

УДК 556.16

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-4-617-631

Многолетняя динамика основных элементов стока рек в пределах Центрального Черноземья

¹Кумани М.В., ¹Шульгина Д.В., ²Киселев В.В.

¹Курский государственный университет,
Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33;

²Белгородский университет кооперации, экономики и права
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а
E-mail: kumanim@yandex.ru; kiselev_v@bsu.edu.ru

Аннотация. Изучение гидроэкологического состояния малых рек является одной из первостепенных задач в соответствии с современными принципами рационального водопользования и сохранения водных экосистем. Увеличение объемов хозяйственной деятельности в пределах водосбора, а также существенные климатические изменения обуславливают изменения стока малых рек. В связи с этим динамика речного стока на территории Центрально-Чернозёмного региона в зависимости от физико-климатических условий может носить различный характер. Работа посвящена рассмотрению многолетней динамики основных элементов стока рек Центрального Черноземья, которые можно рассматривать в качестве основных индикаторов современных гидроэкологических изменений в пределах водосбора рек. Проанализированы основные тенденции, статистическая значимость, а также многолетние закономерности динамики величин стока весеннего половодья, летней и зимней межени, годового стока методом оценки линейных трендов и разностных интегральных кривых. Было выявлено, что наблюдаются значительные изменения характеристик весеннего стока и стока летней и зимней межени, свидетельствующие о перераспределении стока рек внутри сезонов гидрологического года. Сделаны выводы о влиянии выявленных процессов трансформации речного стока на склоновые и русловые эрозионные процессы, что необходимо учитывать в гидрологических расчетах и прогнозах, в оценке экологического состояния рек и связанных с ними водоемов.

Ключевые слова: линейный тренд, весенний сток, максимальный расход, меженный сток, слой стока, внутригодовое перераспределение стока, разностные интегральные кривые расходов, статистические характеристики стока.

Для цитирования: Кумани М.В., Шульгина Д.В., Киселев В.В. 2021. Многолетняя динамика основных элементов стока рек в пределах Центрального Черноземья. Региональные геосистемы, 45 (4): 617–631. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-617-631

Long-term Dynamics of the Main Elements of River Flow Within the Central Chernozem Region

¹Mihail V. Kumani, ¹Diana V. Shulgina, ²Vladislav V. Kiselev

¹ Kursk State University,
33 Radishcheva St, Kursk 305000, Russia;

²Belgorod University of Cooperation, Economics and Law
116a Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia
E-mail: kumanim@yandex.ru; kiselev_v@bsu.edu.ru

Abstract. The study of the hydroecological state of small rivers is one of the primary tasks in accordance with modern principles of rational water use and conservation of aquatic ecosystems. An increase in the

volume of economic activity within the catchment area, as well as significant climatic changes, cause changes in the runoff of small rivers. In this regard, the dynamics of river runoff in the territory of the Central Black Earth region, depending on the physical and climatic conditions, can be of a different nature. The work is devoted to the consideration of the long-term dynamics of the main flow elements of the rivers of the Central Chernozem region, which can be considered as the main indicators of modern hydroecological changes within the catchment area of the rivers. The main trends, statistical significance, as well as long-term regularities in the dynamics of the runoff values of spring floods, summer and winter low-water periods, and annual runoff are analyzed by the method of evaluating linear trends and differential integral curves. It was revealed that there are significant changes in the characteristics of the spring runoff and the runoff of the summer and winter low-water periods, indicating a redistribution of river runoff within the seasons of the hydrological year. Conclusions are drawn about the influence of the identified processes of river runoff transformation on slope and channel erosion processes, which must be taken into account in hydrological calculations and forecasts, in assessing the ecological state of rivers and associated water bodies.

Key words: linear trend, spring runoff, maximum discharge, low-water runoff, runoff layer, intra-annual runoff redistribution, differential integral flow rate curves, statistical characteristics of runoff.

For citation: Kumani M.V., Shulgina D.V., Kiselev V.V. 2021. Long-term dynamics of the main elements of river flow within the Central Chernozem region. *Regional geosystems*, 45 (4): 617–631 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-617-631

Введение

В настоящее время на формирование стока рек и его сезонную динамику оказывает влияние множество естественных и антропогенных факторов [Бабкин, Клиге, 2005; Алексеевский и др., 2014; Василенко, 2019; Lisetskii, 2021]. Наличие направленной динамики климатических изменений [Дмитриева, Москайкина, 2013; Георгиади и др., 2014; Решетников и др., 2018] и проявление разнообразных факторов хозяйственного воздействия [Киселев, 2020] неминуемо приводит к изменению стока рек, в том числе, весеннего и меженного, что нами было рассмотрено в работах [Апухтин, Кумани, 2012; 2015]. Анализ динамики элементов максимального стока и учет значимости происходящих изменений необходимы в связи с постоянно высоким интересом к проблеме половодий и потребностью в гидрологических прогнозах и расчетах элементов весеннего половодья [Кумани, Бабкина, 2005; Дмитриева, 2018; Бучик, Дмитриева, 2019]. Не менее важен сток зимней и летней межени, лимитирующий решение целого ряда водохозяйственных задач.

Таким образом, целью работы является изучение современной динамики изменения основных характеристик стока весеннего половодья и меженного стока рек Центрального Черноземья.

Объекты и методы исследования

Одним из наиболее простых и наглядных способов оценки динамики многолетних колебаний гидрометеорологических величин является применение метода линейных трендов [Ясинский и др., 2007]. Метод позволяет не только указать на направленность изменений, но и выявить нестационарность гидрологических характеристик при помощи оценки статистической значимости линейных трендов многолетних колебаний характеристик стока. Для более наглядного представления изменений стока за продолжительный период времени, определения многоводных и маловодных периодов были построены разностные интегральные кривые всех элементов стока и годового слоя осадков. В работе использованы данные многолетних наблюдений на водомерном посту р. Тускарь, расположенном в г. Курск, продолжительность непрерывного ряда наблюдений – 93 года (с 1924 по 2017 гг.).

Годовые суммы осадков за тот же период взяты по данным метеостанции г. Курск, расположенной непосредственно на водосборе р. Тускарь, площадь которого в створе водомерного поста – 2380 км², степень распаханности – 70 %. По гидрографическим характеристикам Тускарь – река, типичная для лесостепной зоны Европейского Черноземья.

Для выявления динамики основных характеристик максимального стока нами были проанализированы многолетние ряды основных элементов годового, весеннего и меженного стока р. Тускарь с одним из наиболее продолжительных и непрерывных рядов наблюдений в Центральном Черноземье.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с общепринятыми методическими подходами³ был проанализирован ход многолетних колебаний различных характеристик годового, весеннего и меженного стока на примере гидрологического поста (г. п.) р. Тускарь, расположенного в г. Курск. В качестве характеристик стока весеннего половодья использованы максимальные мгновенные расходы воды основной волны половодья и слой стока половодья. Меженный сток характеризуют минимальные суточные расходы воды летней межени в период открытого русла и зимней межени, как правило, в период ледостава. Годовой сток характеризует слой стока за год, который удобно сравнивать со слоем осадков, выпавших в этом же году.

