



УДК 556.16

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕСЕННЕГО
СТОКА МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**
**LONGSTANDIG DYNAMICS OF BASIC ELEMENTS OF THE SPRING DRAIN OF
THE SMALL AND MIDDLE RIVERS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION**

А.В. Апухтин, М.В. Кумани
A.V. Apukhtin, M. V. Kumani

*Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 35.
Kursk state university, 35, Radishchev St, Kursk, 305000, Russia
E-mail: apukhtin87@gmail.com, kumanim@yandex.ru*

Ключевые слова: половодье, слой весеннего стока, максимальные расходы воды, многолетняя динамика, коэффициент редуции.

Key words: high water, layer of a spring drain, maximum expenses of water, longstandig dynamics, coefficient of reduction.

Аннотация. Проведена оценка динамики весеннего стока средних и малых рек Центрального Черноземья, произошедшей в XX и начале XXI века. Определены периоды проявления изменений, их интенсивность и статистическая значимость. Составлены карты-схемы пространственного распределения коэффициентов редуции максимальных расходов воды, слоя стока и продолжительности половодья.

Выявлены периоды, характеризующиеся изменением средних значений элементов весеннего стока. Датами начала таких периодов являются: 1953, 1971, 1989 и 2002 годы. Статистически значимые изменения слоя стока половодья произошли в 1971 г. с коэффициентом редуции 0.5–0.7. Для максимальных расходов характерны значимые изменения в 1971 и 1989 гг., при этом коэффициент редуции колеблется от 0.35 до 0.7–0.8 и 0.5–1 соответственно. Особенностью многолетних колебаний продолжительности половодья после 1971 и 1989 гг. является его возрастание в восточной части района исследования, коэффициент редуции составляет здесь 1.3–1.5.

Resume. The assessment of changes of a spring drain of the middle and the small rivers of the Central Chernozem region which occurred in 20th and the beginning of the 21th century was carried out. Terms of manifestation of changes, their intensity and the statistical importance were determined. Schematic maps of spatial distribution of coefficients of the reduction of the maximum expenses of water, layer of the drain and duration of the high water were made up.

The periods which are characterized by change of the middle values of elements of a spring drain were revealed. Start dates of such periods are: 1953, 1971, 1989 and 2002 years. Statistically significant changes of a layer of a drain of a high water took place in 1971 with coefficient of the reduction 0.5–0.7. For the maximum expenses are characteristic significant changes in 1971 and 1989, while the coefficient of a reduction accordingly oscillate from 0.35 to 0.7–0.8 and 0.5–1. The feature of longstandig fluctuations of duration of a high water after 1971 and 1989 is its increase in east part of the area of research and the coefficient of a reduction makes here 1.3–1.5.

Введение

Наличие направленной динамики климатических изменений и проявление разнообразных факторов хозяйственного воздействия неминуемо приводят к изменению стока малых и средних рек, в том числе, стока весеннего половодья [Кумани, Апухтин, 2012]. В XX и начале XXI века стокоформирующие факторы меняли объем и интенсивность половодья. В различные моменты времени начинали действовать разнообразные факторы, так или иначе влияющие на сложные взаимосвязанные процессы, результатом которых является формирование слоя стока и максимальных расходов половодья. Кроме того, отмечается ряд изменений в формировании стока малых и средних рек Центрального Черноземья, связанных с хозяйственной деятельностью человека. За период хозяйственного освоения водосборов рек изменяется структура сельскохозяйственного производства, способы и приемы обработки почв, начинает применяться тяжелая сельскохозяйственная техника, проводятся агротехнические мероприятия и полезащитное лесоразведение, выполняются комплексы лесозащитных, гидромелиоративных мероприятий, интенсивно строятся пруды и водохранилища [Кумани, 2003]. Одновременно отмечаются изменения климатических условий формирования талого стока, выраженные, в частности, в смене преобладающих типов атмосферной циркуляции [Андронников, Савченко, 2014] и, как следствие, в изменении температурного фона холодного периода, учащение оттепелей, меньшее промерзание почв и др.



