



УДК 556.5
DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-231-242

Анализ внутригодового распределения стока рек Славского района Калининградской области

Спирин Ю.А.

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,
Россия, 236022, г. Калининград, ул. Зоологическая, 2
E-mail: spirin1234567890@rambler.ru

Аннотация. На территории Калининградской области остро стоит вопрос о её продовольственной безопасности и ресурсного самообеспечения. Наиболее традиционное и стабильное решение этой проблемы – развитие сельскохозяйственного комплекса, важным аспектом которого является отлаженная работа осушительной гидромелиоративной сети. Автором представлены расчёт и анализ внутригодового распределения стока рек МО «Славский городской округ»; графики и кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды исследуемых рек. Сгруппированы наблюдения по признаку различной степени водности года и произведены расчёты внутригодового и внутрисезонного распределения стока рек для разных групп водности. Результаты исследования могут применяться в различных отраслях водопользования, а также в области осушительной мелиорации Славского района.

Ключевые слова: речной сток, среднемесячный многолетний расход, водность года, кривая обеспеченности.

Для цитирования: Спирин Ю.А. 2020. Анализ внутригодового распределения стока рек Славского района Калининградской области. Региональные геосистемы, 44(2): 231–242. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-231-242

Analysis of intra-annual distribution of river flow in the Slavsky district of the Kaliningrad region

Yuri A. Spirin

Immanuel Kant Baltic Federal University,
2 Zoologicheskaya St, Kaliningrad, 236022, Russia
E-mail: spirin1234567890@rambler.ru

Abstract. On the territory of the Kaliningrad region, which is a semi-enclave of the Russian Federation, the issue of its food security and resource self-sufficiency is acute. The most traditional and stable solution to this problem is the development of an agricultural complex on the territory of the region, an important aspect of which is the smooth operation of the drainage and drainage network. Both for potential reconstruction and major repairs of the network, and for its more rational operation in its current form, hydrological studies are necessary. The author presents the calculation and analysis of the intra-annual distribution of river flow in the Slavsky city district, as it has the greatest potential for solving problems related to the establishment of the agricultural sector in the region. In this work, graphs and curves of the average annual water consumption of the studied rivers were constructed. Observations were grouped based on different degrees of water content of the year and calculations were made for intra-annual and intra-seasonal distribution of river flow for different groups of water content. The results of the study can be applied in various sectors of water use, as well as in the field of drainage reclamation of the Slavsky district.

Key words: river flow; average monthly multi-year flow; water content of the year; security curve.

For citation: Spirin Yu. A. 2020. Analysis of intra-annual distribution of river flow in the Slavsky district of the Kaliningrad region. Regional Geosystems, 44(2): 231–242. (In Russian). DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-231-242

Введение

Калининградская область, а в частности МО «Славский городской округ» (далее Славский район) богаты водными ресурсами. Поверхностные водные объекты суши Славского района имеют многоцелевое использование по различным направлениям, но основными можно выделить сельское хозяйство и осушительную гидротехническую мелиорацию. Большинство земель округа используются под ведение сельского хозяйства, а в частности 80,4 тыс. га (59,6 % от общей площади земель). Также в Славском районе расположен самый крупный в Калининградской области польдерный массив, площадь которого составляет 68,0 тыс. га. Эта ландшафтная особенность и избыточное увлажнение региона привело к формированию обширной осушительной мелиоративной сети на рассматриваемой территории. В связи с этим Славский район имеет стратегическое значение для Калининградской области [Пунтусов и др., 2012; Спирин, 2019].

В Славском районе присутствуют следующие водотоки, за которыми проводились (а за некоторыми проводятся до сих пор) длительные гидрологические наблюдения, отвечающие необходимым требованиям для нашего исследования: р. Злая, р. Матросовка и р. Немонинка. Эти водотоки представляют интерес не только продолжительным периодом наблюдений, но и как характеризующие речную сеть территории в целом. Данные по этим рекам разрозненные, и, хотя доступ к ним открытый, их достаточно тяжело получить для ознакомительных и научно-прикладных целей.

С недавнего времени на фоне многих гидрологических исследований выделяется расчёт и анализ внутригодового распределения речного стока [Фролова и др., 2010; Наумов, Маркова, 2015; Чигринцев, Мазур, 2017]. Результаты подобных исследований открывают широкий спектр возможностей по их практическому применению и улучшают гидрологическую изученность территории. Это исследование хорошо подойдет и для нашего случая, в совокупности с имеющимися и будущими гидрологическими исследованиями польдерного массива оно даст возможность оптимизировать многие виды антропогенной деятельности [Великанов и др., 2013; Спирин, Зотов, 2019; Мелиоративные системы ..., 2020].

Объекты и методы исследования

Гидрологические ряды среднегодовых и среднемесячных расходов воды р. Злая – Приозерье с 1961 по 1986 гг.; р. Матросовка – д. Мостовое с 1969 по 1986 гг.; р. Немонинка – с. Тимирязево с 1962 по 1986 гг. были составлены из данных Гидрологических ежегодников [1963]. Гидрологические ежегодники были предоставлены Государственным гидрологическим институтом, Институтом водных проблем РАН, Калининградской областной научной библиотекой. Также была получена информация о среднегодовых расходах воды из отчетов о ежегодных данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши [Государственный водный ..., 2012] по р. Злая за периоды с 1990 по 1991 гг., с 1993 по 2004 гг. и по реке Матросовка за период с 1990 по 2004 гг. Отчёты были предоставлены Государственным гидрологическим институтом. Из автоматизированной системы государственного мониторинга водных объектов [2020] были получены гидрологические данные за период с 2008 по 2017 гг. для р. Злая и Матросовка.