Очень значимой характеристикой условий формирования весеннего половодья на р. Тускарь и всего Черноземья является степень промерзания почвенного покрова к началу и в период формирования поверхностного стока при снеготаянии [Коронкевич, Мельник, 2017; Веденеева, 2018]. В качестве такой характеристики нами использованы данные наблюдений за промерзанием почв на метеостанциях г. Курск, с. Петринки и с. Ушаково. Наблюдения за промерзанием на территории Курской области велись с 1938 г., поэтому анализируемые ряды несколько короче остальных гидрологических и метеорологических величин. Тем не менее, период наблюдения за промерзанием почвы охватывает основные этапы изменения гидрологических характеристик [Коронкевич и др., 2018; Бучик и др., 2019]. В качестве расчетной характеристики использована максимальная глубина промерзания почвенного покрова за каждый календарный год. Максимальная глубина промерзания наблюдается, как правило, в конце периода с отрицательными температурами воздуха и почвенного покрова, в конце марта – начале апреля, совпадая в большинстве случаев с началом весеннего снеготаяния и формированием половодья. Степень промерзания почв влияет на ее водопроницаемости и формирование или отсутствие «запирающего слоя», от чего зависит коэффициент стока в период половодья и его дружность.

Из рис. 1–3 следует, что многолетние значения рассматриваемых нами характеристик весеннего половодья имеют значимую тенденцию к сокращению. Проверка на статистическую однородность и, следовательно, значимость линейных трендов доказала наличие неоднородности в рядах наибольшего срочного расхода и слоя стока весеннего половодья.

Анализ рис. 4 показывает, что тенденции многолетнего изменения максимальных слоев стока и расходов весеннего половодья очень строго соответствуют изменениям значений максимальной глубины промерзания почвы на водосборе р. Тускарь. По мере снижения глубины промерзания снижаются максимальные расходы и слои стока половодья. Отрицательный тренд снижения глубины промерзания статистически значим и совпадает с трендами изменения характеристик весеннего половодья.

³ Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определение их расчетных значений по неоднородным данным. 2010. Санкт-Петербург, Нестор-История, 162 с.

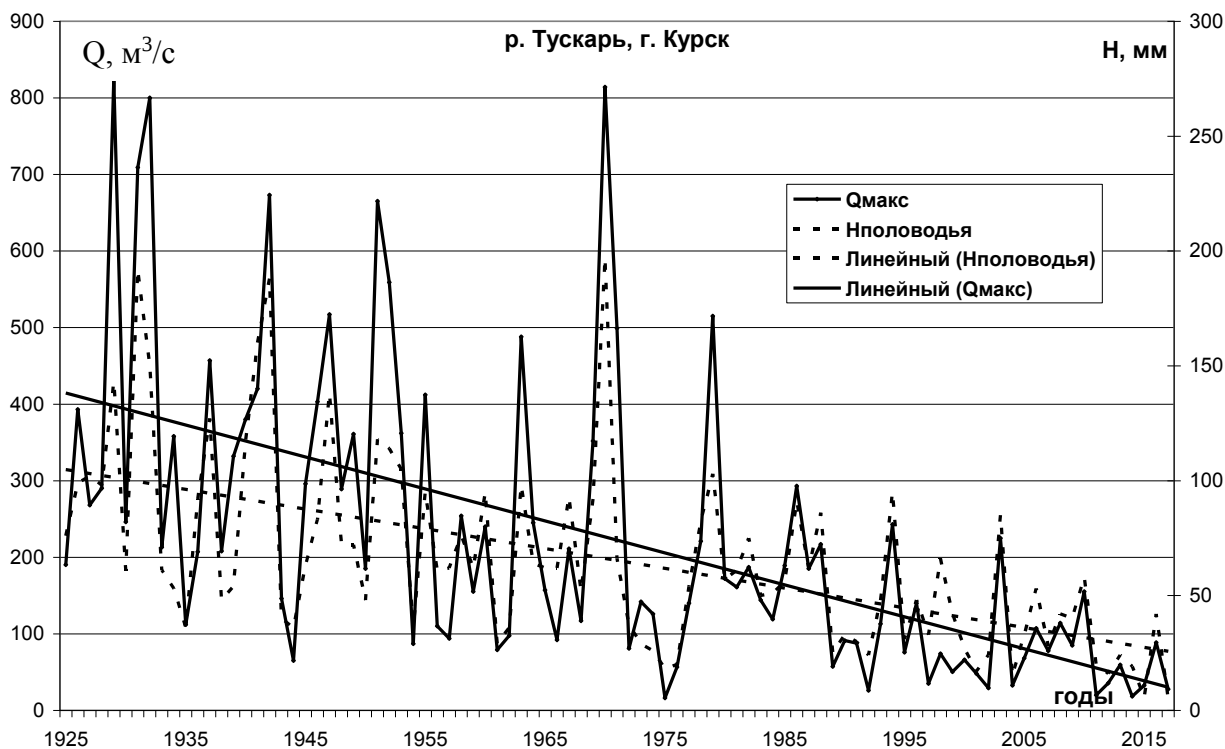


Рис. 1. Динамика многолетних значений наибольшего срочного расхода ($Q_{\max}$) и слоя стока весеннего половодья (H половодья) для г. п. р. Тускарь – г. Курск
Fig. 1. Dynamics of long-term values of the highest urgent flow rate ($Q_{\max}$) and the spring flood runoff layer (H flood) for the town of river Tuskar – Kursk

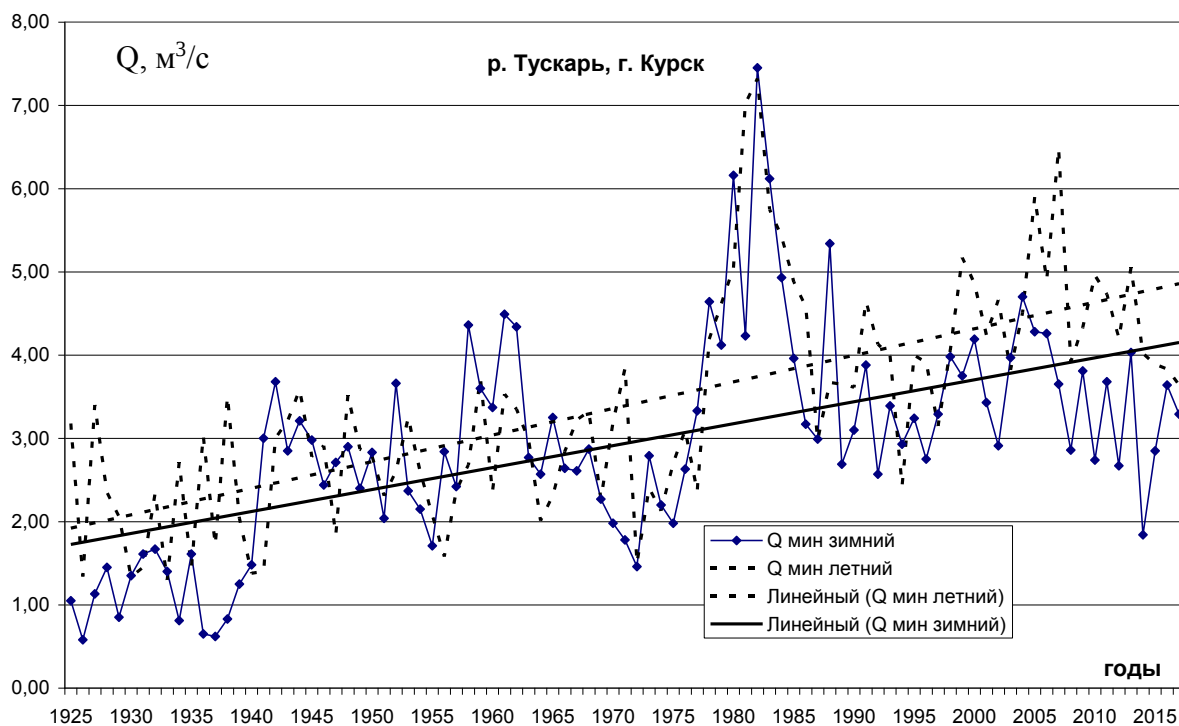


Рис.2. Динамика многолетних значений минимального стока летней ($Q_{\min}$. летний) и зимней ($Q_{\min}$. зимний) межени для г.п. р. Тускарь – г. Курск
Fig.2. Dynamics of long-term values of the minimum runoff of summer ($Q_{\min}$ summer) and winter ($Q_{\min}$ winter) autumn for the town of river Tuskar – Kursk

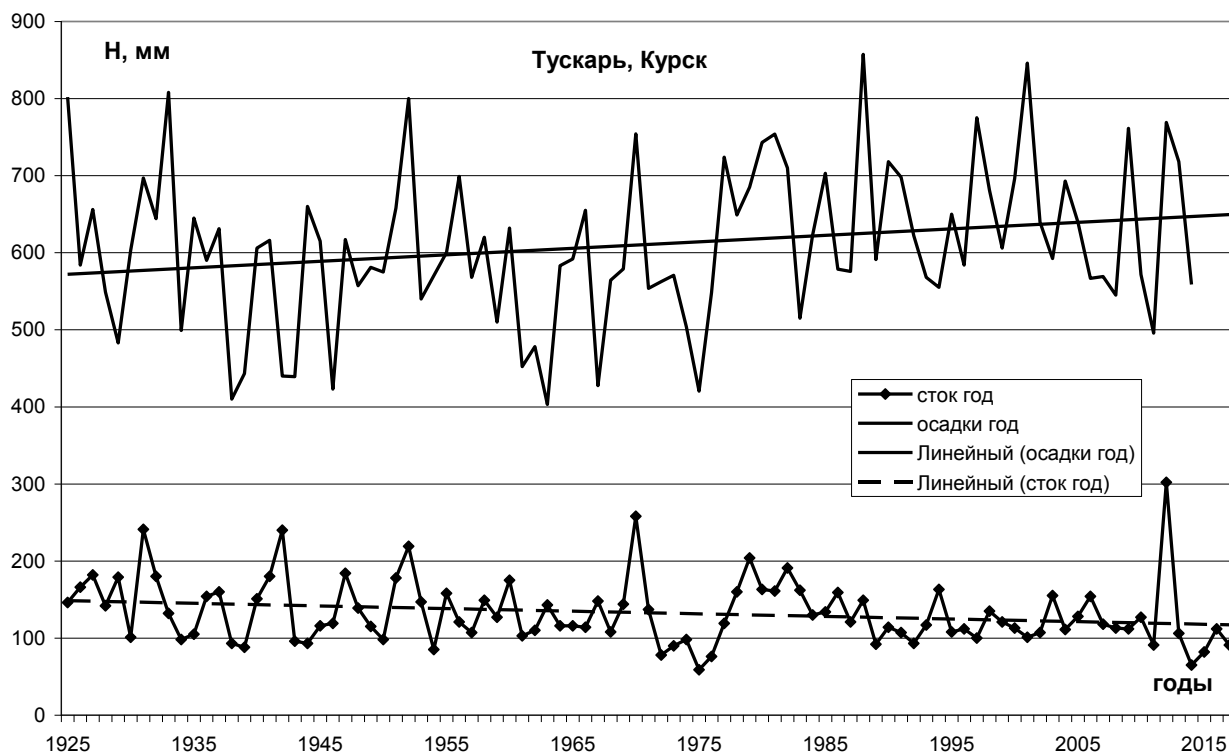


Рис.3. Динамика многолетних значений слоя годового стока для г. п. р. Тускарь – г. Курск и годового слоя осадков по метеостанции г. Курск

Fig. 3. Dynamics of long-term values of the annual runoff layer for the town of river Tuskar – Kursk and the annual precipitation layer at the Kursk weather station



Рис.4. Динамика многолетних значений максимальной глубины промерзания почвы по данным метеостанции г. Курска

Fig.4. Dynamics of long-term values of the maximum depth of soil freezing according to the data of the Kursk weather station

Противоположная тенденция характерна для минимальных расходов летней и зимней межени. Многолетние значения рассматриваемых характеристик меженного стока как зимы, так и лета (периода открытого русла) имеют значимую тенденцию к увеличению. Проверка на статистическую однородность и, следовательно, значимость линейных трендов доказала наличие неоднородности в рядах минимальных летних и зимних расходов.

При этом многолетняя динамика слоя годового стока статистически не значима, хотя и выражена в незначительном снижении стока за календарный год. Но с точки зрения статистики, годовой сток можно считать стабильным. Интересно, что годовые суммы осадков, как и годовой сток, относительно стабильны, их ряд однороден. При этом отмечается слабая, статистически незначимая тенденция роста годовых сумм осадков. То есть годовой сток и годовые суммы осадков имеют хоть и слабо выраженные, но противоположные тенденции за многолетний, в нашем случае практически 100-летний, период.

Аналогичным образом были проанализированы ряды многолетних гидрологических характеристик половодья для 38 гидрологических постов Центрального Черноземья с наиболее продолжительными рядами наблюдений. Важно отметить, что аналогичные результаты получены как для малых (Мокрая Панда, Сердюки, 73 км²), так и для средних и крупных (Хопер, Новохоперск, 34800 км²) рек всего региона. Результаты представлены в табл. 1. У большинства рек ряды максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья неоднородны, Снижение интенсивности половодья во второй половине периода наблюдений статистически значимо. Так же для большинства рек характерно увеличение меженного стока – минимального стока периода открытого русла и периода ледостава. Годовой же сток, как и суммарные годовые слои выпавших осадков, относительно стабильны.

Как следует из табл. 1, по всем гидрологическим постам, включенным в выборку, многолетние ряды максимальных срочных расходов воды неоднородны и имеют выраженную тенденцию к снижению. Тенденции изменения других рассмотренных в таблице характеристик имеют более неоднозначное распределение по исследуемой территории.

Многолетний тренд, показывая общую тенденцию изменения гидрологической или климатической характеристики за весь период наблюдений, не позволяет установить, как изменяется эта тенденция за более короткие отрезки времени. Для более детального анализа внутривековых изменений водного режима рек нами использованы нормированные разностные интегральные кривые (РИК). Для их построения используются нарастающие суммы отклонений нормированных модульных коэффициентов ежегодных значений расходов или слоев стока от среднего многолетнего значения [Апухтин, Кумани, 2012], вычисляемые по формуле:

$$Ki = (Qi - Qcp) / \sigma Q,$$

где Ki – отклонение нормированного модульного коэффициента в i -тый год от нормы; Qi – расход воды в i -тый год; Qcp – среднее многолетнее значение расхода воды (норма стока); σQ – среднее квадратическое отклонение характеристики стока за многолетний период наблюдений.

На рис. 5–8 представлены нормированные разностные интегральные кривые всех рассматриваемых характеристик стока реки Тускарь у г. Курска и влияющих на них показателей.

Таблица 1
Table 1

Результаты оценки однородности рядов многолетних гидрологических характеристик половодья при 5-процентном уровне значимости
Results of the assessment of the homogeneity of the series of long-term hydrological characteristics of the flood at the 5% level of significance

№ п/п	Гидрологический пост	Продолжительность половодья, Т	Максимальный расход, Q _{макс.}	Слой стока половодья, Y	Модуль годового стока, М
1	Болва – Псурь	+	–	+	–
2	Десна – Брянск	+	–	+	+
3	Десна – Голубея	+	–	+	+
4	Коста – Глазово	–	–	–	+
5	Навля – Навля	+	–	–	+
6	Нерусса – Радогощ	–	–	–	+
7	Псел – Обоянь	+	–	–	+
8	р. Битюг – г. Бобров	–	–	–	+
9	р. Битюг – пгт Мордово	–	–	–	+
10	р. Валуй – г. Валуйки	+	–	–	–
11	р. Ворона – г. Борисоглебск	–	–	–	+
12	р. Ворона – г. Уварово	–	–	+	+
13	р. Девица – с. Девица	–	–	–	+
14	р. Дон – г. Задонск	–	–	–	+
15	р. Мокрая Панда – с. Курдюки	–	–	–	–
16	р. Нежеголь – г. Шебекино	+	–	–	+
17	р. Осколец – г. Старый Оскол	+	–	–	–
18	р. Оскол – р.п. Раздолье	+	–	–	+
19	р. Оскол – сл. Ниновка	+	–	–	–
20	р. Подгорная – г. Калач	–	–	–	+
21	р. Сосна – г. Елец	–	–	–	+
22	р. Сосна – сл. Беломестная	–	–	–	+
23	р. Тим – с. Новые Савины	–	–	–	–
24	р. Тихая Сосна – г. Алексеевка	–	–	–	+
25	р. Хопер – г. Новохоперск	–	–	+	+
26	р. Хопер – г. Поворино	–	–	+	+
27	Рать – Беседино	–	–	–	+
28	Реут – Любичская	–	–	–	+
29	Свапа – Старый город	–	–	–	+
30	Сев – Новоямское	+	–	+	–
31	Сейм – Зуевка	–	–	–	+
32	Сейм – Лебяжье	–	–	–	+
33	Сейм – Рыльск	–	–	–	+
34	Сейм – Рышково	–	–	–	+
35	Снова – Щурово	–	–	–	+
36	Суджа – Замостье	+	–	–	+
37	Судость – Погар	+	–	–	+
38	Тускарь – Курск	–	–	–	+

Примечания: знак «+» означает, что ряд гидрологических характеристик однороден; «–» – ряд гидрологических характеристик неоднороден.



Рис. 5. Нормированные разностные интегральные кривые наибольшего срочного расхода (макс. расход) и слоя стока весеннего половодья (Н половодья) для г. п. р. Тускарь – г. Курск
Fig. 5. Normalized difference integral curves of the highest urgent flow rate (max. flow rate) and the spring flood runoff layer (H flood) for the town of river Tuskar – Kursk

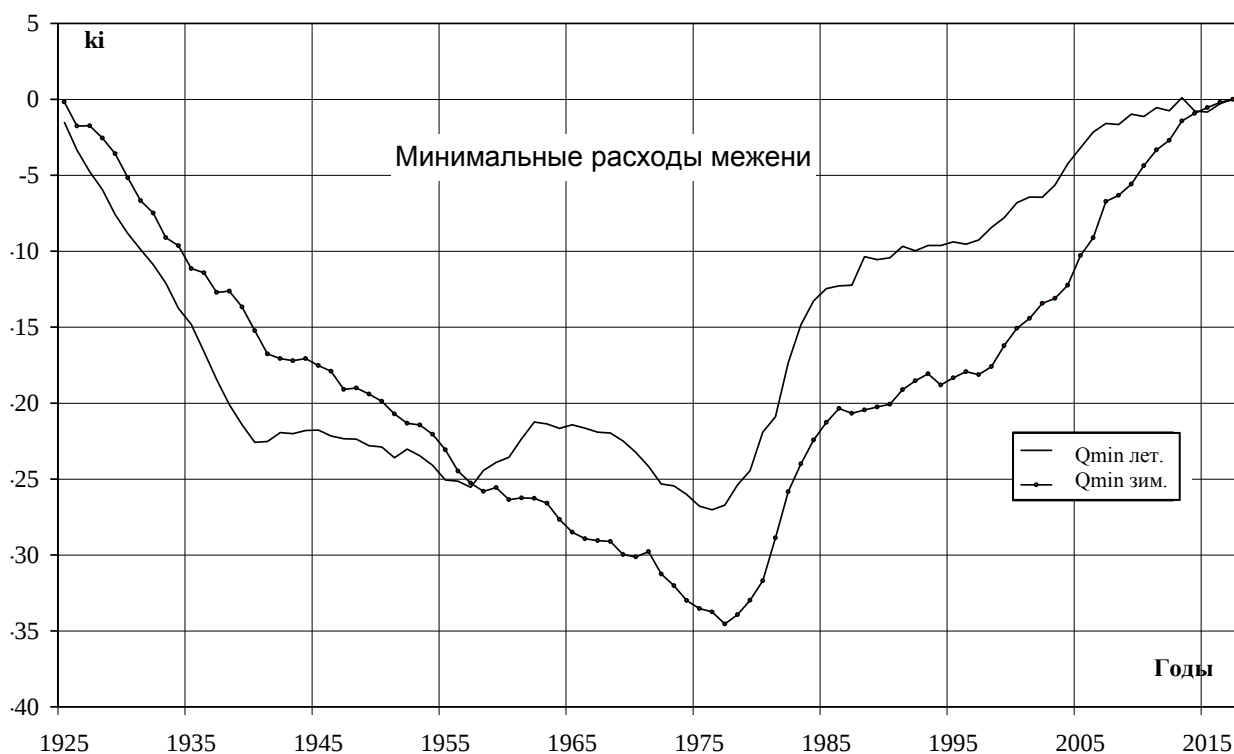


Рис. 6. Нормированные разностные интегральные кривые минимальных расходов летней и зимней межени для г. п. р. Тускарь – г. Курск
Fig. 6. Normalized difference integral curves of the minimum expenses of summer and winter autumn for the town of river Tuskar – Kursk

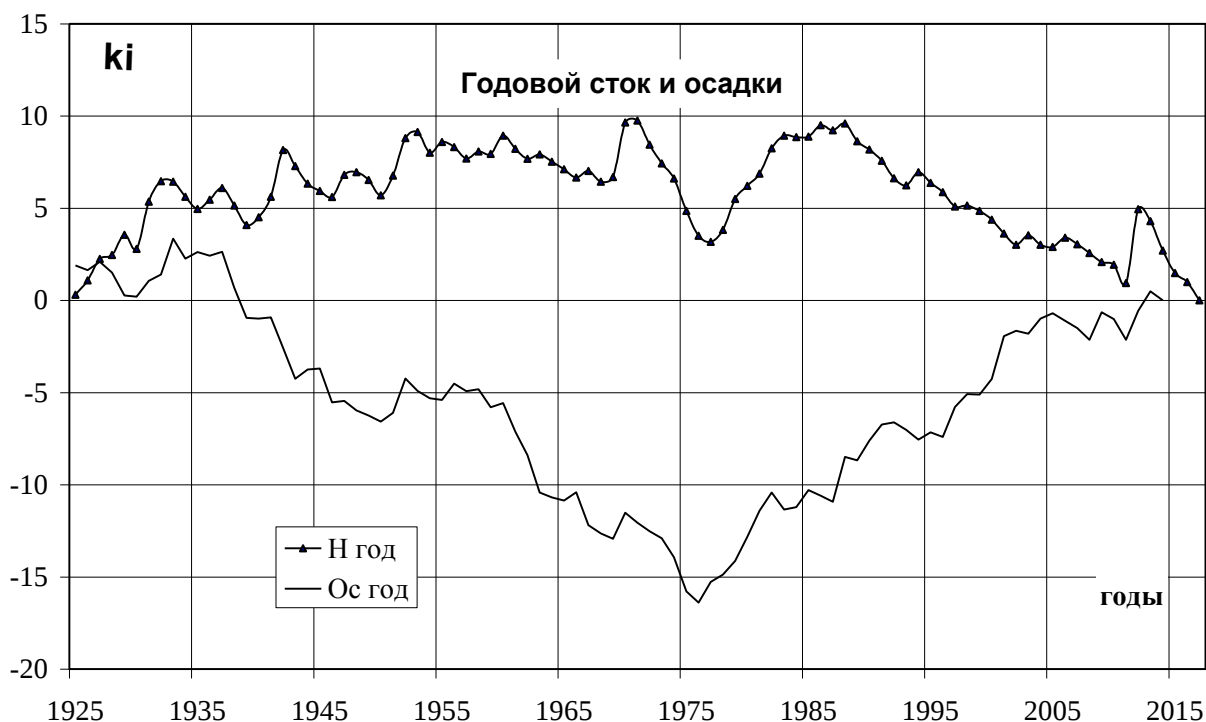


Рис. 7. Нормированные разностные интегральные кривые годовых слоев стока (Н год) для г. п. на р. Тускарь – г. Курск и годовых слоев осадков (Ос. год) по метеостанции г. Курска
Fig. 7. Normalized difference integral curves of annual runoff layers (H year) for the town of river Tuskar – Kursk river and annual precipitation layers (Os. year) at the Kursk weather station

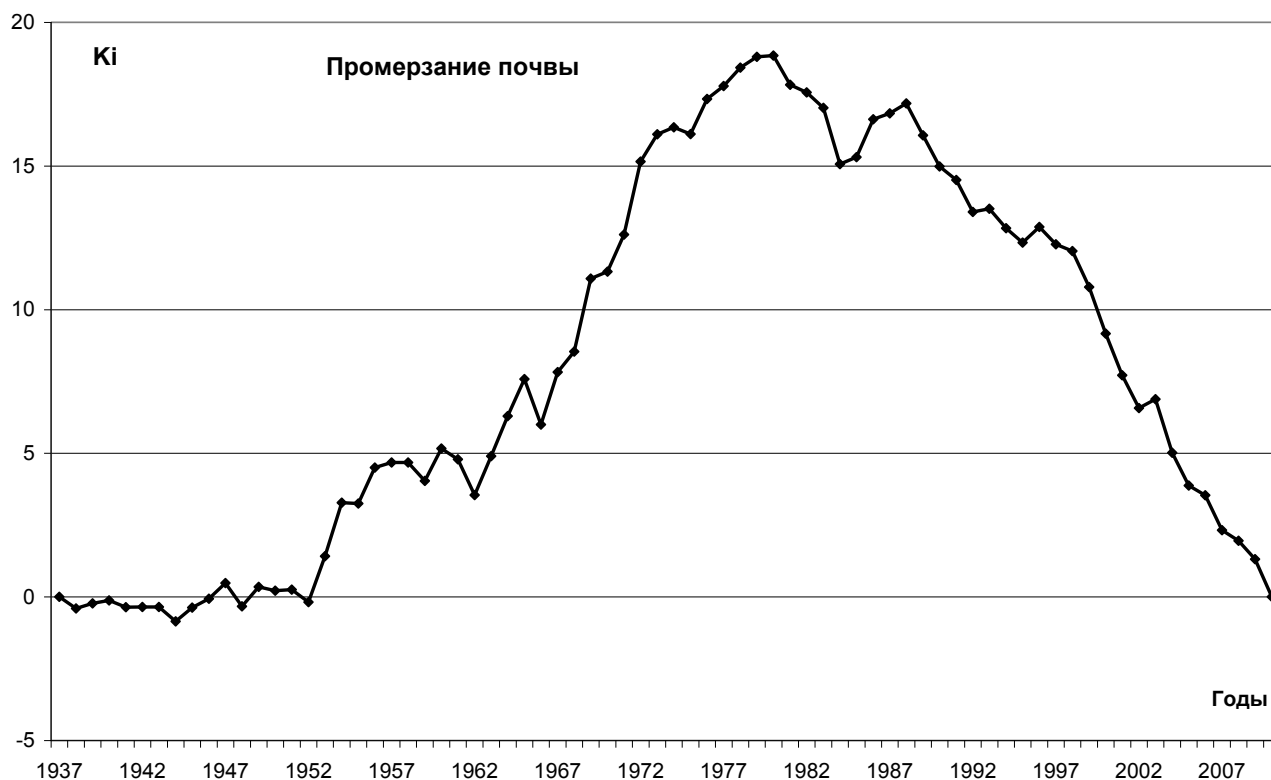


Рис. 8. Нормированная разностная интегральная кривая максимальных за зиму слоев промерзания почвенного покрова на пашне по данным метеостанций Курской области
Fig. 8. Normalized difference integral curve of the maximum winter layers of soil freezing on arable land according to weather stations of the Kursk region



Характер РИК для обеих характеристик весеннего половодья – максимального расхода и слоя стока практически идентичен, поскольку между ними существует тесная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции за многолетний период равен 0,88).