Объекты и методы исследования

Границы изучаемого нами района определяются комплексно, исходя из административно-территориального и бассейнового принципа. Южной границей является государственная граница Российской Федерации и Республики Украина, северная и восточная - водоразделы бассейнов рек Днепр и Дон с бассейнами Оки и Волги. В исследуемую территорию входят как области Центрально-Черноземного района (Курская, Белгородская, Воронежская, Липецкая и Тамбовская области), так и частично или полностью территории других регионов (Брянская, Смоленская, Калужская, Орловская, Тульская, Рязанская, Пензенская, Саратовская области) (рис. 1).

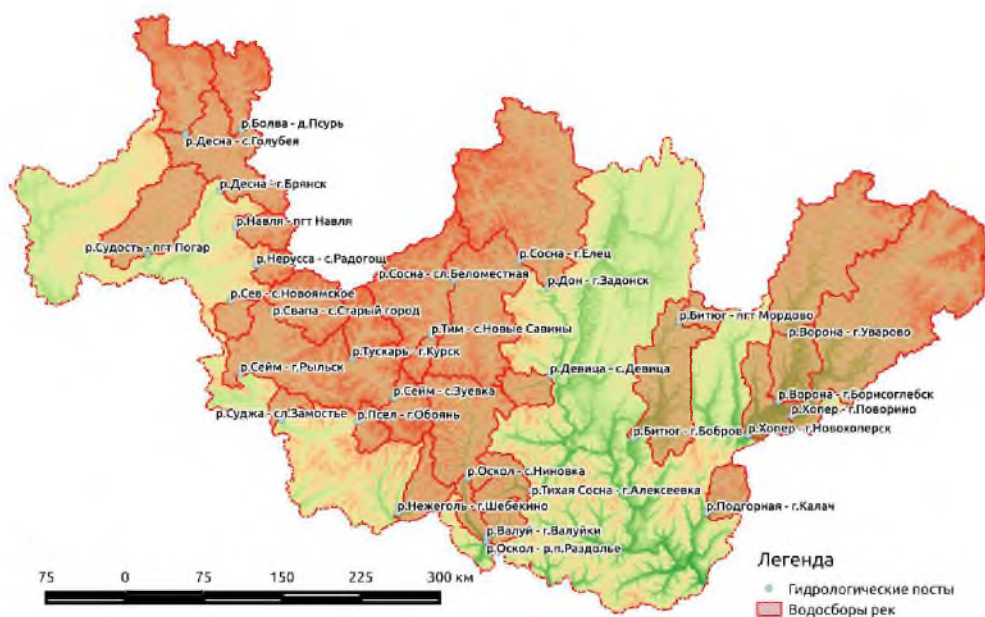


Рис. 1. Схема расположения бассейнов – объектов изучения
 Fig. 1. The plan of an arrangement of the basins – research objects

Изменения природных и хозяйственных условий формирования стока выявляются могут быть выявлены по результатам анализа данных многолетних наблюдений на сети гидрологических станций и постов Росгидромета. Существует ряд методов для качественного выявления и количественной оценки изменений характеристик стока весеннего половодья. Среди методов и приемов, позволяющих вскрыть неоднородность гидрометеорологических рядов, приведенных в [Методические рекомендации ..., 2010], нами использованы методы двойных и разностных интегральных кривых. Их использование обусловлено наличием длительных рядов наблюдений за гидрологическими параметрами, а так же простотой и наглядностью применения [Исаев, 1988]. Для проверки гидрологических рядов на стационарность нами использованы критерии Фишера и Стьюдента с введением поправок, учитывающих асимметрию рядов и внутрирядную связанность.

После выделения характерных периодов с различающимися характеристиками стока весеннего половодья определялось средние за период значения исследуемой величины. Отклонения от среднего значения за весь период наблюдений выражалось коэффициентом редукции (K_r). Полученные значения K_r экстраполировались между пунктами наблюдения (центрами тяжести водосборов) с применением функционала ГИС QGIS 2.8 для каждого из выявленных периодов с различающейся водностью.

Результаты и их обсуждение

В многолетней динамике основных характеристик весеннего стока Центрального Черноземья графоаналитическими методами выявлены периоды, характеризующиеся изменением средних значений. Датами начала таких периодов являются: 1953, 1971, 1989 и 2002 годы.