В работе не были использованы восстановленные данные за те периоды, когда гидрологические наблюдения не проводились, так как это могло бы сильно исказить реальные результаты исследования. Для рек Матросовка и Злая эти пропуски можно считать незначительными, а для реки Немонинка восстановление ряда с 1987 по 2020 гг. может значительно повлиять на данные.

Проверка достаточности продолжительности периодов наблюдений определена при помощи относительной погрешности выборочного среднего расхода. Для проверки одно-

родности гидрологических рядов использовались критерии Стьюдента и Фишера. Все изучаемые в работе гидрологические ряды отвечают необходимым требованиям и могут использоваться для инженерно-гидрологических расчётов.

Кривые обеспеченности среднегодовых расходов построены при помощи распределения Крицкого-Менкеля (трёхпараметрическое гамма-распределение). Они также построены на основе натуральных гидрологических характеристик. Более подробно с описанными методиками расчёта можно ознакомиться в тематических работах и нормативных документах [Наумов, 2014; 2016; Определение основных ..., 2020].

Основная часть работы заключается в расчёте и анализе внутригодового распределения стока рек Славского района Калининградской области в заданном створе. Расчёт базируется на методе компоновки В.Г. Андреянова, который пригоден для любых задач проектирования, физико-географических условий и внутригодового режима. В настоящее время эта методика является наиболее объективной и удовлетворяющей требованиям водохозяйственного проектирования. Она регламентируется сводом правил 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» [2020], а также широко используется в научных работах [Решетникова и др., 2010; Фролова и др., 2010; Наумов, Маркова, 2015; Чигринцев, Мазур, 2017; Бабкин и др., 2019].

Исследуемые реки протекают по территории Славского района (дельтовая низменность р. Неман), который имеет достаточно большое количество поверхностных водных объектов, представленных в основном естественными поверхностными водотоками, существенно модифицированными поверхностными водотоками, открытыми осушительными мелиоративными каналами, озерами и болотами. Рельеф местности представлен в основном плоскими озерными и болотными низинными равнинами, а также плоскими морскими и аллювиально-морскими равнинами. В табл. 1 приведена краткая гидрометрическая характеристика исследуемых рек.

Таблица 1
Table 1Краткая гидрометрическая характеристика исследуемых рек
Brief hydrometric characteristics of the researched rivers

Наименование реки	Длина реки	Водосборная площадь	Средний многолетний расход
Злая	62 км	292 км ²	1,48 м ³ /с
Матросовка	48 км	рукав р. Неман	125,32 м ³ /с
Немонинка	46 км	1 380 км ²	0,53 м ³ /с

Климат переходный от умеренно-морского к умеренно континентальному с мягкой, изменчивой зимой и относительно прохладным летом. Среднегодовое количество осадков – 700 мм. Именно климат является основным фактором, определяющим внутригодовое распределение стока и его общую величину. Реки имеют смешанное питание: дождевое, снеговое и грунтовое [Великанов, Проскурнин, 2003; Калининградский центр ..., 2020].

Следует отметить влияние на внутригодовое распределение стока антропогенной деятельности человека. На формирования стока рек Славского района оказывает воздействие сельское хозяйство и гидротехническая осушительная мелиорация. Нарастание посевных площадей в этом районе привело к сильной распашке земель. Около 50–60 % территории на водосборах рек подвержено вспашке, что улучшает фильтрацию воды в грунт. Суммарный расход насосного оборудования на осушительных насосных станциях, которые отводят избыточную воду с сельскохозяйственных земель в реки-водоприемники, составляет около 79 200 м³/ч. Несмотря на то, что насосные станции работают сезонно и с периодическими техническими перебоями, это также является весомым воздействием на речной сток [Пунтусов и др., 2012].

Результаты и обсуждения

Гидрологические ряды среднегодовых расходов воды исследуемых рек в графическом виде представлены на рис. 1.

