

**ОТРАЖЕНИЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕТОДЕ ГИДРОЛОГО-  
КЛИМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ**  
**REFLECTION OF ECOSYSTEM PROCESSES IN THE METHOD OF HYDROLOGO-  
CLIMATIC CALCULATIONS**

С.Г. Копысов

S.G. Kopysov

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

Томский государственный университет

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological systems SB RAS

Tomsk State University

[wosypok@mail.ru](mailto:wosypok@mail.ru)

*Почва – это природная система, сформировавшаяся в результате взаимодействия потоков энергии и вещества. Также исследователи давно подчеркивают важную роль почв и почвенного покрова в формировании стока, но приемлемого практического метода расчета величины стока в зависимости от свойств почв предложено не было. Наиболее перспективным методом расчета элементов водного баланса с экосистем представляется метод гидролого-климатических расчетов (ГКР).*

*Для учета ландшафтных условий при вычислении элементов водного баланса по методу ГКР используются специальные параметры. Зная минимально необходимую климатическую и экосистемную информацию, можно выполнить расчет среднесезонного испарения и стока для любого ландшафтного элемента, и наоборот.*

*Экосистемные процессы, метод ГКР, почвенный покров, сток воды, растительность*

Варфоломей Семенович Мезенцев, в свое время работавший счетоводом-бухгалтером, в 1957 году предложил математическую модель теплообмена между деятельным слоем почвогрунта и атмосферой, получившую название метода гидролого-климатических расчетов (метод ГКР). Метод ГКР стал основой для широко используемого «Гидролого-климатического районирования территории Западной Сибири» [1] и ему подобных.

Основная идея метода ГКР заключается в том, что водный и тепловой балансы должны рассматриваться совместно в их неразрывной связи и, что самое главное во взаимосвязи с почвенным покровом, с учетом его водных и физических свойств [1]. Геоморфологическое строение (рельеф, почва) является ведущим фактором, определяющим структуру почвенного покрова территории бассейна, а следовательно, и режим стока и его распределение как в пространстве, так и во времени [2,3].

Метод ГКР основан на идеях Э.М. Ольдекопа, А.А. Григорьева и М.И. Будыко. В нём при расчёте испарения учитываются теплоэнергетические ресурсы испарения ( $Z_m$ ) - они тесно связаны с температурой подстилающей поверхности ( $t_n$ ), суммарное увлажнение деятельной

поверхности ( $H$ ), состоящее из суммы исправленных атмосферных осадков ( $X$ ) и изменения влажности деятельного слоя за расчётный период ( $W_1 - W_2$ ). Расчётная формула среднемноголетнего испарения записывается в виде уравнения гиперболической кривой  $n$ -ого порядка [1]:

$$Z = Z_M \cdot \left[ 1 + \left( \frac{X + W_1 - W_2}{Z_M} \right)^{-rn} \right]^{-1/n}, \quad (1)$$

где параметр ландшафтных условий  $n$  - отражает способность деятельного слоя почвогрунта сбрасывать избыточную влагу под действием сил гравитации; параметр водно-физических свойств  $r$  - характеризует способность почвогрунта подводить влагу к испаряющей поверхности и расходовать её на испарение, он зависит от механического состава и засоленности деятельного слоя.

Взаимосвязь экосистемных процессов хорошо прослеживается на схеме основных факторов формирования стока по М.И. Львовичу (1971) в виде учитываемых в методе гидролого-климатических расчётов В.С. Мезенцева параметров (рис. 1).

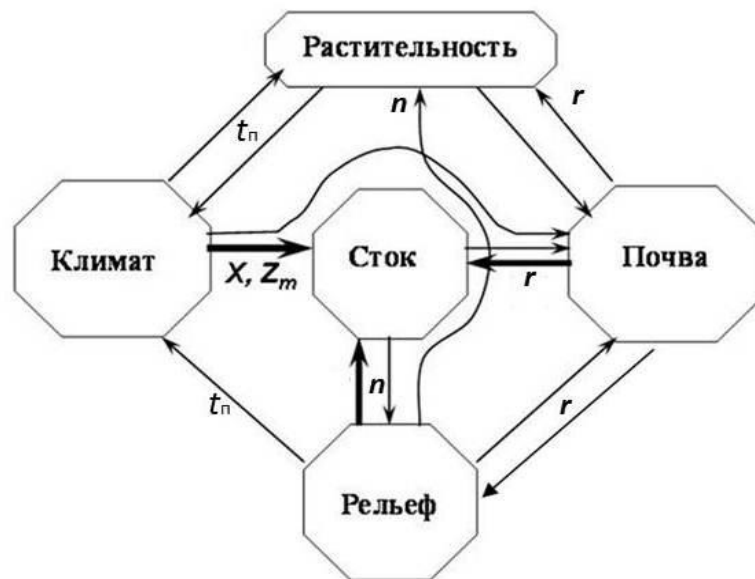


Рисунок 1 - Основные факторы формирования стока учитываемые в методе гидролого-климатических расчётов

Водно-физические свойства в методе ГКР учитываются параметром  $r$ , и по нашим данным зависят от удельной поверхности  $S_0$  и объемного веса  $\rho$  деятельного слоя почвы [4]:

$$r = 1 + 0.01 \cdot S_0 \cdot \rho \quad (3)$$

Величина стока может существенно меняться в зависимости от гидравлических условий стока. При наличии данных топографической съемки или цифровой модели рельефа параметр ландшафтных условий стока можно рассчитать [4]:

$$n = n_{скл} + 0,22 \cdot \ln \frac{L_{скл}}{\sqrt{i}} \quad \text{или} \quad n = 1,1 + \frac{W_T}{6,1}, \quad (4)$$

где  $n_{скл}$  – средний параметр условий стока для всего ландшафта при значении  $n_{скл} = 2,5$ ;  $L_{скл}$  – средняя длина склона, км;  $i$  – средний уклон микроландшафта, м/м.  $W_T$  – индекс потенциальной влажности (Wetness Index) определяется с помощью специализированных ГИС.

В природе степень увлажнения деятельного испаряющего почвенного слоя находится в полной соразмерности с теплоэнергетическими ресурсами, именно это обстоятельство и делает почву “зеркалом ландшафта”, отражающимся в водоудерживающих свойствах деятельного слоя, выраженным в оптимальном коэффициенте стока из этого слоя. Благодаря этому для учета локальных изменений ландшафтных условий формирования стока было получено следующее уравнение [4,7]:

$$n = \frac{-0,301}{\log\left(\frac{HB}{ПВ}\right)} \quad (5)$$

Очевидно, что если в данном биогеоценозе процветает какой-то набор видов растений, то здесь имеются необходимые условия увлажнения. Количественной характеристикой растительного компонента экосистем является увлажнение в ступенях по шкале Раменского ( $СУ_p$ ), которое можно связать с почвенной (параметр  $r$ ) и гидрологической (параметр  $n$ ) компонентами системы через относительную влажность разрыва капилляров. Так как, относительная влажность разрыва капилляров  $V_{PK}$  (в долях от наименьшей влагоёмкости почвы) отражает доступность влаги растениям и в сочетании с условиями питания растений определяет тип напочвенного покрова, то справедливо:

$$СУ_p = 100 \cdot V_{PK} = 100 \cdot \left( \frac{r-1}{rn+1} \right)^{1/rn} \quad (6)$$

Основным недостатком метода ГКР является то, что величины максимально возможного испарения не связаны с конкретным видом испаряющей поверхности и представляют осредненные для больших территорий величины.

Вопрос применения метода к расчёту испарения с конкретных видов угодий требовал дальнейшего исследования, что частично решено в работах [2-7].

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ №14-05-00700.*

## Литература

1. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л.: Гирометеоиздат, 1973. 168 с.
2. Копысов С.Г. Ландшафтная гидрология геосистем лесного пояса Центрального Алтая. – Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2011, 150с.
3. Росновский И.Н. Устойчивость почв в экосистемах как основа экологического нормирования. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2001. 252 с.
4. Копысов С.Г., Росновский И.Н. Гидрологические свойства почвы как результат взаимодействия климатических и ландшафтных условий // Современные проблемы генезиса, географии и картографии почв. Томск, 2011, С.256-259.
5. Kopysov S.G., Erofeev A.A., Zemtsov V.A. Estimation of water balance over catchment areas taking into account the heterogeneity of their landscape conditions // International Journal of Environmental Studies, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/00207233.2015.1010876>
6. Копысов С.Г. Параметрический учёт ландшафтных условий стока в методе гидролого-климатических расчётов // География и природные ресурсы, 2014. - № 3. - С. 157–161.
7. Kopysov S.G. Evaluating Water Balance Elements for Hydromorphic Landscapes by Hydrophysical Properties of Soil Cover // Water Resources, 2015, Vol. 42, No. 1, pp. 23–27. Original Russian Text © S.G. Kopysov, 2015, published in Vodnye Resursy, 2015, Vol. 42, No. 1, pp. 26–30.

## Summary

Soil is a natural system that has formed as the results of interaction of energy and matter fluxes. Researchers emphasize the important role of soils and ground cover in runoff formation; however, no acceptable practical method has been proposed for calculating runoff as a function of soil properties.

For the moment one of the simplest and most promising methods for calculation of water balance elements from separate landscapes within river basins is HCC method combined with the techniques of landscape boundaries determination formalised in GIS and the parameter of landscape conditions of water runoff formation based on a specific integral parameter – Wetness Index.

In the nature, the degree of moistening of the active evaporating soil layer is in full harmony with the heatenergy resources, this is what makes the soil “a mirror of the landscape,” which reflects the optimal coefficient of water release from the active layer in the waterretaining properties of this layer.

The landscape conditions for forming the water balance and runoff from catchment areas can change considerably under the pressure of natural and anthropogenic factors. The specific parameter  $n$  is used in calculating water balance according to V.S. Mezentsev’s method of hydro-climatic calculations (HCC) to take account of landscape conditions. Thus, given data on the field and maximal moisture capacity of the active layer, we can evaluate parameter  $n$ , which expresses the effect of landscape conditions on the runoff. Hence, given the necessary climatic information, can be used to evaluate the mean annual evaporation and runoff for any landscape element.