По выделенным периодам определены средние значения характеристик весеннего и годового стока, по которым вычислены коэффициенты редукции (K_r), характеризующие относительное отклонение средних за период величин от условной нормы – среднего за многолет-



ний период. Визуализация пространственного распределения коэффициента редукции максимального расхода (Q_{max}), слоя стока (Y) и продолжительности половодья (T), а так же статистическая значимость изменений представлены на рисунках 2–4.

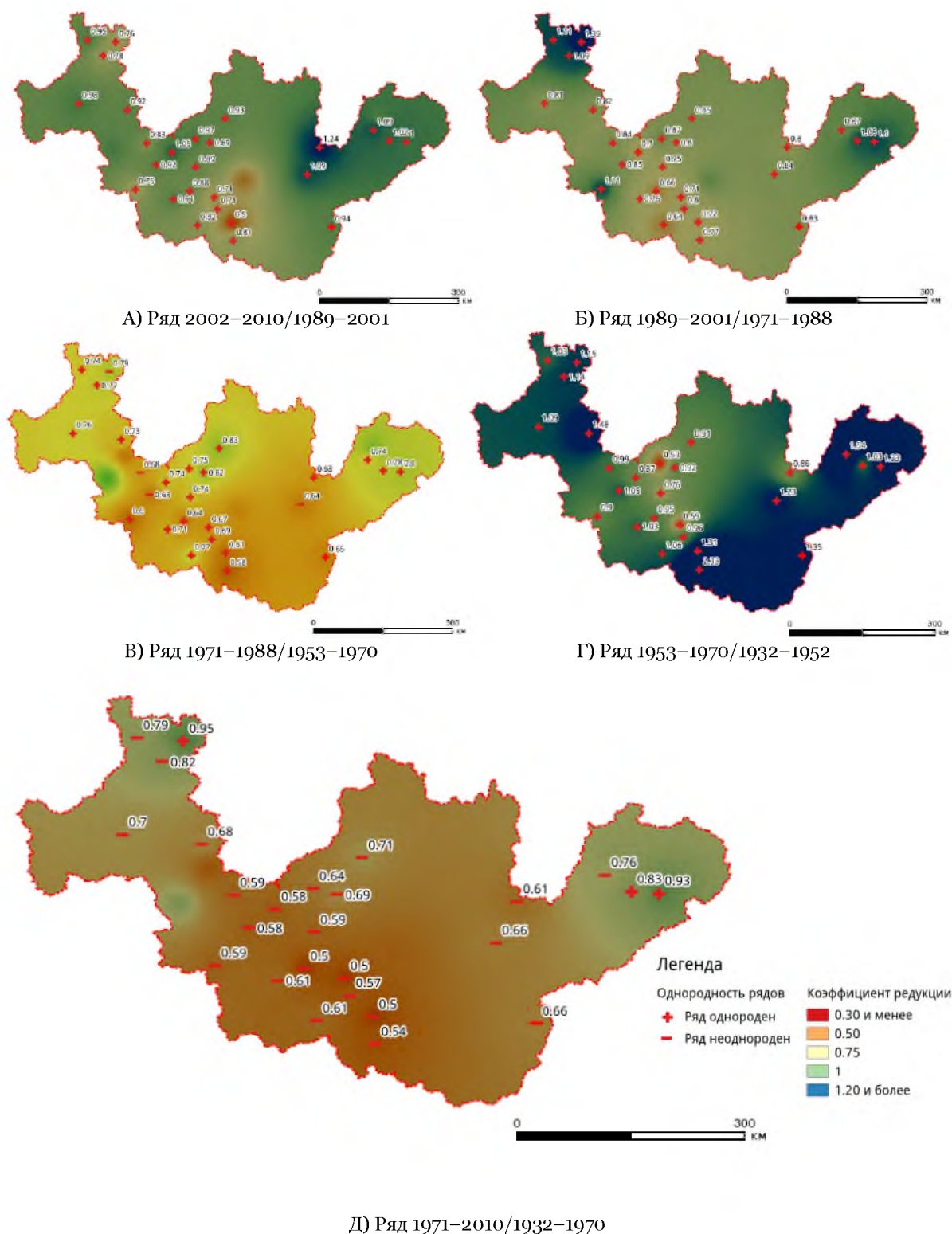


Рис. 2. Коэффициент редукции слоя стока половодья (Y)
 Fig. 2. The coefficient of a reduction of a layer of a drain of a high water (Y)

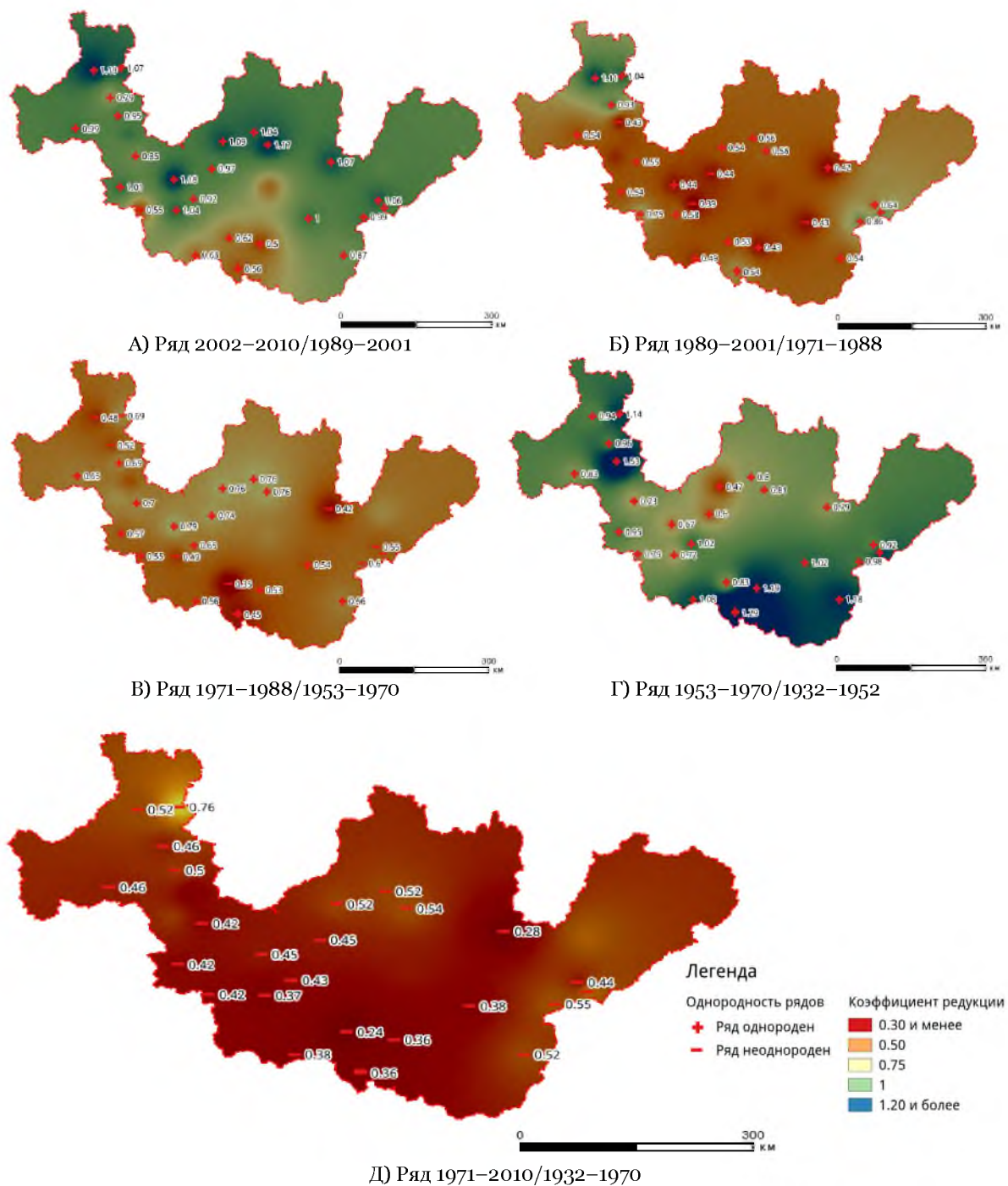


Рис. 3. Коэффициент редукции максимальных расходов воды (Q_{max})
 Fig. 3. The Coefficient of a reduction of the maximum expenses of water (Q_{max})

Для слоя весеннего стока в период 1953–1970/1932–1952 (см. рис. 2Г) небольшую тенденцию к снижению имеют реки центра исследуемого района, при том что значения слоя стока половодья на северо-западе, юге и юго-востоке статистически не значимо увеличиваются.

Для выборки рядов за период 1971–1988/1953–1970 (см. рис. 2В) наибольшее относительное снижение Y характерно для южных водосборов, где K_r достигает 0.6–0.7, для рек севера района K_r составляет 0.7–0.8.

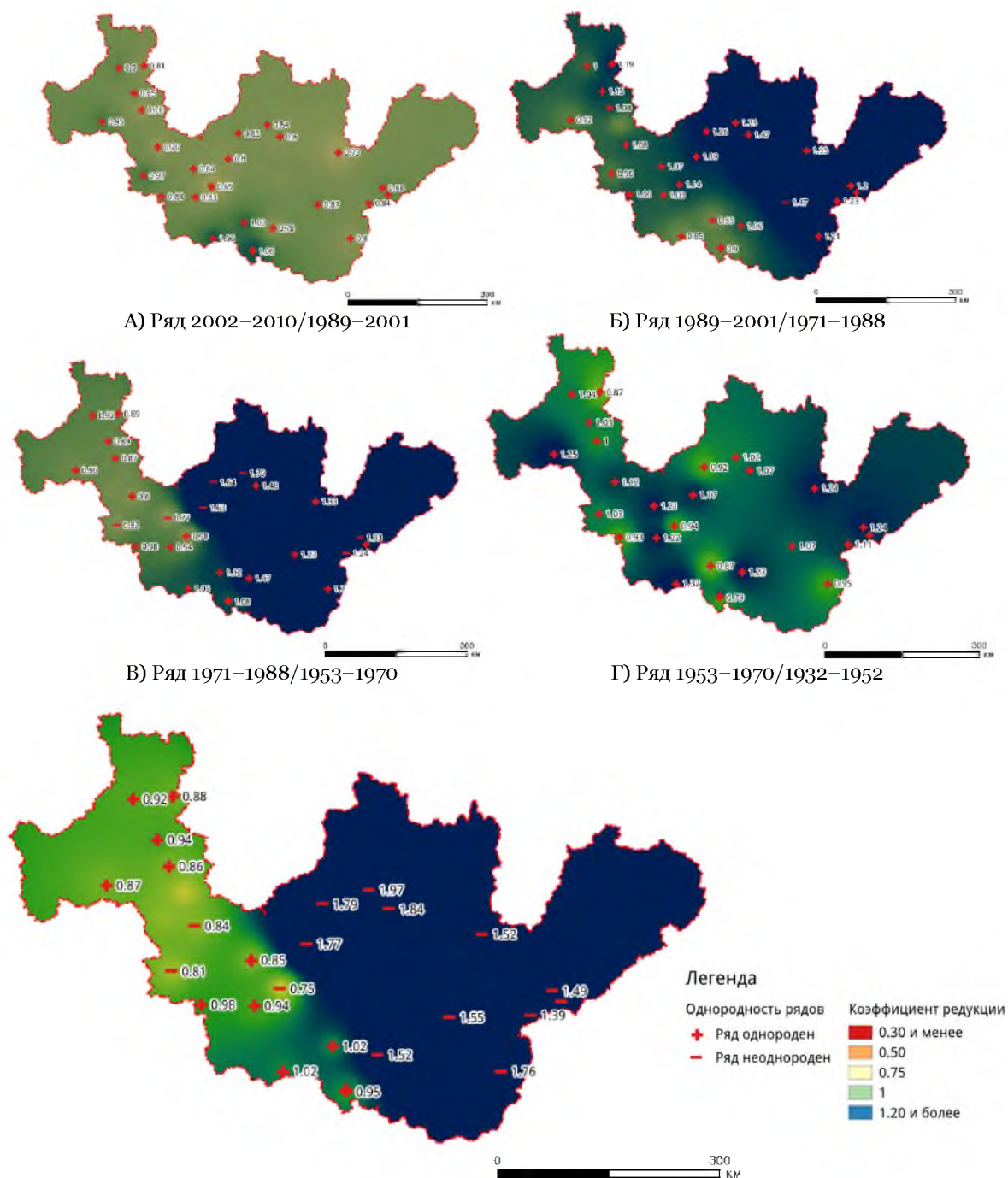


Рис. 4. Коэффициент редукции продолжительности половодья (Т)
 Fig. 4. Coefficient of a reduction of duration of a high water (Т)

В период 1989–2001/1971–1988 (см. рис. 2Б) для центральной части района исследования относительное изменение слоя стока возрастает с севера на юг от 0.85 до 0.6. Для рек Ворона, Битюг, Хопер на востоке и Десна, Болва, Судость, Навля на северо-западе Кг колеблется около 1. Похожая картина складывается в период 2002–2010/1989–2001 (см. рис. 2А) для центральной части, где отмечается статистически не значимое снижение слоя стока.

При рассмотрении выборки за период 1971–2010/1932–1970 (см. рис. 2Д) следует отметить, что на подавляющей территории многолетние ряды слоя весеннего стока статистически не однородны. Однородными являются ряды слоя стока половодья гидрологических постов Болва – Псурь, Хопер – Новохоперск, Хопер – Поворино. Кг закономерно увеличивается от 0.5 на юге (реки Оскол, Тихая Сосна, Сейм), до 0.8–0.95 на севере (реки Болва, Десна, Хопер).

Статистически значимые изменения максимальных расходов характерны для 1971 и 1989 гг. Именно в эти годы произошедшие изменения в условии формирования максимальных расходов воды привели к существенному снижению Q_{\max} . Коэффициент редукии колеблется для периода 1971–1988/1953–1970 от 0.35 (г.п. Оскол-Ниновка) до 0.7–0.8 в центральной части района исследования (реки Тускарь, Тим, Сосна, Дон) (см. рис. 3В). В период 1989–2001/1971–1988 (см. рис. 3Б) наибольшее относительное снижение максимальных расходов характерно для рек Тускарь, Сосна, Битюг, Навля, Нерусса (K_f колеблется в пределах 0.4–0.5, в северо-западной части исследуемого района (реки Десна и Болва) значение K_f составляет около 1, т. е. относительных изменений фактически нет.

Пространственное распределение коэффициента редукии за период 1971–2010/1932–1970 (см. рис. 3Д) показывает статистически значимое снижение максимальных расходов воды для всех рассматриваемых гидрологических постов. K_f для рек Курской, Белгородской и Воронежской областей составляет от 0.3 до 0.45. При движении на север, K_f возрастает, достигая 0.5–0.7 в створах рек Болва, Десна, Сосна, Дон, Хопер, Подгорная.

При рассмотрении динамики значений продолжительности половодья за период 1953–1970/1932–1952 (см. рис. 4Г) не выявлено направленности изменений. В этот период коэффициент редукии T колеблется около 1, мало изменяя свое значение от водосбора к водосбору.

Характерной особенностью многолетних колебаний T в периоды 1971–1988/1953–1970 (см. рис. 4В) и 1989–2001/1971–1988 (см. рис. 4Б) является его возрастание в восточной части района исследования, и K_f составляет здесь 1.3–1.5. На западе и юго-западе, как правило статистически не значимо, продолжительности половодья снижается в период 1971–1988/1953–1970 и колеблется около 1 в период 1989–2001/1971–1988. Выборка 2002–2010/1989–2001 (см. рис. 4А) показывает слабовыраженную динамику к сокращению периода половодья, кроме рек юга (Оскол, Нежеголь).

В итоге, при рассмотрении выборки 1971–2010/1932–1970 (см. рис. 4Д) отмечается статистически значимое возрастание значений T в восточной части района исследования (преимущественно бассейн Дона). Для рек бассейна Северского Донца K_f составляет около 1, т. е. не наблюдается выраженных относительных изменений средних значений, ряды статистически однородны. На реках бассейна Днепра проявляется слабая тенденция к сокращению T , но эта тенденция, как правило статистически не значима.

Многолетняя динамика модуля годового стока не показывает статистически значимых изменений за весь период наблюдений (за исключением рек Тихая Сосна, Оскол, Тим, где ряды неоднородны и K_f составляет около 0.7). В частности, как показано ранее [Лисецкий и др., 2014], годовой сток р. Оскол уменьшился на 33% после поэтапного ввода Старооскольского водохранилища, завершившего к 1976 г., и поэтому в динамике среднегодовых расходов воды за все время наблюдений можно выделить три периода: 1933–1958 гг.; 1959–1975 гг. и последующее время.

Заключение

Таким образом, результаты анализа многолетних рядов основных характеристик весеннего стока малых и средних рек указывают на существование в пределах исследуемой территории серии квазистационарных режимов, даты наступления которых в большинстве случаев идентичны.

Проявлявшиеся в XX – начале XXI в. изменения климатических характеристик и комплекса хозяйственных мероприятий привели к формированию нового стационарного режима весеннего стока.

Исходя из критериев статистической значимости, наиболее существенная трансформация режима весеннего стока на всей территории Центрального Черноземья произошла в начале 1970-х гг. Начиная с этой даты, резко сокращаются слой весеннего стока и максимальный расход воды, изменяется продолжительность половодья. В другие исследованные нами периоды динамика элементов стока менее выражена и, как правило, статистически не значима.

Выявленные изменения максимального стока весеннего половодья значимы, а, следовательно, их необходимо учитывать при выполнении гидрологических расчетов и прогнозов стока весеннего половодья. Проблема достаточно актуальна, так как завышение расчетных расходов воды и объемов стока весеннего половодья приводит к необоснованным затратам при проектировании и строительстве хозяйственных объектов, и снижение расчетных значений стока увеличивает риски природных и техногенных катастроф.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-35-50297.



Список литературы References

1. Андронников В.В., Савченко П.Д. 2014. Влияние основных форм атмосферной циркуляции на сток половодья. Гелиогеофизические исследования, 9: 5–9.
Andronnikov V. V., Savchenko P.D. 2014. Influence of the main forms of atmospheric circulation on a high water drain. Geliogeofizicheskie issledovaniya [Heliogeophysical research], 9: 5–9. (in Russian)
2. Исаев А.А. 1988. Статистика в метеорологии и климатологии. М., Издательство МГУ, 248.
Isaev A.A. 1988. Statistika v meteorologii i klimatologii [Statistics in meteorology and climatology]. Moscow, Izdatel'stvo MGU, 248. (in Russian)
3. Кумани М.В. 2003. Способы регулирования почвенно-эрозийных процессов и гидрологического режима агроландшафтов Центрально-Черноземной зоны. Автореф. дис. ... докт. с/х. наук. Курск, 49.
Kumani M.V. 2003. Sposoby regulirovaniya pochvenno-jerozionnyh processov i gidrologicheskogo rezhima agrolandschaftov Central'no-Chernozemnoj zony [Methods of regulation of soil and erosive processes and hydrological mode of agrolandscapes of the Central Chernozem zone]. Abstract. dis. ... doct. agricult. sciences. Kursk, 49. (in Russian)
4. Кумани М.В., Апухтин А.В. 2012. Современные изменения условий формирования слоя стока весеннего половодья рек Курской области. Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета, 1 (21). URL: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/023-038.pdf> (18 сентября 2015).
Kumani M.V., Apukhtin A.V. 2012. Modern changes of conditions of formation of a layer of a drain of a spring high water of the rivers of Kursk region. Uchenye zapiski: jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific notes: electronic scientific magazine of Kursk state university], 1 (21). Available at: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/023-038.pdf> (accessed 18 September 2015). (in Russian)
5. Лисецкий Ф.Н., Павлюк Я.В., Кириленко Ж.А., Пичура В.И. 2014. Бассейновая организация природопользования для решения гидроэкологических проблем. Метеорология и гидрология, (8): 66–76.
Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. 2014. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems. Meteorologija i gidrologija [Russian Meteorology and Hydrology], (8): 66–76. (in Russian)
6. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определение их расчетных значений по неоднородным данным. 2010. Санкт-Петербург, Нестор-История, 162.
Methodical recommendations about an assessment of uniformity of hydrological characteristics and definition of their calculated meaning about non-uniform facts, 2010. St. Petersburg, Nestor History. 162. (in Russian)