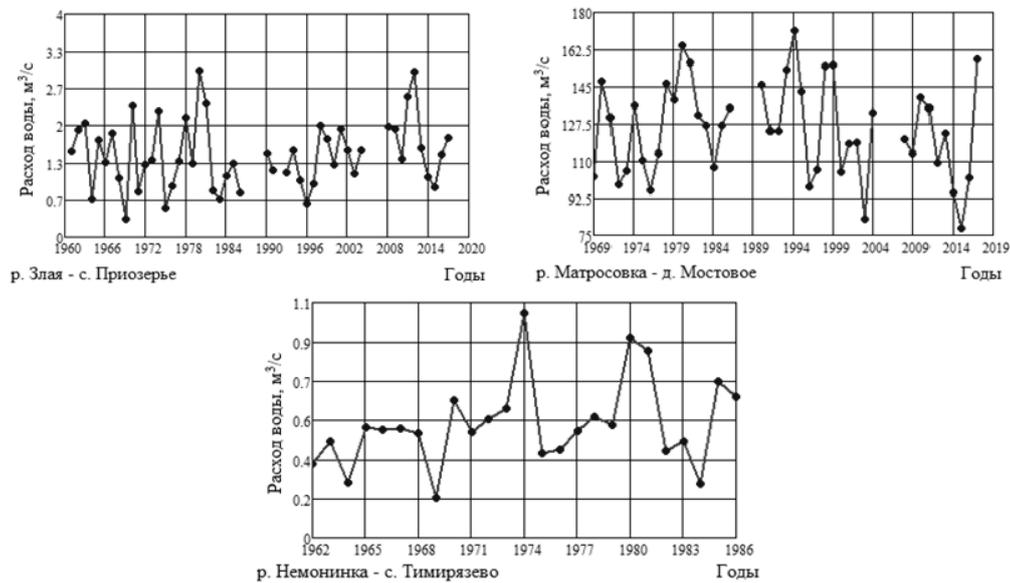


Рис. 1. Гидрологические ряды среднегодовых расходов воды исследуемых рек
Fig. 1. Hydrological series of average annual water flows of the studied rivers

Для более подробного исследования и анализа внутригодового распределения стока необходимо построить кривые обеспеченности среднегодовых расходов с целью сгруппировать наблюдения по признаку различной степени водности года. На основе данных, представленных на рис. 1, и используя распределение Крицкого-Менкеля (трёхпараметрическое гамма-распределение) [Определение основных ..., 2020], построим кривые обеспеченности среднегодовых расходов исследуемых рек (рис. 2).

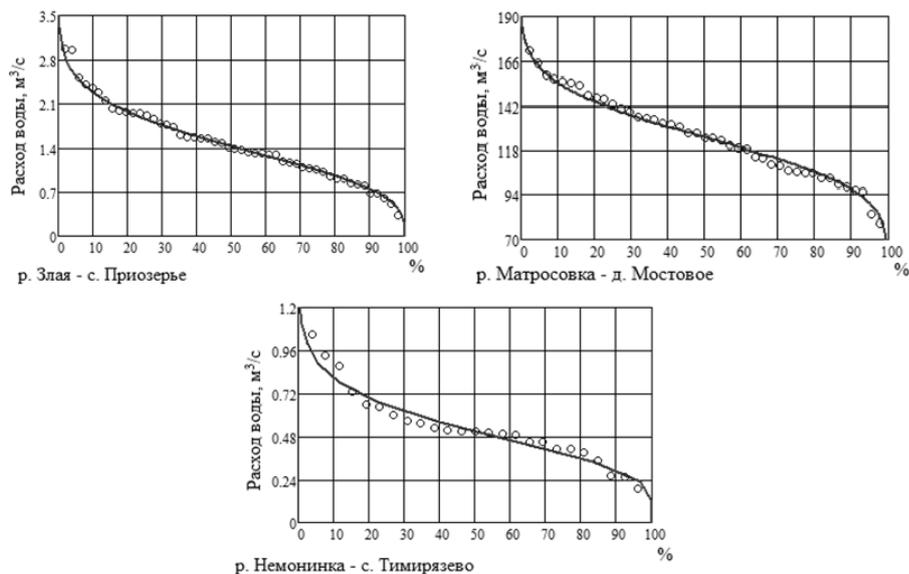


Рис. 2. Кривые обеспеченности среднегодовых расходов исследуемых рек:
линия – теоретическая кривая; точки – эмпирическая кривая
Fig. 2. Security curves for the average annual flow of the studied rivers:
line – a theoretical curve; points – an empirical curve

Свод правил [Определение основных ..., 2020] регламентирует определенные границы обеспеченности (P , %) среднегодовых расходов для лет различной водности и при различной продолжительности наблюдений.

При периоде наблюдений от 15 до 30 лет выделяют три группы лет: многоводные годы ($P < 33,3\%$), средние по водности годы ($33,3\% \leq P \leq 66,7\%$) и маловодные годы ($P > 66,7\%$). При продолжительности наблюдений более 30 лет выделяют пять групп: очень многоводные годы ($P < 16,7\%$), многоводные годы ($16,7\% \leq P < 33,3\%$), средние по водности годы ($33,3\% \leq P \leq 66,7\%$), маловодные годы ($66,7\% < P \leq 83,3\%$) и очень маловодные годы ($P > 83,3\%$). Каждая группа водности должна включать в себя равное число лет. Используя рис. 2, рассчитаем среднегодовой расход воды необходимой обеспеченности для каждой реки, а полученные данные внесем в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Table 2

Среднегодовой расход воды 16,7 %, 33,3 %, 66,7 % и 83,3 % обеспеченности для каждой исследуемой реки
Average annual water consumption of 16,7 %, 33,3 %, 66,7 % and 83,3 % availability for each studied river

Название реки	$P_{16,7\%}$	$P_{33,3\%}$	$P_{66,7\%}$	$P_{83,3\%}$
Злая	2,00 м ³ /с	1,66 м ³ /с	1,16 м ³ /с	0,89 м ³ /с
Матросовка	145,03 м ³ /с	132,60 м ³ /с	113,59 м ³ /с	102,51 м ³ /с
Немоника	0,69 м ³ /с	0,55 м ³ /с	0,35 м ³ /с	0,25 м ³ /с

Таблица 3

Table 3

Границы среднегодового расхода (Q , м³/с) для каждой группы водности года
Limits of the average annual flow rate (Q , м³ / s) for each water content group of the year

Название реки	Очень многоводные годы	Многоводные годы	Средние по водности годы	Маловодные годы	Очень маловодные годы
Злая	$Q > P_{16,7\%}$	$P_{16,7\%} \geq Q > P_{33,3\%}$ %	$P_{33,3\%} \geq Q \geq P_{66,7\%}$ %	$P_{66,7\%} > Q \geq P_{83,3\%}$	$Q < P_{83,3\%}$
Матросовка	$Q > P_{16,7\%}$	$P_{16,7\%} \geq Q > P_{33,3\%}$ %	$P_{33,3\%} \geq Q \geq P_{66,7\%}$ %	$P_{66,7\%} > Q \geq P_{83,3\%}$	$Q < P_{83,3\%}$
Немоника	–	$Q > P_{33,3\%}$	$P_{33,3\%} \geq Q \geq P_{66,7\%}$ %	$Q < P_{66,7\%}$	–

Далее необходимо определить длительность и границы гидрологических сезонов. В нашей работе принято следующее разделение: весна (март – май), лето – осень (июнь – ноябрь), зима (декабрь – февраль) [Государственный водный кадастр ..., 2012].

Лимитирующий период года и сезон выбраны исходя из преобладающего вида водопользования и относительной водности сезона. За лимитирующий период и лимитирующий сезон принята зима. За начало водохозяйственного года выбран март.

На основе всех представленных данных и требований построим графики среднемесячных многолетних расходов исследуемых рек (рис. 3), а также запишем в табл. 4 их внутригодовое распределение стока для лет разной водности (в процентах от годового стока).

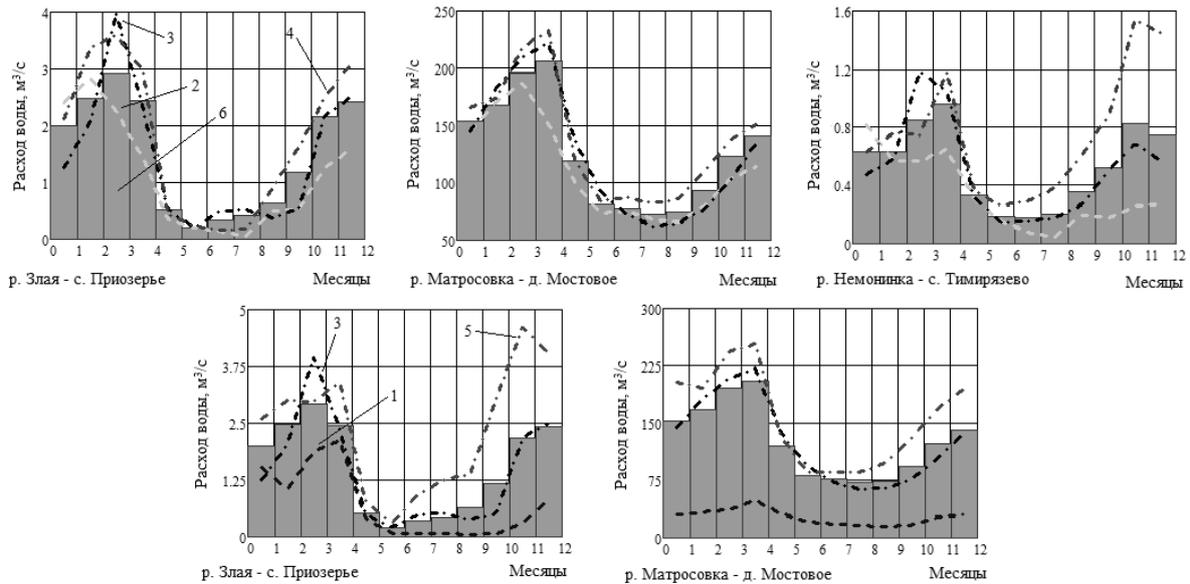


Рис. 3. Среднемесячные многолетние расходы исследуемых рек: 1 – очень маловодные годы; 2 – маловодные годы; 3 – средние по водности годы; 4 – многоводные годы; 5 – очень многоводные годы; 6 – по всем наблюдениям
Fig. 3. Average monthly multi-year expenditures of the studied rivers: 1 – very low-water years; 2 – low-water years; 3 – average water years; 4 – high-water years; 5 – very high-water years; 6 – for all observations

Таблица 4
Table 4

Внутригодовое распределение стока исследуемых рек для разных групп водности
(в процентах от годового стока)
Intra-annual distribution of the flow of the studied rivers for different water groups
(as a percentage of the annual flow)

Водность года	Весна				Лето – осень							Зима				Сумма за год
	III	IV	V	сумма	VI	VII	VIII	IX	X	XI	сумма	XII	I	II	сумма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
р. Зляя																
1	22,1	25,0	4,8	52,0	1,0	1,0	0,8	0,5	0,9	3,6	7,8	9,8	18,0	12,4	40,3	100
2	16,6	10,7	2,5	29,8	1,6	1,1	0,5	3,6	4,0	9,2	20,0	11,6	17,7	20,9	50,2	100
3	23,5	13,9	3,0	40,4	1,2	3,0	3,1	2,2	3,2	12,8	25,5	14,7	7,4	12,1	34,2	100
4	17,0	14,0	2,1	33,1	1,1	0,8	0,8	4,3	7,7	11,8	26,5	14,6	10,0	15,8	40,4	100
5	10,5	12,0	2,8	25,3	1,0	3,2	4,4	4,9	10,8	16,3	40,6	14,3	9,2	10,6	34,1	100
6	16,5	13,8	2,9	33,2	1,2	1,9	2,4	3,6	6,7	12,2	28,0	13,6	11,3	13,9	38,8	100
р. Матросовка																
1	11,1	15,0	9,7	35,7	6,5	5,5	5,1	4,7	5,3	8,2	35,3	9,5	9,2	10,3	29,0	100
2	15,1	12,2	8,1	35,4	5,9	6,1	5,5	5,3	6,4	0,9	30,0	9,2	11,6	13,8	34,6	100

Окончание табл. 4
End of table 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	13,4	14,2	12,4	40,0	5,9	4,6	4,0	4,2	4,9	6,6	30,3	8,7	9,3	11,8	29,8	100
4	13,2	14,1	7,3	34,6	5,1	5,2	5,0	5,2	6,7	8,4	35,6	9,2	10,1	10,5	29,8	100
5	12,9	13,5	7,1	33,5	4,6	4,5	4,6	5,2	7,0	9,1	34,9	10,4	10,9	10,4	31,7	100
6	13,1	13,7	7,9	34,7	5,4	5,1	4,8	4,9	6,2	8,2	34,5	9,4	10,2	11,2	30,8	100
р. Немонинка																
2	13,9	15,9	7,5	37,3	3,7	1,9	1,3	4,8	4,3	6,2	22,2	6,5	20,1	13,9	40,5	100
3	19,4	17,2	5,1	41,6	2,4	2,5	2,9	4,4	8,4	11,4	31,9	9,2	7,8	9,5	26,5	100
4	8,2	13,0	4,0	25,2	2,9	3,2	4,1	6,7	9,8	17,0	43,6	15,9	6,9	8,4	31,2	100
6	13,2	15,0	5,1	33,3	2,9	2,7	3,1	5,5	8,2	12,9	35,3	11,7	9,9	9,9	31,5	100

Как можно видеть из рис. 3, из-за отсутствия полноценной, продолжительной и ярко выраженной зимы исследуемым рекам не свойствен период зимней межени, а напротив, фиксируется зимний паводок, плавно переходящий в весеннее половодье. Весеннее половодье приходится на март и апрель, и наиболее водным месяцем для р. Злая является март, а для р. Матросовка и р. Немонинка – апрель. Подобное распределение стока и достаточная продолжительность периода зимнего паводка привели к тому, что среднемесячные многолетние расходы воды в весеннее половодье не сильно отличаются от соответствующих им среднемноголетних расходов воды в рассматриваемых реках. Май можно считать переходным периодом между весенним половодьем и летней меженью (хоть для р. Злая это не так выражено), а октябрь между затянувшейся летней меженью и осенне-зимнем паводком.

Многолетняя структура внутригодового распределения стока в различные периоды водности с апреля по декабрь не отличается от описанного распределения. Отличия в основном не значительные либо количественные, в среднем пропорциональные увеличению (уменьшению) стока по месяцам. С января по март поведение речного стока не такое однозначное для групп различной водности. Хоть они и сохраняют общую тенденцию описанного распределения, но при этом имеют более существенные различия относительно друг друга.

У р. Злая средний многолетний расход по маловодному году в январе выше, чем по многоводному, а в феврале выше, чем по среднему. В марте средний по водности год имеет больший сток по сравнению с многоводным и очень многоводным годом. Схожее поведение стока в эти месяцы и у р. Немонинка. Поведение стока р. Матросовка с января по март схоже с поведением стока с апреля по декабрь, и всё ранее сказанное можно применить и к этому промежутку. На фоне достаточно характерных и стандартных различий между стоком в разные периоды его водности (пропорциональное увеличение (уменьшение) стока по месяцам) стоит обратить внимание на подобное поведение.

На наш взгляд, такому поведению могут способствовать климатические воздействия и осушительная мелиорация, поскольку оно фиксируется в зимний период, характеризующийся изменчивой погодой, и в начале весны, когда идёт активное осушение перед началом полевых сельскохозяйственных работ. Это также подтверждается тем фактом, что подобное поведение отмечено лишь у р. Злая и р. Немонинка, имеющих относительно небольшой расход и относящихся к категории малых рек, что говорит об их большей чувствительности к антропогенной деятельности и переменным зимним погодным явлениям, воздействующим на сток. В то же время сток р. Матросовка не отличается от описанного распределения на протяжении всего года, и не имеет каких-либо дополнительных особенностей, связанных

с водностью года, поскольку воздействия, которые могут оказать эти факторы, несоизмеримы с размером реки, которая почти по всем параметрам в десятки раз больше р. Злая и р. Немонинка.

Более детально и численно эти процессы представлены в табл. 4, в которой продемонстрировано внутригодовое распределение стока в процентах от годового стока.

Следующим этапом необходимо выявить внутрисезонное распределение стока для разных групп водности сезона (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Внутрисезонное распределение стока исследуемых рек для разных групп водности сезона
Intra-seasonal distribution of the flow of the studied rivers for different groups of water content of the season

Водность года	Весна			Лето – осень						Зима		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
р. Злая												
1	42,6	48,2	9,2	13,2	13,2	10,2	6,5	11,1	45,8	24,4	44,8	30,8
2	55,8	35,9	8,3	7,7	5,5	2,5	18,1	19,9	46,3	23,2	35,3	41,6
3	58,1	34,4	7,5	4,8	11,6	12,1	8,7	12,4	50,4	43,0	21,6	35,4
4	51,3	42,4	6,3	4,2	3,0	3,1	16,4	28,9	44,4	36,1	24,8	39,1
5	41,5	47,6	10,9	2,5	8,0	10,8	12,0	26,6	40,1	41,9	27,0	31,1
6	49,7	41,6	8,7	4,1	6,9	8,5	13,0	23,8	43,7	35,1	29,0	35,9
р. Матросовка												
1	31,0	41,9	27,1	18,5	15,5	14,5	13,4	14,9	23,2	32,6	31,8	35,6
2	42,7	34,6	22,8	19,5	20,2	18,3	17,7	21,4	2,9	26,6	33,7	39,8
3	33,5	35,6	31,0	19,6	15,3	13,2	13,8	16,3	21,8	29,3	31,2	39,5
4	38,2	40,8	21,0	14,3	14,7	13,9	14,7	18,9	23,5	30,9	33,8	35,4
5	38,6	40,3	21,1	13,1	13,0	13,1	14,8	20,0	26,0	32,7	34,4	32,9
6	37,7	39,4	22,9	15,7	14,8	13,8	14,3	17,8	23,6	30,6	33,2	36,3
р. Немонинка												
2	32,6	51,6	15,8	6,5	7,3	9,5	15,4	22,5	38,9	50,9	22,3	26,9
3	46,6	41,2	12,2	7,5	7,9	9,0	13,8	26,2	35,6	34,7	29,3	36,0
4	37,4	42,5	20,2	16,7	8,5	5,8	21,6	19,4	28,1	16,1	49,6	34,3
6	39,7	45,1	15,3	8,2	7,7	8,8	15,7	23,2	36,5	37,1	31,5	31,4

Распределение стока по месяцам внутри различных сезонов неодинаково и не равномерно. В весенний период наибольший месячный сток на р. Злая наблюдается в марте и составляет 49,7 %, а наименьший – в мае и равен 8,7 % от весеннего стока. На р. Матросовка

наибольший месячный сток наблюдается в апреле и составляет 39,4 %, а наименьший – в мае и равен 22,9 % от весеннего стока. На р. Немонинка наибольший месячный сток наблюдается в апреле и составляет 45,1 %, а наименьший – в мае и равен 15,3 % от весеннего стока. Это объясняется нарастанием зимнего паводкового стока за счёт снеготаяния (при наличии снега) и слабого испарения.

В летне-осеннем сезоне распределение стока наиболее равномерно. Самый низкий месячный сток на р. Злая наблюдается в июне и равен 4,1 % от сезонного стока. На р. Матросовка самый низкий месячный сток наблюдается в августе и составляет 13,8 % от сезонного стока. На р. Немонинка самый низкий месячный сток наблюдается в июле и составляет 7,7 % от сезонного стока. Распределение стока внутри летне-осеннего сезона характеризуется закономерным уменьшением месячного стока в первой половине сезона и повышением во второй половине сезона. В этот период реки питаются в основном подземными водами, которые постепенно истощаются к июню-августу, а осадки, выпадающие в большом количестве в этот сезон, не принимают участия в питании рек, так как расходуются на испарение, смачивание почвы и инфильтрацию. Затем, за счёт уменьшения испарения и выпадающих осенних дождей, месячный сток увеличивается к концу сезона [Решетникова и др., 2010].

В зимний сезон распределение стока также можно назвать равномерным и даже одинаковым по каждому месяцу. Несмотря на то, что в этот период группы водности имеют ряд отличий относительно друг друга, эти особенности распространяются сразу на весь сезон, а не фиксируются в какой-то отдельный месяц, что в итоге даёт нам равномерное распределение среднемесячного многолетнего расхода по всем наблюдениям.

Комплексное исследование речного стока должно включать в себя анализ коэффициентов вариации среднемесячных расходов воды в исследуемых реках (рис. 5).

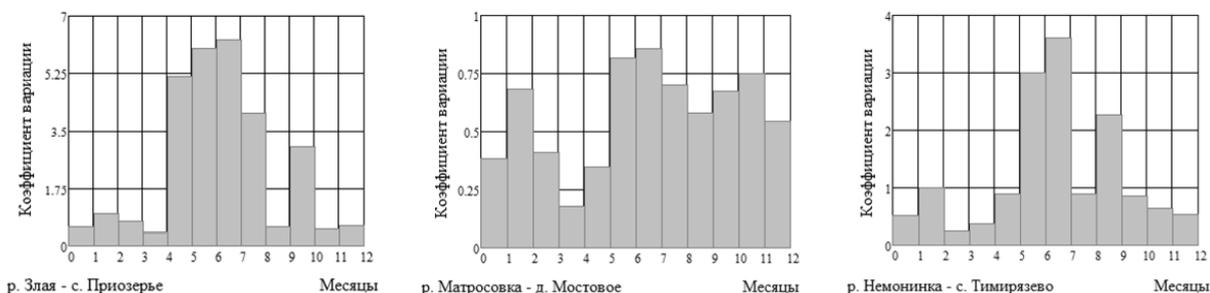


Рис. 5. Коэффициенты вариации (%) среднемесячных расходов воды исследуемых рек
Fig. 5. Coefficients of variation (%) of the average monthly water consumption of the studied rivers

Для р. Злая наибольшая относительная изменчивость стока отмечена с мая по август и в октябре, наименьшая соответственно с ноября по апрель и в сентябре. Для р. Немонинка наблюдается схожая ситуация. Наибольшая относительная изменчивость расходов воды отмечена в июне, июле и сентябре, а наименьшая – в остальные месяцы. Как можно видеть, самая высокая изменчивость стока отмечена по большей части в период межени. В меженный период сток малых рек уязвимее, чем в другие месяцы. Количественные характеристики стока уменьшаются, и осадки, выпадающие в эти месяцы, способны кратковременно увеличить сток, прежде чем испариться и уйти в грунт, что способствует увеличению среднего квадратического отклонения среднемесячных многолетних расходов, и, как следствие, не постоянству стока.

Наибольшей стабильностью отличается речной сток р. Матросовка, у которой во все месяцы коэффициенты вариации не превышают единицы и незначительно варьируют относительно друг друга на протяжении всего года. Минимальная изменчивость наблюдается в

январе и в период с марта по май. Всё сказанное ещё раз подтверждает, что река в наименьшей степени реагирует на воздействие внешних факторов.

Тенденции к потеплению и увеличению количества атмосферных осадков, отмеченные в течение многолетних наблюдений в регионе, могут усугубить ситуацию с точки зрения ведения сельского хозяйства. Если темпы увеличения количества осадков оказывают незначительное воздействие как на речной сток, так и на ведение качественного сельского хозяйства, то общее повышение температуры может привести к уменьшению стока в межень, а также увеличить количество засушливых периодов.

Запланированные на длительную перспективу капитальный ремонт и реконструкция мелиоративной сети увеличат воздействие на сток, особенно в период весеннего половодья и летней межени. Весна ознаменовывается началом полевых сельскохозяйственных работ, из-за чего проводится интенсивный водоотвод с целью достижения нормы осушения на территории. Летняя межень часто сопровождается тяжело прогнозируемыми засушливыми периодами, когда необходимо осуществлять различные виды ирригации, которые при сегодняшнем состоянии мелиоративной сети нереализуемы. После проведения всех необходимых инженерно-технических мероприятий по отладке мелиоративной сети она сможет намного лучше справляться со своими функциями, что приведет к увеличенному и более периодичному отводу воды в реки водоприемники, особенно весной во время половодья. При реализации всех необходимых мер по её улучшению будет также уменьшен речной сток в летнюю межень из-за водозабора на полив сельскохозяйственных угодий.

Заключение

Внутригодовое распределение стока исследуемых рек в целом характерно для Калининградской области, а в частности осенне-зимние паводки, не сильно выраженное половодье и летняя межень. Многолетняя структура по различным группам водности не отличается от описанного в работе распределения, но имеет ряд особенностей, связанных с изменчивой зимой и режимом работы насосных станций. Внутрисезонное распределение стока неодинаково и неравномерно. Основными факторами, оказывающими влияние на формирования стока, являются в большей степени климат и в меньшей – антропогенная деятельность.

Сток р. Злая и р. Немонинка очень чувствительны к внешним воздействиям, особенно в период межени, в то время как сток р. Матросовка имеет большую устойчивость к ним. Это говорит о том, что для прогнозирования поведения стока малых водотоков (подавляющее число водотоков Славского района) в тот или иной период следует учитывать большое количество антропогенных и природных факторов, в то время как поведение стока более крупных водотоков лучше поддается прогнозированию из-за его высокой устойчивости и, как следствие, меньшего количества источников, способных повлиять на его поведение. Особую роль в этом вопросе следует отвести анализу совокупности гидрологических и климатических рядов.

Стоит учитывать, что при дальнейшем развитии гидромелиоративной сети воздействие на сток будет также увеличиваться, особенно для малых водотоков, которые обладают наибольшей чувствительностью. С учетом современных антропогенных и природных тенденций, можно прогнозировать увеличение стока в весеннее половодье и уменьшение стока в летнюю межень. Если не развивать мелиоративную сеть и в дальнейшем ее не модернизировать из осушительной в осушительно-увлажнительную, то, с учетом климатических тенденций и изначальных природных условий, на территории будет возникать все больше проблем с ведением сельского хозяйства.

При осушении и планировании осушения сельскохозяйственных земель, а также при других видах водохозяйственной деятельности необходимо брать в расчет полученные данные по исследуемым водотокам и в некоторых случаях осуществлять попытку проецирования полученных результатов на другие водотоки Славского района. Количественные свойства стока водотоков в различные периоды позволят более точно понимать, какая нагрузка

будет на осушительную сеть, и на какие её гидротехнические сооружения нужно обратить внимание как при эксплуатации, так и при капитальном ремонте имеющихся и строительстве новых сооружений.

Ознакомление с материалами «Государственного гидрологического института» состоялось в рамках «Проекта повышения конкурентоспособности ведущих Российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров 5-100».

Список источников

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 28 февраля 2020).
2. Калининградский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://meteo39.ru> (дата обращения: 28 февраля 2020).
3. Мелиоративные системы и сооружения. СП 100.13330.2016: утв. М-вом. стр-ва. и жилищ.-коммун. хоз-ва. Рос. Федерации 30.06.15 и введ. в действие с 17.06.17. URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28 февраля 2020).
4. Наумов В.А. 2014. Методы обработки гидрологической информации: учебник. Калининград, Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ», 113 с.
5. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003: одобрен для применения в качестве нормативного документа постановлением Госстроя России № 218 от 26 декабря 2003 г. URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 28 февраля 2020).

Список литературы

1. Бабкин В.И., Бабкин А.В., Мёрзлый О.В. 2019. Синхронность колебаний стока крупнейших рек европейской части России. Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 54: 38–46.
2. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Маркова Л.В., Смирнова А.А. 2013. Результаты натурных исследований малых водотоков на мелиорированных землях региона. Вода: химия и экология, 7: 18–26.
3. Великанов Н.Л., Проскурнин Е.Д. 2003. Калининградская область: особенности использования водных ресурсов. Калининград, ФГУИПП Янтарный сказ, 128 с.
4. Гидрологический ежегодник 1961 г. Т.1. Вып. 5, 6. Бассейны рек Немана, Преголи и Вислы. 1963. Ленинград, Гидрометеиздат, 198 с.
5. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1990–2004 г. Реки и каналы. Бассейны рек Калининградской области. 2012. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 192 с.
6. Наумов В.А., Маркова Л.В. 2015. Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Преголи. Внутригодовое распределение стока. Вестник науки и образования Северо-Запада России, 1 (4): 1–9.
8. Наумов В.А. 2016. Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов. Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2 (3): 1–6.
9. Пунтусов В.Г., Диваков О.В., Лапин В.Г. 2012. Перспективы развития мелиорации земель Калининградской области. Состояние и перспективы развития водохозяйственного комплекса региона. Калининград, КГТУ: 102–106.
10. Решетникова Л.К., Лебедева М.Г., Петина М.А. 2010. Внутригодовое распределение стока на примере реки Оскол. Научные ведомости. Серия Естественные науки, 4 (80): 137–142.
11. Спирин Ю.А. 2019. Улучшение мелиоративного состояния осушаемых сельскохозяйственных земель польдерного массива в Славском районе Калининградской области. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 1 (33): 39–54.
12. Спирин Ю.А., Зотов С.И. 2019. Проблемы геоэкологического состояния и использования поверхностных вод Калининградской области. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 29 (2): 221–227.
13. Фролова Н.Л., Нестеренко Д.П., Шенберг Н.В. 2010. Внутригодовое распределение стока рек России. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 6: 8–16.

14. Чигринец А.Г., Мазур Л.П. 2017. Водные ресурсы и внутригодовое распределение стока воды р. Терисбутак. Гидрометеорология и экология, 2 (85): 98–113.

References

1. Babkin V.I., Babkin A.V., Frozen O.V. 2019. Synchronism of fluctuations of the runoff of the largest rivers of the European part of Russia. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University, 54: 38–46. (in Russian)
2. Velikanov N.L., Naumov V.A., Markova L.V., Smirnova A.A. 2013. Results of natural researches of small water flows on the reclaimed soils. Water: chemistry and ecology, 7: 18–26. (in Russian)
3. Velikanov N.L., Proskurnin E.D. 2003. Kaliningradskaya oblast: osobennosti ispolzovaniya vodnykh resursov [Kaliningrad region: features of the use of water resources]. Kaliningrad, Yantarnyy skaz, 128 p.
4. Gidrologicheskiy ezhegodnik 1961 g. T.1. Vyp. 5. 6. Basseyny rek Nemana. Pregoli i Visly [The hydrological yearbook of 1961 T.1. Vol. 5, 6. The basins of the Neman, Pregol and Vistula rivers]. 1963. Leningrad, Gidrometeoizdat, 198 p.
5. Gosudarstvennyy vodnyy kadastr. Ezhegodnyye dannyye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushy 1990–2004 g. Reki i kanaly. Basseyny rek Kaliningradskoy oblasti [The State Water Cadastre. Annual data on the regime and resources of surface water of the land of 1990–2004. Rivers and canals. River basins of the Kaliningrad region]. 2012. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 192 p.
6. Naumov V.A., Markova L.V. 2015. Materials engineering and hydrometeorological research in the Pregel river basin. Runoff distribution. Journal of Science and Education of North-West Russia, 1 (4): 1–9. (in Russian)
7. Naumov V.A. 2016. The results of the statistical analysis of the regional hydrological and climatic series. Journal of Science and Education of North-West Russia, 2 (3): 1–6. (in Russian)
8. Puntusov V.G., Divakov O.V., Lapin V.G. 2012. Prospects for the development of land reclamation in the Kaliningrad region. Status and development prospects of the water sector of the region. Kaliningrad, KSTU: 102–106. (in Russian)
9. Reshetnikova L.K., Lebedeva M.G., Petina M.A. 2010. Intraannual distribution of the flow with the Oskol River as an example. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 4 (80): 137–142. (in Russian)
10. Spirin Yu.A. 2019. Improvement of the reclamation condition of drained agricultural lands of the polder massif in Slavsky District Kaliningrad Region. Scientific journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, 1 (33): 39–54. (in Russian)
11. Spirin Yu.A., Zotov S.I. 2019. Problems of geocological condition and use of surface waters in the Kaliningrad region. Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences, 29 (2): 221–227. (in Russian)
12. Frolova N.L., Nesterenko D.P., Shenberg N.V. 2010. Intra-annual flow regime of rivers in Russia. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya, 6: 8–16. (in Russian)
13. Chigrinets A.G., Mazur L.P. 2017. Water resources and intra-annual distribution of Terisbutak river water runoff. Gidrometeorologiya i ekologiya, 2 (85): 98–113. (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Спирин Юрий Александрович, аспирант института природопользования, территориального развития и градостроительства Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Yuri A. Spirin, graduate student of the Institute of Nature Management, Territorial Development and Urban Planning of the Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia