

## О классификации и районировании рек по водному режиму

**Фролова Н.Л., Куреева М.Б., Повалишникова Е.С., Паньшева К.М.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва*

*[frolova\\_nl@mail.ru](mailto:frolova_nl@mail.ru)*

**Аннотация:** В работе прослеживается развитие в нашей стране и за рубежом различных теорий и подходов к районированию территорий по особенностям водного режима рек. К концу XX в. было создано большое количество классификаций рек по гидрологическому режиму. Их эволюция отражает изменение степени гидрометрической и гидролого-климатической изученности бассейнов рек, накопления научных знаний и представлений об условиях формирования стока. Значительный рост использования водных ресурсов во всех сферах мировой экономики и зависимость успешного экономического развития от количества доступных и возобновляемых водных ресурсов определили потребность в переходе от общегеографических, описательных классификаций и районирований к количественным, построенным на основе строгих расчетов параметров стока и разработке новых критериев, характеризующих актуальные для различных отраслей экономики особенности формирования водного режима рек.

**Ключевые слова:** водный режим, изменение климата, районирование, речной сток

Гидрологический режим – совокупность закономерно повторяющихся изменений состояния водного объекта, присущих ему и отличающих его от других водных объектов (ГОСТ 19179-73) как результат преобладающих типов питания и влияния географического положения и климата на водный объект. Неоднородность климатических и ландшафтных условий формирования водного режима рек послужили толчком для развития различных теорий и подходов к районированию крупных территорий по признакам сходства и различия в условиях формирования стока рек. Для наиболее полной характеристики водного режима рек возникла необходимость классификации водных потоков на классы, типы, виды и т.п. по наиболее важным для формирования стока и характерным признакам.

Первые попытки природного районирования территорий по водному режиму рек относятся к концу XIX– началу XX в. и связаны с тремя направлениями: 1) почвенно-ботаническим, 2) физико-географическим (ландшафтным) и, частично, климатическим, 3) сельскохозяйственным. К основополагающим работам начала XX в. следует отнести классификацию и идеи В.В. Докучаева, труды Е.П. Коровина и А.Н. Розанова, П.А. Тутковского, П.И. Савицкого, В.Н. Сукачева, в которой впервые упоминается о роли хозяйственной деятельности человека в формировании водного режима рек (Сукачев, 1942). Значительный вклад в развитие ландшафтного районирования внесли Л.С. Берг (Берг, 1947), М.А. Первухин (Первухин, 1938) и А.А. Григорьев (Григорьев, 1938), положивший начало климатическим моделям районирования как первопричине формирования стока, впоследствии получившим широкое развитие в работах М.И. Будыко (Григорьев, Будыко 1959). Собственно, гидрологическое районирование было впервые предпринято А.И. Воейковым в 1884 г. Он предложил классификацию рек мира, в основу которой легло утверждение «река – продукт климата». А.И. Воейков выделил три типа рек по преобладающему питанию и внутри этих типов 9 подтипов, учитывающих орографию и водный режим (Воейков, 1948). В 1925 г. В.П. Семенов-Тян-Шанский, предложил наряду с физико-географическими и климатическими аспектами районирования учитывать водность рек при выделении районов, однородных по водному режиму (Семенов-Тян-Шанский, 1925). Классификации были сугубо качественные,

описательные, а их основу составили различные типы питания рек. Дальнейшее деление на группы производилось с учетом различных по водности фаз гидрологического режима рек.

К середине XX в. появились еще 4 классификации водного режима: Л.К.Давыдова (1933), М.И.Львовича (1938), Б.Д.Зайкова (1946) и В.А.Троицкого (1948). Классификация В.А.Троицкого была сугубо климатической. В 1952 г. появилась работа Д.Л.Соколовского по внутригодовому распределению стока рек, но особого внимания она не заслуживает, т.к. представляет собой упрощенный вариант классификации Зайкова, не привязанный географически к конкретным регионам. В основу классификации Б.Д.Зайкова легло внутригодовое распределение стока, условия питания рек он не рассматривал. Тем не менее, выделение 10 типов водного режима позволило ему дать очень полную характеристику гидрологического режима рек СССР. В 1955 г. Л. К. Давыдовым была выполнена значимая работа по гидрологическому районированию. В результате им были выделены 15 гидрографических районов. Основным недостатком такого подхода является неучет многообразия водного режима средних и малых рек в пределах крупных речных водосборов.

Основное уязвимое место любой качественной классификации, очевидно, заключается в экспертном выборе критериев и границ выделения различных групп объектов. М.И. Львович первый предложил ввести более строгие количественные критерии при разработке гидрологического районирования. В его классификации границы типов питания рек получили вполне конкретные численные значения (<50, 50–80, >80%). При достаточно формализованном подходе к выделению возможных комбинаций внутригодового распределения стока и видов питания рек Львович получил матрицу из 144 вариантов, 38 из которых наблюдались на реках мира, а 20 – на территории СССР.

С первой половины XX в. в попытках обобщить имевшиеся к тому времени знания о стоке рек и распространить их на обширные неизученные территории стали активно разрабатываться и применяться гидрологические характеристики, дающие косвенные представления о величине стока, безразмерные вроде коэффициента стока или относительные как модуль стока (Федосеев, 2003). На их основе активно строились карты средних многолетних характеристик стока, выделялись районы с подобными условиями формирования водного режима (Глушков, 1933). Еще одна попытка разработки классификаций на основе количественных критериев была предпринята В.И.Астраханцевым в 1958 г. В основе лежит деление территории по «зонам водности», критерием которой послужил модуль стока, характеристика, отражающая скорее не особенности водного режима рек, а их водоносность. Наиболее полная и разработанная классификация рек и гидрологическое районирование СССР были опубликованы П. С. Кузиным в 1960 г. (Кузин, 1960). Им была предпринята попытка совместить в своей классификации все основные аспекты формирования стока и учесть все недостатки предшествующих разработок других исследователей. В результате в основу классификации лег принцип однородности территории по основным стокоформирующим факторам: климата, типов питания рек, рельефа, ландшафта, внутригодового режима основных гидрологических характеристик. Типичность водного режима выявлялась по большинству створов речного бассейна. П.С. Кузин рассмотрел все аспекты географического ландшафта, учел значение площадей водосбора, разделив все реки на большие (> 50000 км<sup>2</sup>), средние (2000-50000) и малые (1000-2000), типы питания рек, основные фазы водного режима, рассмотрел водоносность и водность рек, их сток, а также гидрологические сезоны, выделил основные фазы водного режима. В результате им было выделено 3 крупных типа и 14 подтипов водного режима рек отдельно для равнинных и горных территорий различных климатических зон (Кузин, 1960). Заметным достоинством классификации рек П. С. Кузина был анализ 15000 гидрографов по сотням

рек, который позволил автору выделить гидрологические районы и водные режимы рек, основываясь непосредственно на фактических данных.

Морфогенетический подход описания водных режимов – устойчивая традиция в отечественной гидрологии – лег в основу современной классификации рек России по водному режиму, разработанной сотрудниками кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова В. М. Евстигнеевым и Н. В. Шенберг в 2001 г. По результатам этой работы создана Карта водного режима рек России (Водный режим..., 2001), отражающая влияние широтной зональности, долготной дифференциации и высотной поясности на формирование водного режима рек, а также показаны индивидуальные особенности водного режима крупных речных систем в зависимости от степени их транзитности и направления течения, числа и характера охватываемых ими природных зон и географических регионов. В отличие от предшествующих в рассматриваемой классификации учтены в качестве признаков деления не только источники питания реки и виды многоводных фаз, но также и характер маловодных периодов года. Это позволяет более подробно и полно отразить территориальные различия в водном режиме рек России (Водный режим..., 2001).

В 2011 г. классификация Львовича была дополнена 20 новыми типами водного режима рек мира (Лукьянович, 2011). Автором статьи на основе расчетов 9000 водных балансов рек мира определены типы сезонного распределения стока для регионов, по которым у М. И. Львовича не имелось фактических данных. Была детализирована классификация типов водного режима и произведена оценка устойчивости типизации сезонной структуры стока на примере рек в разных географических поясах суши. В Национальном Атласе России (2008) предложена серия карт, совместный анализ которых позволяет дать полную характеристику водных режимов рек России, взаимосвязи стока с рельефом и климатическими условиями, его изменений в широтном и долготном направлениях.

Активное развитие и создание классификаций режимов рек в зарубежных странах (главным образом в Европе) шло с середины XX в. Одной из первых зарубежных классификаций, сочетавших физико-географический и гидрологический аспекты формирования стока, можно считать работу Парде, который в 1955 г. описал три основных типа режима рек: простой, смешанный и сложный (по количеству экстремумов в гидрографе и видов питания рек) (Musy, Nigu, 2010). Каждый из типов делился на подтипы (гляциальный, нивальный, плювиальный) и их переходные формы, исходя из высотного положения бассейнов, качественного описания особенностей внутригодового распределения стока и введенных диапазонов изменения таких гидрологических характеристик, как модуль и коэффициент стока, а также амплитуда изменения стока. В 1906 г. в Канаде был издан атлас природных ресурсов страны, который к концу XX в. превратился в обширный Интернет-источник с подробными сведениями о всех природных ресурсах Канады, включая водные (<http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/resources/maps>). Здесь можно найти районирование Канады по основным климатическим и гидрологическим характеристикам, карты среднего многолетнего, сезонного и внутригодового распределения стока рек. Подобные ресурсы в настоящее время имеют многие развитые страны, проводящие детальные исследования водного режима рек на своей территории. Со второй половины XX в. с проведением детальных инструментальных исследований на реках стали развиваться классификации, в основе которых использовались преимущественно количественные параметры стока, непосредственно измеренные и рассчитанные, дающие представления о разных аспектах формирования внутригодового водного режима. Так, в 1989 г. в США были проанализированы данные многолетних гидрологических наблюдений по 78 водотокам,

бассейны которых расположены в континентальной части США (Poff, Ward, 1989) с целью разработки общей количественной характеристики изменчивости стока рек. Исходя из общей изменчивости стока, характерных типов режима наводнений и возможности пересыхания водотоков, для каждой реки были получены 11 итоговых наборов статистических данных.

Деттингер и Диаз (Dettinger, Diaz, 2000) для определения географических различий сезонной изменчивости стока рек использовали ряды среднемесячных расходов воды по данным 1345 постов наблюдений по всему миру. В 2012 г. была опубликована статья Ю. Олдена и др. (Olden et al., 2012) по обзору методологий гидрологической классификации и их применению в гидроэкологии. В 1988 г. в Мельбурне (Австралия) появилась работа Б. Финлайсона и Т. Макмахона (Finlayson, McMahon, 1988) о глобальной классификации режимов рек. В работе использовались собранные данные о 969 водных объектах, по которым проводилась классификация сезонных водных режимов рек на основе кластерного анализа среднемесячного стока, выраженного в процентах от среднегодового значения. В статье других австралийских исследователей (Kennard et al., 2010) представлена первая классификация типов водного режима, разработанная для всего австралийского континента. Классификация составлена на основе данных 120 критериев, описывающих экологически важные характеристики естественного гидрологического режима, полученные по данным расходов воды на 830 измерительных постах. В статье Т. Макмахона и др., (McMahon et al., 2007) обобщаются характеристики стока по данным наблюдений по 1221 рекам с естественным режимом по всему миру. Гидрологический режим рек Средиземноморья, значительная сезонная изменчивость их стока, обусловленная климатическими факторами, детально исследованы в работе (Oueslati et al., 2010). В основу классификации легли переменные, характеризующие изменчивость и прерывистость (пересыхание) стока. В результате по степени стабильности стока были выделены шесть типов водного режима, для более полного анализа водного режима для каждой реки были рассчитаны 40 различных гидрологических индексов и проведен статистический анализ их значимости с целью определить набор индексов водного режима, описывавших основные источники колебаний стока. Интересное исследование было проведено в начале 2000-х годов английским ученым Д. Боуэром (Bower et al., 2004). На примере 35 речных бассейнов Великобритании он предложил не только классификацию водных режимов рек, учитывающую внутригодовую изменчивость стока в течение всего гидрологического года, но и ввел новый индекс чувствительности для оценки климатической чувствительности режимов речного стока. Этот индекс служит средством оценки сложных связей между климатическими характеристиками и речным стоком, поскольку он определяет степень и вид связи между климатическими классификациями и типами водного режима рек. Использование индекса представляется перспективным для увязывания климатических моделей и гидрологических классификаций водного режима рек, что особенно актуально для районов с недостаточной изученностью стока.

Таким образом, к концу XX века было создано большое количество классификаций природных вод и рек по различным признакам: размерам, физическому состоянию, географическому положению, химическому составу, положению рек в речной системе, морфометрии, мутности, термическому и ледовому режиму, источникам питания, гидрологическому режиму, оценки повторяемости и ущерба от опасных гидрологических явлений. Их эволюция отражает изменение степени гидрометрической и гидролого-климатической изученности бассейнов рек, накопления научных знаний и представлений об условиях формирования стока. Значительный рост использования водных ресурсов во всех сферах мировой экономики и зависимость успешного экономического развития от количества доступных и возобновляемых водных ресурсов определили потребность в переходе от общегеографических, описательных классификаций и районирований к

количественным, построенным на основе строгих расчетов параметров стока и разработке новых критериев, характеризующих актуальные для различных отраслей экономики особенности формирования водного режима рек.

**Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№ 17-05-41030 РГО-А и № 16-35-60080-мол\_а\_дж).**

#### Список литературы

- Берг Л. С. Географические зоны СССР. Географгиз. М. 1947.
- Водный режим рек России и сопредельных территорий. Карта для высших учебных заведений масштаба 1:8 000 000 / В. М. Евстигнеев, Н. В. Шенберг, Н. В. Анисимова, А. А. Зайцев. — Новосибирская картографическая фабрика Роскартографии. Новосибирск, 2001.
- Воейков А.И. Избранные сочинения. Т.1. М.-Л., 1948.
- Глушков В. Г. Географо-гидрологический метод // Известия ГГИ. № 57–58. 1933: 5–9.
- ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения.
- Григорьев А. А. Опыт характеристики типов физико-географической среды // Проблемы физической географии. 1938. Т.V-VI.
- Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР // Известия АН СССР. Серия географ. № 3. 1959: 129-132.
- Давыдов Л.К. Гидрография СССР (воды суши). Ч.2. — гидрография районов. Л., 1955.
- Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году по территории СССР // Труды НИУ ГУГМС. Серия IV. Вып. 24. Л.-М., 1946: 67-95.
- Кузин П. С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1960.
- Лукьянович М.А. Генетическая и сезонная структуры речного стока континентов. // География и природные ресурсы. 2011. № 3: 125–133.
- Львович М.И. Опыт классификации рек СССР // Труды ГГИ. Вып. 6. 1938: 58-104.
- Национальный атлас России: в 4 т. М.: Роскартография, 2004-2008.
- Первухин М. А. Ландшафтоведение в СССР // Землеведение. Т.XI. Вып.1, 1938: 66-77.
- Семенов-Тянь-Шанский В.П. Гидрологическая районизация Северной Евразии // Труды первого всероссийского гидрологического съезда. 7-14 мая 1924. Ленинград, 1925: 150-151.
- Сукачев В. Н. Идея развития и фитоценология // Советская ботаника. № 1-3. 1942: 5-17.
- Троицкий В.А. Гидрологическое районирование СССР. М.-Л., 1948.
- Федосеев И.А. История проблемы классификации и районирования вод суши СССР. М., 2003.
- Bower D. et al. Techniques for assessing the climatic sensitivity of river flow regimes // Hydrological Processes. №18. 2004: 2515-2543.
- Dettinger M, Diaz H. 2000. Global characteristics of stream flow seasonality and variability. Journal of Hydrometeorology 1(8): 289–309.
- Finlayson B.L. & McMahon T.A. Australia vs. the World: a comparative analysis of stream flow characteristics // Fluvial Geomorphology of Australia. Academic Press, Sydney. 1988: 17–40.
- Kennard M. J. et al. Classification of natural flow regimes in Australia to support environmental flow management // Freshwater Biology. 2010: 171-193.
- McMahon T. et al. Global stream flows - Part 1: Characteristics of annual stream flows // Journal of Hydrology. 2007. №347: 243-259.
- Musy and Higy. Hydrology: Science of nature // Taylor & Francis, 2010.
- Olden J., Kennard M. and Pusey B. A framework for hydrologic classification with a review of methodologies and applications in ecohydrology // Ecohydrology. 2012. № 5: 503-518.
- Poff L. and Ward V. Implications of Streamflow Variability and Predictability for Lotic Community Structure: A Regional Analysis of Streamflow Patterns // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1989. Vol.46: 1805-1817.

Oueslati Ons et al. Attempts to flow regime classification and characterisation in mediterranean streams using multivariate analysis // Advances in statistical hydrology. 2010: 1-15.

## About the classification and regionalization of rivers water regime

***Frolova N.L., Kireeva M.B., Povalishnikova E.S., Panysheva K.M.***

*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

*[frolova\\_nl@mail.ru](mailto:frolova_nl@mail.ru)*

**Abstract:** In the work, the development of various theories and approaches to the regionalization of territories in terms of the water regime of rivers in our country and abroad is considered. By the end of the 20th century, a large number of river classifications of the hydrological regime was created. Their evolution reflects the change in the degree of hydrometric and hydrological-climatic study of river basins, the accumulation of scientific knowledge and ideas about the conditions of the formation of runoff. The significant increase of water resources use in all spheres of the world economy and the dependence of successful economic development on the number of accessible and renewable water resources have determined the need for a transition from general geographic, descriptive classifications and zoning to quantitative ones. New criteria characterizing the features of the formation of the water regime of rivers were developed.

**Keywords:** Water regime, climate change, zoning, river runoff.