По характеру РИК можно выделить три четко дифференцированных периода (табл. 2):

- 1) с 1924 по 1952 годы – сток выше нормы (среднее значение);
- 2) с 1953 по 1988 годы – сток в пределах нормы;
- 3) с 1989 по 2017 годы – сток весеннего половодья существенно ниже нормы.

Таблица 2
Table 2

Результаты оценки однородности рядов многолетних гидрологических характеристик
половодья и промерзания почвы

The results of the assessment of the uniformity of the series of long-term hydrological
characteristics of high water and soil freezing

Периоды	Максимальный расход половодья, м ³ /с	Слой стока поло- водья, мм	Максимальная глубина про- мерзания почвы, см
1) с 1924 по 1952	377	94,3	74,5*
2) с 1953 по 1988	218	66,7	89,1
3) с 1989 по 2017	79	35,5	51,8
за весь период	222,4	65,3	74,9

Примечание: для промерзания – 1-й период с 1938 по 1952 гг.

Характер РИК для обеих характеристик летней и зимней межени – минимальных суточных расходов, несколько различается, но можно отметить общую тенденцию: в первую половину периода минимальный сток был существенно ниже, чем во вторую часть периода (см. рис. 5).

По характеру РИК можно выделить два различных периода (табл. 3):

- 1) с 1924 по 1977 годы – минимальный меженный сток ниже нормы (среднего значения);
- 2) с 1988 по 2017 годы – минимальный меженный сток существенно выше нормы.

Таблица 3
Table 3

Результаты оценки однородности рядов многолетних гидрологических характеристик
летней и зимней межени, годового слоя стока и годового слоя атмосферных осадков

Results of the assessment of the uniformity of the series of long-term hydrological
characteristics of summer and winter autumn, annual runoff layer and annual precipitation layer.

Периоды	Минимальный расход летней межени, м ³ /с	Минимальный расход зимней межени, м ³ /с	Годовой слой стока	Годовой слой осадков
1) с 1924 по 1977	2,3	2,5	135	580
2) с 1978 по 2017	3,8	4,5	130	651
за весь период	2,94	3,39	133,0	609

Характер РИК для годового слоя стока р. Тускарь у г. Курска свидетельствует о том, что эта характеристика речного стока самая стабильная. За весь период наблюдений слой годового стока, меняясь по годам, тем не менее, за более продолжительные периоды остается практически идентичным, то есть средние годовые расходы и слои стока колеблются около среднего многолетнего значения – нормы стока изменяются по периодам не более чем на 2–3 %, что в пределах точности измерений. При этом изменения максимального

стока по выявленным периодам – более 3 раз, а меженного – около 2 раз (то есть на 300 % и 200 % соответственно).

Относительно стабилен и годовой слой осадков за изучаемый вековой период. По характеру РИК можно выделить два периода, совпадающие с периодами изменения меженного стока:

1) с 1924 по 1977 гг. средний годовой слой осадков ниже нормы (среднего значения);

2) с 1988 по 2017 гг. средний годовой слой осадков выше нормы.

Но различия средних годовых слоев осадков за эти периоды не превышают 5 % от годовой нормы осадков. Такое изменение годового стока по многолетним периодам не может объяснить 2–3-кратного изменения максимального и минимального стока за те же периоды.

Важно отметить, что многолетние изменения стока половодья и меженных периодов находятся в противофазе, то есть в многолетней перспективе при снижении стока половодья меженный сток растет и наоборот, периоды с более высоким стоком половодья соответствуют пониженному стоку меженных периодов.

Очевидно, что мы имеем дело с многолетней тенденцией перераспределения стока рек по сезонам года: сток половодья сокращается, меженный сток растет.

Для определения возможных причин выявленных изменений максимального и минимального стока необходимо исследовать большое количество природных, в первую очередь климатических факторов и факторов антропогенного влияния.

Наиболее очевидной причиной хозяйственного влияния на перераспределение стока по сезонам, то есть его внутригодовым перераспределением, приводящим к снижению стока половодья и увеличению стока межени, является интенсивное строительство прудов на территории Центрального Черноземья. Пик гидротехнического строительства пришелся на 1960–1980 гг. За это время были построены более 500 прудов по всей Курской области. Нарастание суммарной емкости прудов в бассейне р. Тускарь, в бассейне р. Сейм до впадения р. Тускарь и суммарно в бассейнах Тускари и Сейма до створа ниже Курска показано на рис. 9.

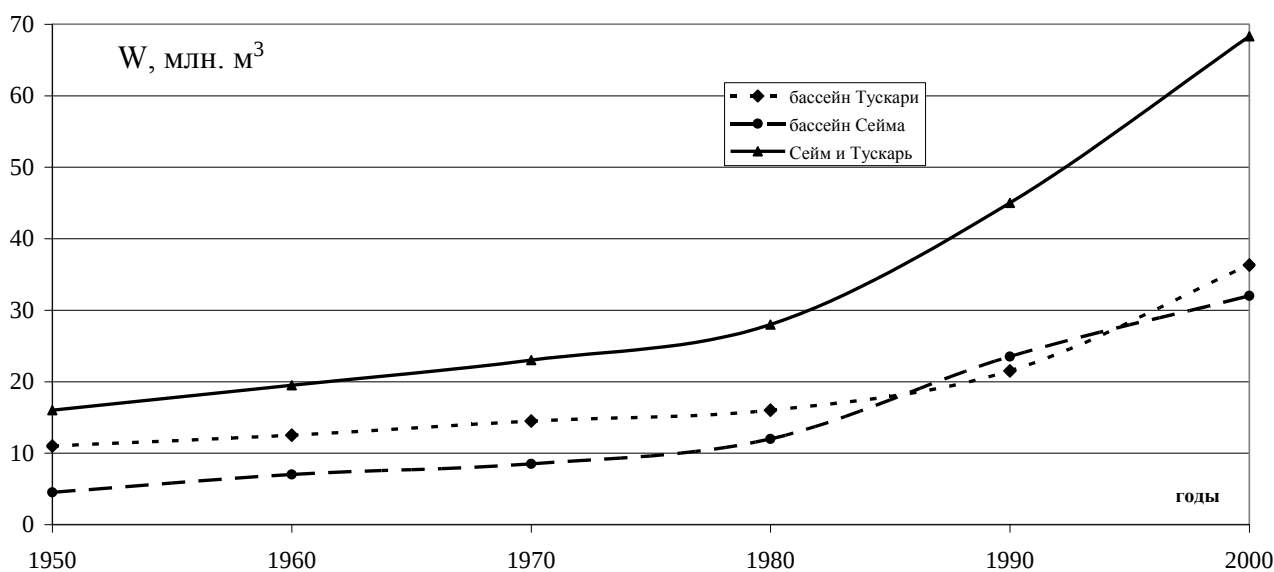


Рис. 9. Нарастание суммарного объема прудов, построенных в бассейнах рек Тускарь и Сейм

Fig. 9. The increase in the total volume of ponds built in the basins of the Tuskar and Seim rivers

К 2000 г. суммарный объем прудов в бассейне р. Тускарь составил 36,3 млн. м³. При среднем многолетнем слое стока половодья р. Тускарь, равном 65,3 мм, объем половодья

составляет 155 млн. м³, то есть объем регулирования в средний по водности год составляет около 25 %, а в маловодный до 50–60 %. За счет регулирующей емкости существенная часть стока половодья накапливается в прудах. Накопленная вода поступает в реки в летнюю межень как через водосбросы прудов, так и за счет дополнительного питания подземных водоносных горизонтов, разгружающихся в речную сеть. Вода летних и осенних ливневых дождей также аккумулируется прудами и дополнительно питает реки в зимнюю межень.

Кроме того, на территории Курской области в 1980 годы внедрялись противоэрозионные комплексы, включающие лесные полосы, безотвальную вспашку, мульчирование пашни пожнивными остатками растений. Все эти приемы также способствовали снижению части стока половодья и переводу его в грунтовый сток.

Таким образом, техногенные факторы трансформации стока р. Тускарь и всего региона, изменившись к концу 1980 годов, «перевели» процессы формирования стока на новый уровень. В дальнейшем строительство прудов прекратилось, сменившись их разрушением и деградацией, культура земледелия также ухудшилась. Поскольку борьба за урожай свелась к мощным дозам удобрений и ядохимикатов, а борьба с эрозией и сохранение почвенного плодородия отошли на второй план, влияние хозяйственных факторов стабилизировалось, в динамике изменения стока важнее стали факторы природной среды – потепление климата и связанные с ним процессы на склоновых угодьях и водосборах рек.

Наиболее существенным природным фактором, поддерживающим выявленные тенденции изменений речного стока, следует считать все более очевидные изменения климата, проявившиеся в конце 20 и начале 21 века. Более теплые зимы с частыми оттепелями, слабое промерзание почвенного покрова в течение зимних периодов приводят к снижению стока половодья при сохраняющейся сумме зимних осадков. В летнее время из-за усиления циклонической деятельности снижается испарение, что благоприятствует более стабильному межённому стоку.

Сказанное подтверждается характером разностной интегральной кривой максимальной глубины промерзания почвы (см. рис. 8, табл. 2). Пик перелома приходится на тот же 1980 г., значения глубин промерзания изменяются по выявленным периодам так же, как характеристики весеннего половодья – максимальные расходы и сроки стока.

Задача количественной оценки вклада перечисленных и иных природных и хозяйственных факторов, определяющих перераспределение стока рек Центрального Черноземья, снижение стока половодья и возрастания меженных расходов – задача более детальных исследований с построением статистических и динамических моделей формирования стока [Лисецкий и др., 2015; Ясинский, Сидорова, 2018].

Заключение

Таким образом, в пределах относительно небольшой территории Центрально-черноземного района наблюдаются значительные изменения характеристик весеннего стока и стока летней и зимней межени, свидетельствующие о перераспределении стока рек внутри сезонов гидрологического года. Логично предположить, что это подразумевает существование значимых изменений и в динамике стокоформирующих факторов. Следует отметить, что применяемые методы линейных трендов и разностных интегральных кривых относительно малоинформативны. Их применение позволило выявить направленность и статистическую значимость изменений элементов весеннего и меженного стока при относительной стабильности годового стока и годовых сумм осадков. Количественная оценка роли различных факторов в имеющих место процессах трансформации стока рек – задача более углубленных исследований.

Следует также обратить внимание на роль выявленных процессов трансформации речного стока на склоновые и русловые эрозионные процессы, изменение статистических

параметров максимального и минимального стока рек, что необходимо учитывать в гидрологических расчетах и прогнозах, в оценке экологического состояния рек и связанных с ними водоемов.

Список литературы

1. Алексеевский Н.И., Кузьмина Е.О., Базелюк А.А. 2014. Термический режим рек на юге Европейской территории России. Известия Российской академии Наук. Серия Географическая, 5: 55–66.
2. Апухтин А.В., Кумани М.В. 2012. Современные изменения условий формирования слоя стока весеннего половодья рек Курской области. Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета, 1 (21): 300–311.
3. Апухтин А.В., Кумани М.В. 2015. Многолетняя динамика основных элементов весеннего стока малых и средних рек Центрального Черноземья. Научные ведомости Белгородского научного университета. Серия Естественные науки, 21 (218): 114–120.
4. Бабкин В.И., Клиге Р.К. 2005. Механизм увлажнения и сток рек Русской равнины. Водные ресурсы, 32 (1): 108–114.
5. Бучик С.В., Дмитриева В.А. 2019. Формирование абсолютных минимумов стока летне-осенней межени в бассейне Верхнего Дона. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 6: 35–47. DOI 10.35567/1999-4508-2019-6-3.
6. Бучик С.В., Дмитриева В.А., Сушков А.И., Шестопалова Т.А. 2019. Некоторые аспекты гидрологического режима рек Верходонья. В кн.: Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Материалы международной научно-практической конференции, 03–05 октября 2019, Воронеж, Цифровая полиграфия: 355–359.
7. Василенко А.Н. 2019. Современные представления о термическом режиме рек и его трансформациях в условиях изменяющегося климата. В кн.: Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Материалы Международной научно-практической конференции, 03–05 октября 2019, Воронеж, Цифровая полиграфия: 359–363.
8. Веденеева Е.А. 2018. Моделирование водного стока рек в различных ландшафтных условиях равнинной части европейской территории России. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42 (4): 547–549. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-4-540-549.
9. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милукова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А., Вишневская И.А., Бородин О.О. 2014. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Москва, Макс-Пресс, 214 с.
10. Дмитриева В.А. 2018. Аномалии весеннего половодья в Донском бассейне и их водохозяйственные и гидроэкологические последствия. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42 (2): 181–190. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-181-190.
11. Дмитриева В.А., Москайкина С.В. 2013. Изменчивость водного режима в верховье Донского бассейна в современный климатический период. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 1: 17–21.
12. Киселев В.В., Курепина В.А., Корнилов А.Г. 2020. Динамика гидрохимических показателей малых рек в связи с внесением химических удобрений на сельскохозяйственные поля. Геология, география и глобальная энергия, 2 (77): 102–110.
13. Коронкевич Н.И., Мельник К.С. 2017. Изменение стока реки Москвы в результате антропогенных воздействий. Водные ресурсы, 44 (1): 3–14. DOI: 10.7868/S0321059617010072.
14. Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Ясинский С.В. 2018. О гидрологических изменениях. Вопросы географии, 145: 15–34.
15. Кумани М.В., Бабкина О.П. 2005. Изучение трансформации гидрологического режима рек Курской области под влиянием сельскохозяйственного производства. В кн.: Геоэкологические исследования Курской области. Курск, Курский Государственный Университет: 101–111.
16. Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Буряк Ж.А., Павлюк Я.В., Нарожная А.Г., Землякова А.В., Маринина О.А. 2015. Реки и водные объекты Белогорья. Белгород, Константа, 362 с.



17. Решетников В.С., Корнилов А.Г., Лебедева М.Г. 2018. Изменчивость водного режима малых рек (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42 (1): 71–79. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79.
18. Ясинский С.В., Гуров Ф.Н., Шилькрот Г.С. 2007. Метод оценки выноса биогенных элементов в овражно-балочную и речную сеть малой реки. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 44–53.
19. Ясинский С.В., Сидорова М.В. 2018. Динамика водоёмкости в России и её регионах. Вопросы географии, 145: 406–413.
20. Lisetskii F. 2021. Rivers in the focus of natural-anthropogenic situations at catchments. Geosciences (Switzerland), 11 (2): 1–6. DOI: 10.3390/geosciences11020063.

References

1. Alekseevsky N.I., Kuzmina Ye.O., Bazelyuk A.A. 2014. Thermal regime of the rivers in the south of European Russia. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya, 5: 56–66 (in Russian).
2. Apukhtin A.V., Kumani M.V. 2012. Sovremennyye izmeneniya usloviy formirovaniya sloya stoka vesennego polovodia rek Kurskoy oblasti [Modern changes in the conditions of formation of the runoff layer of the spring flood of rivers in the Kursk region]. Uchenyye zapiski: elektronnyy nauchnyy zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta, 1 (21): 300–311.
3. Apukhtin A.V., Kumani M.V. 2015. Longstandig dynamics of basic elements of the spring drain of the small and middle rivers of the Central Chernozem region. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 21 (218): 114–120 (in Russian).
4. Babkin V.I., Klige R.K. 2005. Mechanism of wetting and river runoff in the East European plain. Water Resources, 32 (1): 101–106 (in Russian).
5. Buchik S.V., Dmitrieva V.A. 2019. The Timing of the Onset of Lows of the SummerAutumn Low Water in the Basin of Upper Don. Water sector of russia: problems, technologies, management, 6: 35–47 (in Russian). DOI 10.35567/1999-4508-2019-6-3.
6. Buchik S.V., Dmitrieva V.A., Sushkov A.I., Shestopalova T.A. 2019. Nekotoryye aspekty gidrologicheskogo rezhima rek Verkhodonia [Some aspects of the hydrological regime of the Verkhodonya rivers]. In: Globalnyye klimaticheskiye izmeneniya: regionalnyye efekty. modeli. prognozy [Global climatic changes: regional effects, models, forecasts]. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 03–05 October 2019, Voronezh, Publ. Digital Printing: 355–359.
7. Vasilenko A.N. 2019. Sovremennyye predstavleniya o termicheskom rezhime rek i ego transformatsiyakh v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata [Modern ideas about the thermal regime of rivers and its transformations in a changing climate]. In: Globalnyye klimaticheskiye izmeneniya: regionalnyye efekty. modeli. prognozy [Global climatic changes: regional effects, models, forecasts]. Materials of the International Scientific and Practical Conference, 03–05 October 2019, Voronezh, Publ. Digital Printing: 359–363.
8. Vedeneeva E.A. 2018. Modeling of River Run-off in the Different Landscape Conditions on Plain Part of the European Part of Russia. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 42 (4): 540–549 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-4-540-549.
9. Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Milyukova I.P., Kashutina E.A., Barabanova E.A., Vishnevskaya I.A., Borodin O.O. 2014. Sovremennyye i stsenarnyye izmeneniya rechnogo stoka v basseynakh krupneyshikh rek Rossii [Modern and scenario changes in river flow in the basins of the largest rivers in Russia]. Moscow, Publ. Max-Press, 214 p.
10. Dmitrieva V.A. 2018. Of Spring Flood in Don River Basin and their Water Management and Hydroecological Consequences. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 42 (2): 181–190 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-181-190.
11. Dmitrieva V.A., Maskaykina S.V. 2013. The variability of the water regime in the upper Don basin in modern climatic period. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 1: 17–21 (in Russian).

12. Kiselev V.V., Kurepina V.A., Kornilov A.G. 2020. Dynamics of Hydrochemical Indicators of Small Rivers in Connection with the Introduction of Chemical Fertilizers on Agricultural Fields. *Geology, geography and global energy*, 2 (77): 102–110 (in Russian).
13. Koronkevich N.I., Mel'nik K.S. 2017. Changes in Moskva r. runoff under anthropogenic impacts. *Water Resources*, 44 (1): 1–11 (in Russian). DOI: 10.7868/S0321059617010072.
14. Koronkevich N.I., Georgiadi A.G., Yasinsky S.V. 2018. On Hydrological Changes. *Geography issues*, 145: 15–34 (in Russian).
15. Kumani M.V., Babkina O.P. 2005. Izuchenie transformatsii gidrologicheskogo rezhima rek Kurskoy oblasti pod vliyaniem selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Study of the transformation of the hydrological regime of the rivers of the Kursk region under the influence of agricultural production]. In: *Geoekologicheskiye issledovaniya Kurskoy oblasti* [Geoecological studies of the Kursk region]. Kursk, Publ. Kursk State University: 101–111.
16. Lisetskii F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A., Pavluk Ya.V., Narozhnyaya A.G., Zemlyakova A.V., Marinina O.A. 2015. Reki i vodnyye obyekty Belogoria [Rivers and water bodies of Belogorye]. Belgorod, Publ. Constanta, 362 p.
17. Reshetnikov V.S., Kornilov A.G., Lebedeva M.G. 2018. Variability of the water regime of small rivers (on the example of the Belgorod region). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 42 (1): 71–79 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79.
18. Yasinsky S.V., Goorov F.N., Shilkrot G.S. 2007. Method of Drifted-Over Evaluation of Biogenic Elements to Ravine-Balka and River System by Small River. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 44–53 (in Russian).
19. Yasinsky S.V., Sidorova M.V. 2018. Dynamics of water intensity of the economy in Russia and its regions. *Questions of geography*, 145: 406–413 (in Russian).
20. Lisetskii F. 2021. Rivers in the focus of natural-anthropogenic situations at catchments. *Geosciences (Switzerland)*, 11 (2): 1–6. DOI: 10.3390/geosciences11020063.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кумани Михаил Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат географических наук, профессор кафедры физической географии и геоэкологии Курского государственного университета, г. Курск, Россия

Шульгина Диана Владимировна, аспирант Курского государственного университета, г. Курск, Россия

Киселев Владислав Викторович, преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mihail V. Kumani, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Geographical Sciences, Professor of the Department of Physical Geography and Geoecology of the Kursk State University, Kursk, Russia

Diana V. Shulgina, Post-graduate student of Kursk State University, Kursk, Russia

Vladislav V. Kiselev, Lecturer of the Chair of Natural Sciences of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia