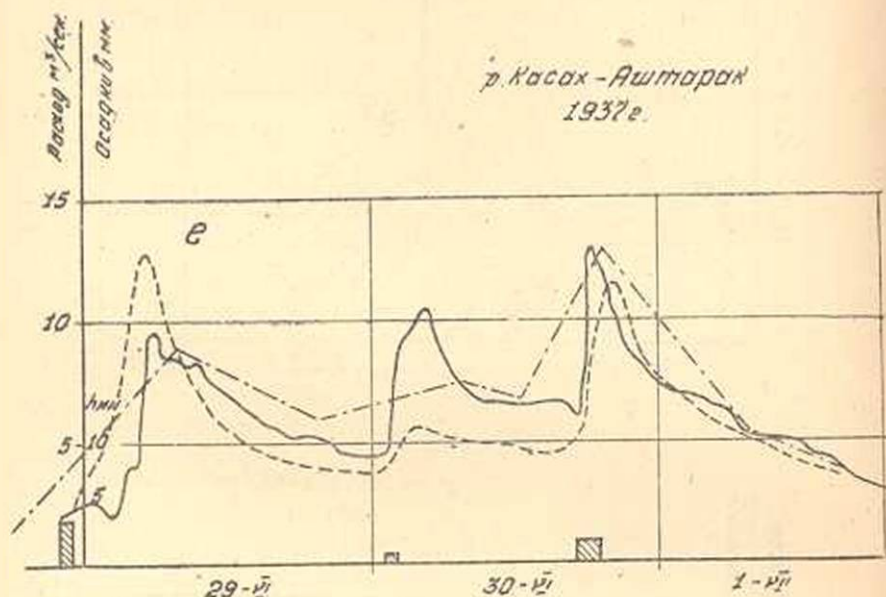
Чертеж 3 в.





Явление „внутрипочвенного стока“, которое неоднократно отмечалось в работах, например, Валдайской гидрологической станции, очевидно, имеет место и в нашем случае.

Если сопоставить время выпадения осадков с моментом прохождения пика соответствующего паводка, то интервал между ними составляет 6—10 часов в условиях такого водосбора, как бассейн р. Касак, площадью 945 км<sup>2</sup>. Время, необходимое для составления самого прогноза в среднем равно 3/4 часа. Таким образом заблаговременность прогнозов пиков для р. Касак до с. Аштарак для обобщенных дождей не превосходит 5—9 часов.



Чертеж 3 е.

Таблица 2

Сравнение максимальных расходов паводков, вычисленных по формуле, с фактическими по лимниграфу р. Касак—с. Аштарак

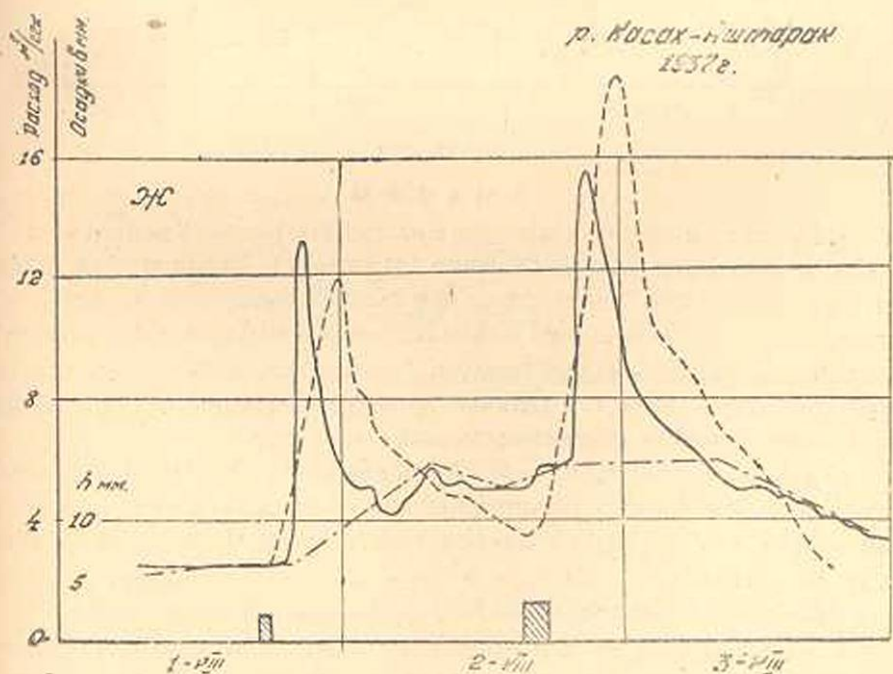
| № п/п | Дата           | Максимальный расход в м³/сек. |              | Ошибки Q <sub>пик</sub> в м³/сек. | Ошибки в % к расходу |
|-------|----------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------------|
|       |                | Вычисленный.                  | Фактический. |                                   |                      |
| 1     | 1937 г. 9—10/V | 16,5                          | 19,5         | —3,0                              | 15,4                 |
| 2     | 29—30/V        | 32,0                          | 31,5         | +0,5                              | 1,6                  |
| 3     | 2—3/VI         | 63,5                          | 68,0         | —4,5                              | 6,6                  |
| 4     | 7—8/VI         | 28,5                          | 30,5         | —2,0                              | 6,6                  |
| 5     | 25—26/VI       | 15,0                          | 20,0         | —5,0                              | 25,0                 |
| 6     | 29/VI          | 13,0                          | 9,5          | +3,5                              | 36,9                 |
| 7     | 30/VI          | 5,5                           | 10,5         | —5,0                              | 47,6                 |
| 8     | 30/VI—1/VII    | 11,5                          | 13,0         | —1,5                              | 11,5                 |
| 9     | 1—2/VIII       | 12,0                          | 13,0         | —1,0                              | 7,7                  |
| 10    | 2—3/VIII       | 18,5                          | 15,5         | +3,0                              | 19,3                 |
| 11    | 15—16/VIII     | 38,0                          | 60,0         | —22,0                             | 36,7                 |



Таблица 3

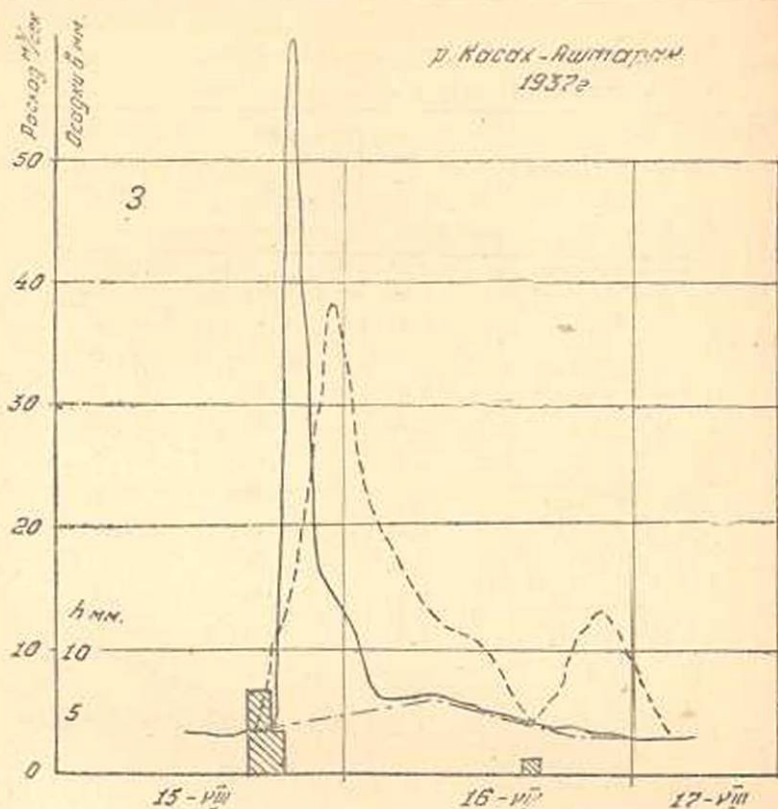
Сравнение объемов паводков, вычисленных по формуле, с фактическими по лимниграфу р. Касах—с. Аштарак

| № п/п | Д а т а        | Объем паводков<br>в милл. м <sup>3</sup> |                  | Ошибки<br>в милл. м <sup>3</sup> | Ошибки<br>в % к<br>величине<br>объема |
|-------|----------------|------------------------------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
|       |                | Вычислен-<br>ный                         | Фактиче-<br>ский |                                  |                                       |
| 1     | 1937 г. 9-10/V | 4,05                                     | 5,01             | -0,99                            | 19,6                                  |
| 2     | 29-30/V        | 6,84                                     | 6,12             | +0,72                            | 11,8                                  |
| 3     | 2-3/VI         | 20,3                                     | 20,5             | -0,18                            | 0,9                                   |
| 4     | 7-8/VI         | 8,64                                     | 6,48             | +2,16                            | 33,4                                  |
| 5     | 25-26/VI       | 2,88                                     | 2,61             | +0,27                            | 10,3                                  |
| 6     | 29/VI          | 3,78                                     | 3,28             | +0,50                            | 15,2                                  |
| 7     | 30/VI          | 1,30                                     | 2,43             | -1,13                            | 46,5                                  |
| 8     | 30/VI-1/VII    | 4,14                                     | 4,76             | -0,62                            | 13,0                                  |
| 9     | 1-2/VIII       | 2,95                                     | 2,55             | +0,40                            | 15,6                                  |
| 10    | 2-3/VIII       | 5,54                                     | 4,46             | +1,08                            | 24,2                                  |
| 11    | 15-16/VIII     | 11,4                                     | 7,20             | +4,20                            | 58,4                                  |



Чертеж 3 ж.

При хорошо поставленной информации об осадках прогнозы такой заблаговременности могут иметь большое практическое значение.



Чертеж 3 в.

### Выводы

1. Прогноз дождевых паводков на горных реках Армянской ССР, на основе изучения взаимодействия стекающих осадков с подстилающей поверхностью земли, даже при существующем не вполне удовлетворительном размещении гидрометеорологической сети, является практически вполне осуществимым. Необходимым условием для выпуска прогнозов является наличие прямой телефонной связи метеорологических пунктов с прогностическим центром.

2. Генетический метод М. А. Великанова отражает основные закономерности процесса формирования паводков и представляется правильным и практически приемлемым. Преимущество метода Великанова заключается также и в том, что он открывает перспективы дальнейшего исследования природы паводков вообще.

3. Разработка и проверка метода вполне подтвердили правильность новой схемы учета влияния потерь на инфильтрацию на форму и размеры паводка, предложенной Великановым. Потери осадков должны рассматриваться в функции от времени стекания. Коэффициент инфильтрации  $K_i$  меняется в течение дождя, переходя от больших значений в начале, к малым устойчивым значениям спустя 2—4 часа.

4. Для выражения изменчивости коэффициента инфильтрации с



течением времени, в специфических условиях Армении, нами рекомендуется зависимость вида:

$$K_1 = K_0 \operatorname{ctgh} (\alpha t),$$

которая вполне оправдала себя в условиях р. Касах. Параметры  $K_0$  и  $\alpha$  для различных почвенно-геологических условий могут быть получены в результате полевых экспериментов.

5. Для водосборов площадью от нескольких сот до нескольких тысяч км<sup>2</sup>, аналогичных бассейну р. Касах, при построении системы изохрон добегаания, плоскостное стекание можно не отделять от стекания по логам, так как оно происходит на сравнительно небольшой длине склонов и существенного влияния на общее время добегаания не оказывает. Так как изъятие воды на инфильтрацию в фазе стекания по склонам и сухим логам дает наибольшую долю общих потерь осадков, вычисление скоростей стекания при построении системы изохрон должно производиться с учетом этих потерь.

6. Совершенствование методики прогноза дождевых паводков должно идти по двум направлениям:

а) по пути развития и обогащения метеорологических и гидрологических наблюдений, и

б) по пути исследования природы инфильтрации осадков и законов трансформации паводковой волны под влиянием рельефа, геологии и русловой сети бассейна.

Оба эти фактора являются определяющими в паводкообразовании.

Поступило 7 XII 1948.

Водно-Энергетический Институт  
Академии Наук Армянской ССР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Великанов — Прогнозирование дождевых паводков для малых бассейнов. ДАН Арм. ССР, IV, вып. 1, 1946.
2. М. А. Великанов — Теоретические основы предвычисления гидрографа дождевого паводка. „Метеорология и Гидрология“ № 1, 1948.

Ա. Ն. Վաճճյան

ՓՈՔՐ ԳԵՏԵՐԻ ԱՆՁՐԵՎԱՅԻՆ ՎԱՐԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՊՐՈԳՆՈԶԻ  
ՀԱՄԱՐ Մ. Ա. ՎԵԼԻԿԱՆՈՎԻ ՄԵԹՈԴԻ ԿՐԱՌՄԱՆ ՓՈՐՁԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հեղինակն իրեն նպատակ է դրել մշակել Հայաստանի բնության գետերի անձրևային վարարումների պրոգնոզի մեթոդը՝ հիմնված Մ. Ա. Վելիկանովի բնական տեսական սխեմայի վրա: Ամառային վարարումների պրոգնոզները հիմնվում են հիդրոմետեոլոգիայի տեղումների մասին ստաց-

ված տեղեկությունների վրա: Այդ պրոզնոզները հիմնականում անհրաժեշտ են հիգրոէներգետիկայի համար:

Մ. Ա. Վելիկանովի սխեմայի կիրառությունը պահանջեց մի շարք այլ հարցերի մշակում, որոնցից հիմնականները հետևյալներն են. 1. տեղումներից առաջացած ջրերի անցման իզոթերմների կառուցման ձևի մշակումը, 2. կորուստների փոփոխականության հետազոտումը և կորուստների ինտենսիվություն, որպես հոսելու ժամանակի ֆունկցիայի անալիտիկ արտահայտությունը, 3. հողի ինֆիլտրացիայի գործակիցների բնորոշությունը:

Աշխատանքում արված է տեղումներից առաջացած ջրի անցման ժամանակը հաշվելու նոր սխեմա մինչև 1000 քառ. կմ ջրահավաք մակերևւոյւթի ցանկացած կետի համար և իզոթերմների սխեմայի կառուցումը չոր կլիմայի և դետերի նոսր ցանցի պայմաններում:

Հոսքի կորուստների հետազոտությունը ցույց տվեց, որ ինֆիլտրացիայի գործակիցն անձրևի ընթացքում պետք է դիտվի որպես փոփոխական և փոփոխականության լավագույն արտահայտություն հանդիսանում է հիպերբոլիկ կոտանգենտի օրենքը: Ինֆիլտրացիայի գործակիցը հաշվելու բանաձևի համար որոշված են պարամետրները:

Քառախ դետի օրինակի վրա մեթոդի ստուգումը տվեց բավարարարդյունք: Բանաձևով հաշված վարարման հիգրոգրաֆի լիմիդրաֆոզ կառուցած իրական հիգրոգրաֆների հետ համեմատելիս 11 դեպքից 10-ում մաքսիմալ ելքի սխալները վարարման ժամանակ ելքի փոփոխման ամպլիտուդի 8—9% էից ավելի չէին, իսկ վարարումների ծավալի համար՝ 12% չզերազանցեցին:

Թե մեկ և թե մյուս դեպքում արդյունքները բավարարում են պրոզնոզի պայմաններին, այսպիսով հնարավոր է մեթոդիկան հաջողությամբ կիրառել Հայաստանի դետերի համար կարճատև պրոզնոզ տալիս:

