

Экстремальные засухи на Русской равнине и их корреляция с маловодьем на реках

Георгиади А.Г.

Институт географии РАН, Москва



Современное глобальное потепление, начавшееся с 1970-1980-х годов, сопровождается повышенной температурой воздуха и, в меньшей степени, увеличенными атмосферными осадками по сравнению с предшествующим относительно более холодным периодом. Оно вызвало долговременные изменения различных составляющих водного цикла, в том числе речного стока.

На реках степной, лесостепной зон, южной и западной частей лесной зоны Русской равнины в границах бассейнов Волги, Дона и Днепра в эту эпоху наблюдалась длительная фаза пониженного стока половодья и повышенного стока летне-осенней и зимней межени (Георгиади и др., 2014; Milyukova et al., 2019; Georgiadi et al., 2020). Для годового стока характер изменений был более сложен.

На фоне долговременных изменений гидрометеорологических характеристик, на реках формировались маловодья разной интенсивности. Они зачастую охватывали значительные территории, особенно в годы с экстремальными засухами. Такие засухи, охватывали обширные районы в основном в степной, лесостепной зон и южной части лесной зоны (Страшная и др., 2011; Золотокрылин и др., 2014 и другие).

ЗАСУХИ на Русской равнине – повторяющееся явление в зоне степей, лесостепной зоне и южной части лесной зоны.

Засуха характеризуется критически неблагоприятными метеорологическими условиями для растительного покрова (с/х растений-зерновых культур)

(экстремально низкое атмосферное увлажнение и экстремально высокие температуры воздуха в течение длительного периода (20-30 дней) –

атмосферная засуха)

и экстремально низкими влагозапасами почвы (почвенная засуха)

которые

приводят к значительному снижению продуктивности с/х растительности.

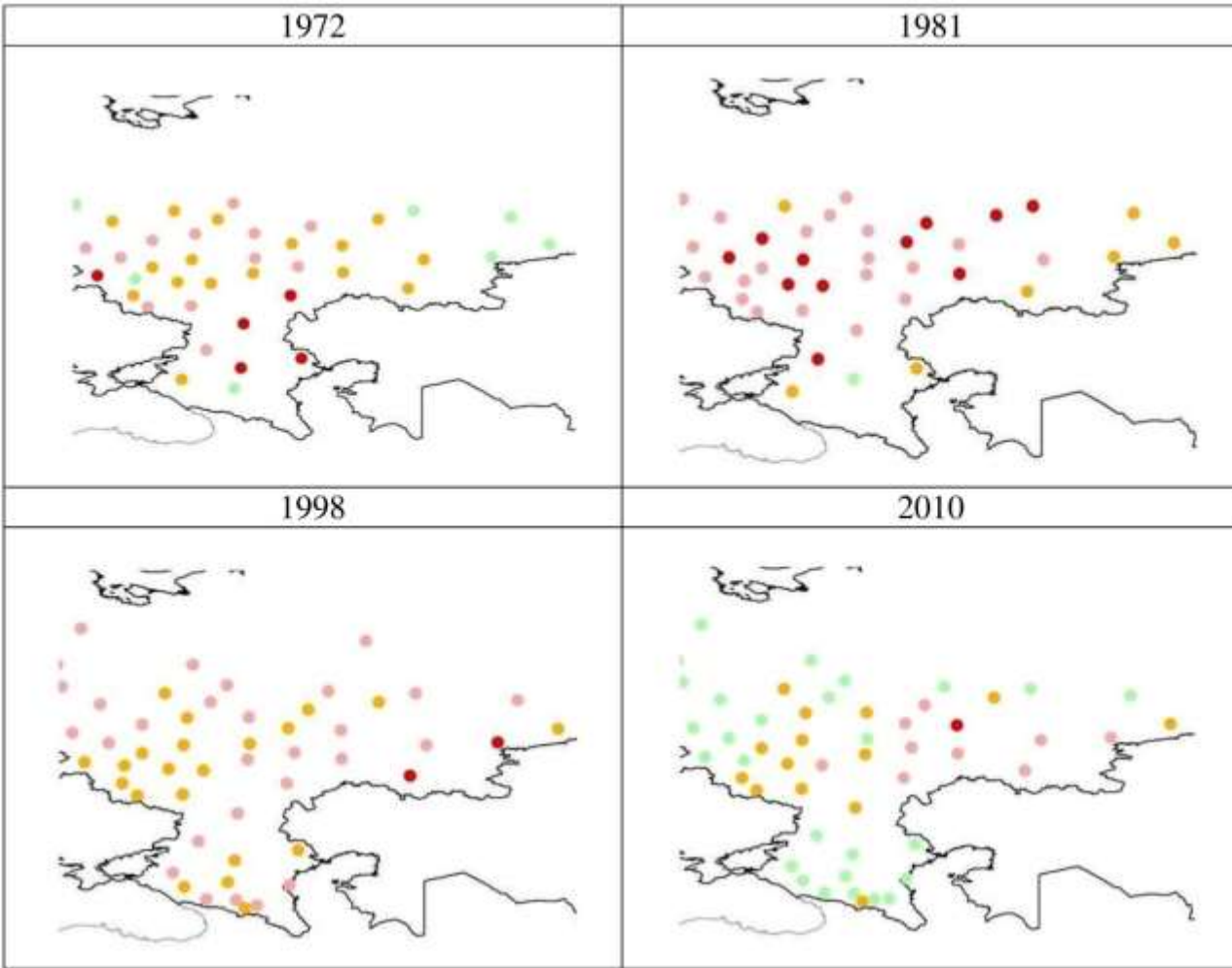
Экстремальные засухи (когда атмосферная и почвенная засухи наблюдаются одновременно) приводят к наиболее значительному снижению урожайности.

Основная задача наших исследований состояла в выявлении особенностей динамики комплекса характеристик засух, включающего в себя показатели изменения метеорологических условий, почвенных влагозапасов и характеристик урожайности агрокультур в период развития экстремальных засух, наблюдавшихся с 1970-х годов.

Были рассмотрены экстремальные засухи, наблюдавшиеся в эпоху современного глобального потепления на территории Русской равнины, в

1972, 1975, 1981, 1995, 1998, 1999 и 2010 гг.

В целом географическое положение ареалов распространения экстремальных засух достаточно устойчиво, но география аномалий снижения урожайности зерновых культур и гидроклиматических характеристик в период наиболее интенсивных засух, а также характер их сезонной динамики заметно отличаются.



Снижение урожайности зерновых в годы с экстремальными засухами (в аномалиях от их средних многолетних значений)

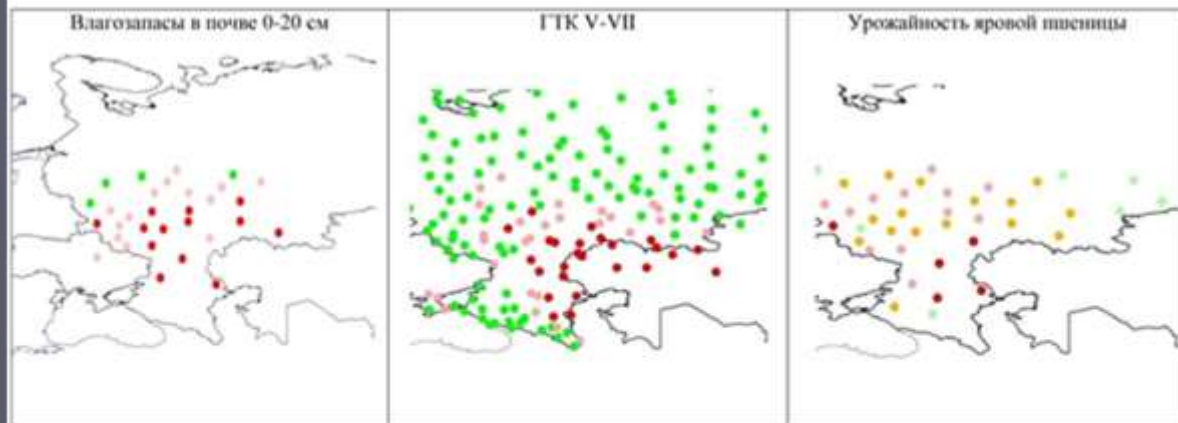
A. G. Georgiadi, E. A. Kashutina
 Hydroclimate Characteristics of
 Extreme Droughts Observed
 on the Russian Plain since the 1970s.
Arid Ecosystems, 2021, Vol. 11, No. 2,
 pp. 117-123.
 © Pleiades Publishing, Ltd., 2021.

Russian Text © The Author(s), 2021,
 published in *Aridnye Ekosistemy*, 2021,
 ol. 27, No. 2(87), pp. 3-10.

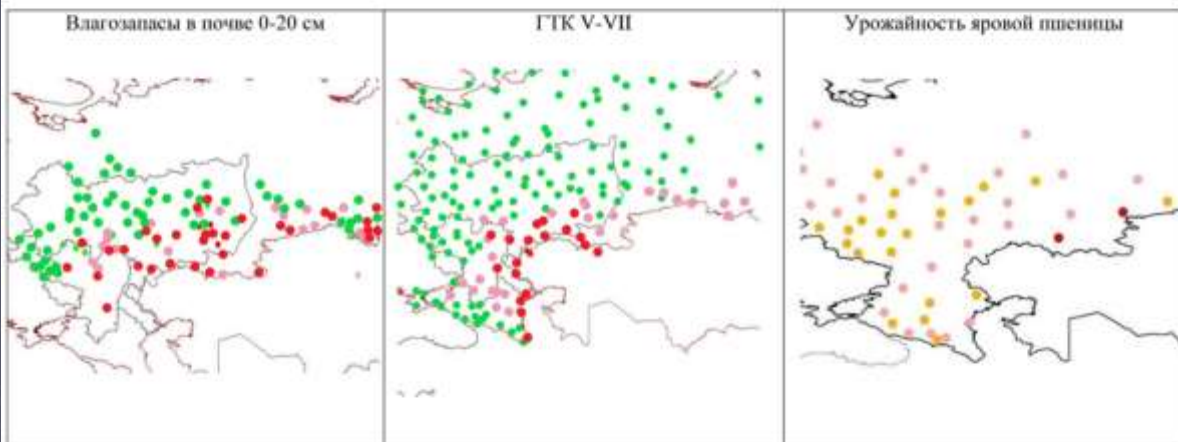
Наиболее экстремальные (сильные и обширные засухи согласно Страшная и др., 2011) **из них, наблюдались на территории Русской равнины, в 1972, 1975, 1981, 1995, 1998, 1999 и 2010 гг.**

В целом географическое положение ареалов распространения экстремальных засух достаточно устойчиво и привязано к бассейнам Волги, Дона, Днепра и Урала.

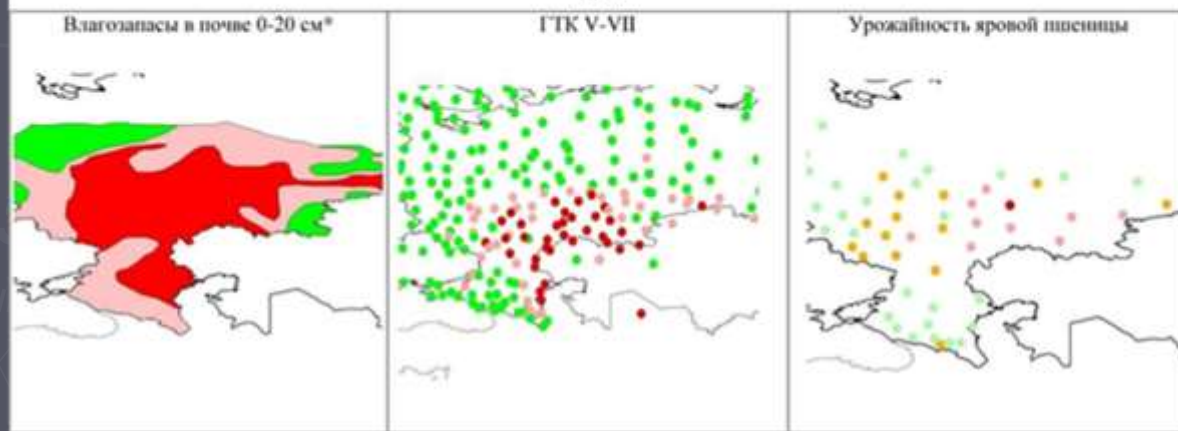
1972



1998



2010



Критерии почвенной засухи (Страшная, 1993)

Пахотный слой почвы (0-20 см)	Метровый слой почвы	Интенсивность засухи
0-10	<50	сильная
11-15	51-60	средняя
16-20	61-80	слабая
>20	>80	отсутствует

Климатические индексы засух

Общее число существенно больше десятка

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), Индекс засушливости Педя (Si), Коэффициент увлажнения Чиркова, Индекс сухости Будыко, АКУ, число дней без АО, число дней с $T_v > 25^{\circ}\text{C}$

Palmer Drought Severity Index (PDSI),
Standardised precipitation index (SPI),
Standardised precipitation-evapotranspiration index (SPEI)

и другие, включая индексы, основанные на спутниковых данных.

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК)

Селянинов, 1958

$$\text{ГТК} = \sum Pr / 0.1 * \sum T_{\geq 10^{\circ}\text{C}},$$

where

$\sum Pr$ - сумма атмосферных осадков для определенного месяца (или их сумма за несколько месяцев) для нескольких периодов в течение апреля-сентября.

$\sum T_{\geq 10^{\circ}\text{C}}$ - сумма температур воздуха $\geq 10^{\circ}\text{C}$ для определенного месяца (или их сумма за несколько месяцев) для нескольких периодов в течение апреля-сентября.

«ГТК $\leq 0,3$ наиболее экстремальная засуха (урожайность зерновых снижается на 50-55% в сравнении со средними многолетними значениями)

ГТК $\leq 0,60$ экстремальная засуха (урожайность зерновых снижается на 30-45% в сравнении со средними многолетними значениями)

ГТК $< 0,8$ засуха»

А.И. Страшная

Данные статистики об урожайности зерновых

Используются аномалии (в отклонениях от среднемноголетних значений) урожайности, рассчитанные на основе данных об урожайности зерновых культур, средней для субъектов РФ, рассчитанной для периода 1972-2010 гг.

Границы ареалов с засухой определялось по отрицательной аномалии урожайности зерновых культур.

Методы и материалы

Основу подхода к исследованию динамики гидроклиматических характеристик в период развития засух составляют **эмпирические статистические кривые пространственного (территориального) распределения** продуктивных влагозапасов почвы, температуры воздуха и атмосферных осадков и гидротермического коэффициента-ГТК, которые позволяют оценить долю территории в пределах ареалов экстремальных засух, где значения гидроклиматических характеристик выходят за пределы их критических значений.

Такой подход к описанию пространственной структуры гидрологических характеристик используется в расчетах и прогнозах речного стока (Методические рекомендации..., 1986).

Кривые распределения были построены по данным многолетних наблюдений, проводимых на станциях государственной сети наблюдений (ГСН) за почвенными влагозапасами и среднемесячным значениям ГТК (рассчитанным по среднемесячным температурам воздуха и суммам атмосферных осадков из архива ВНИИГМИ-МЦД, meteo.ru) и сеточным многолетним данным среднесуточных данных о температуре воздуха и атмосферным осадкам с шагом 0,250 на 0,250 по широте и долготе из европейского архива (European Climate Assessment & Dataset project, www.ecad.eu).

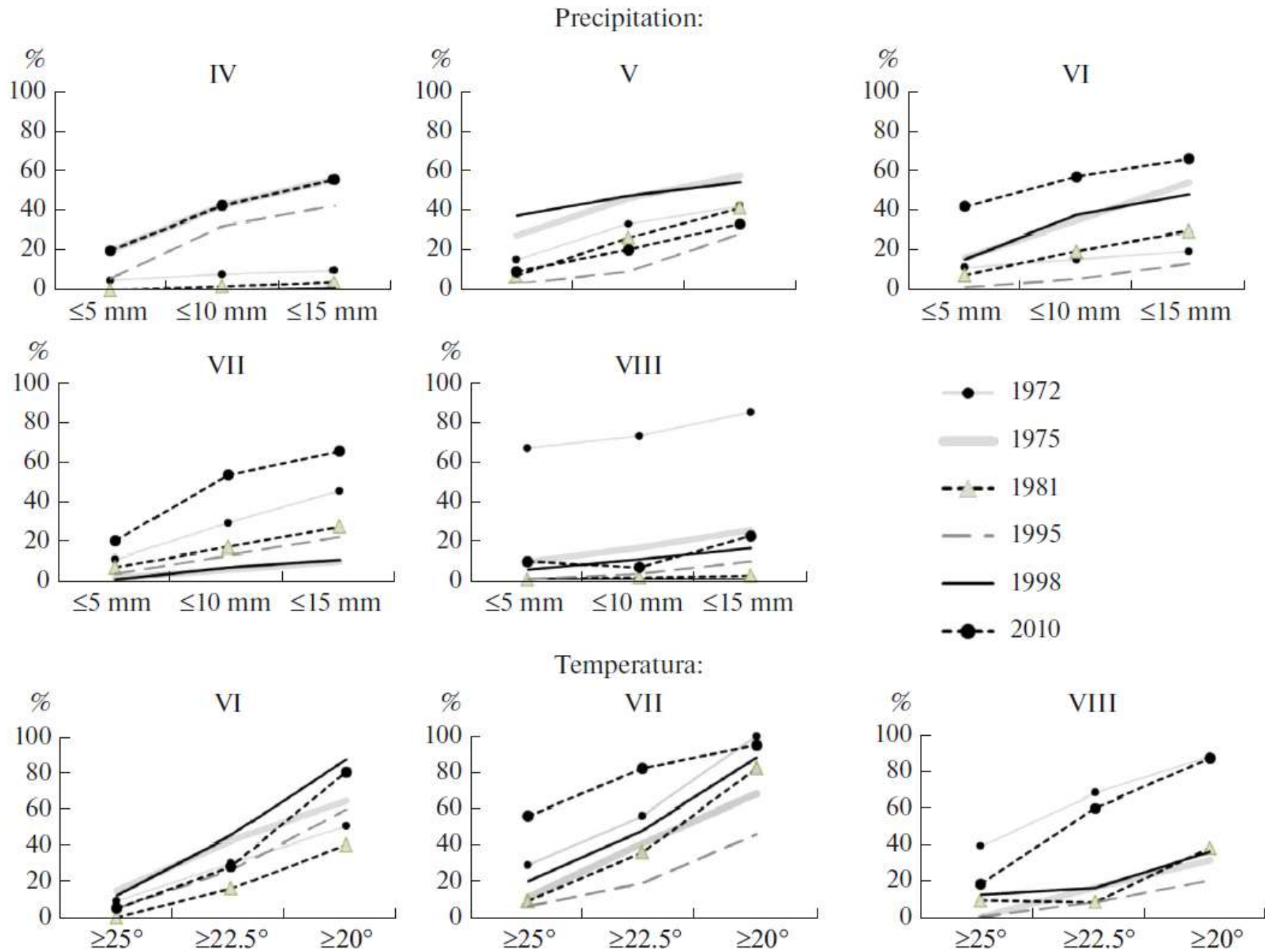


Fig. 3. Seasonal dynamics of share of drought-affected areas in which (a) the sums of atmospheric precipitation were less than 5, 10, and 15 mm and (b) the temperatures exceeded 25, 22.5, and 20°C.

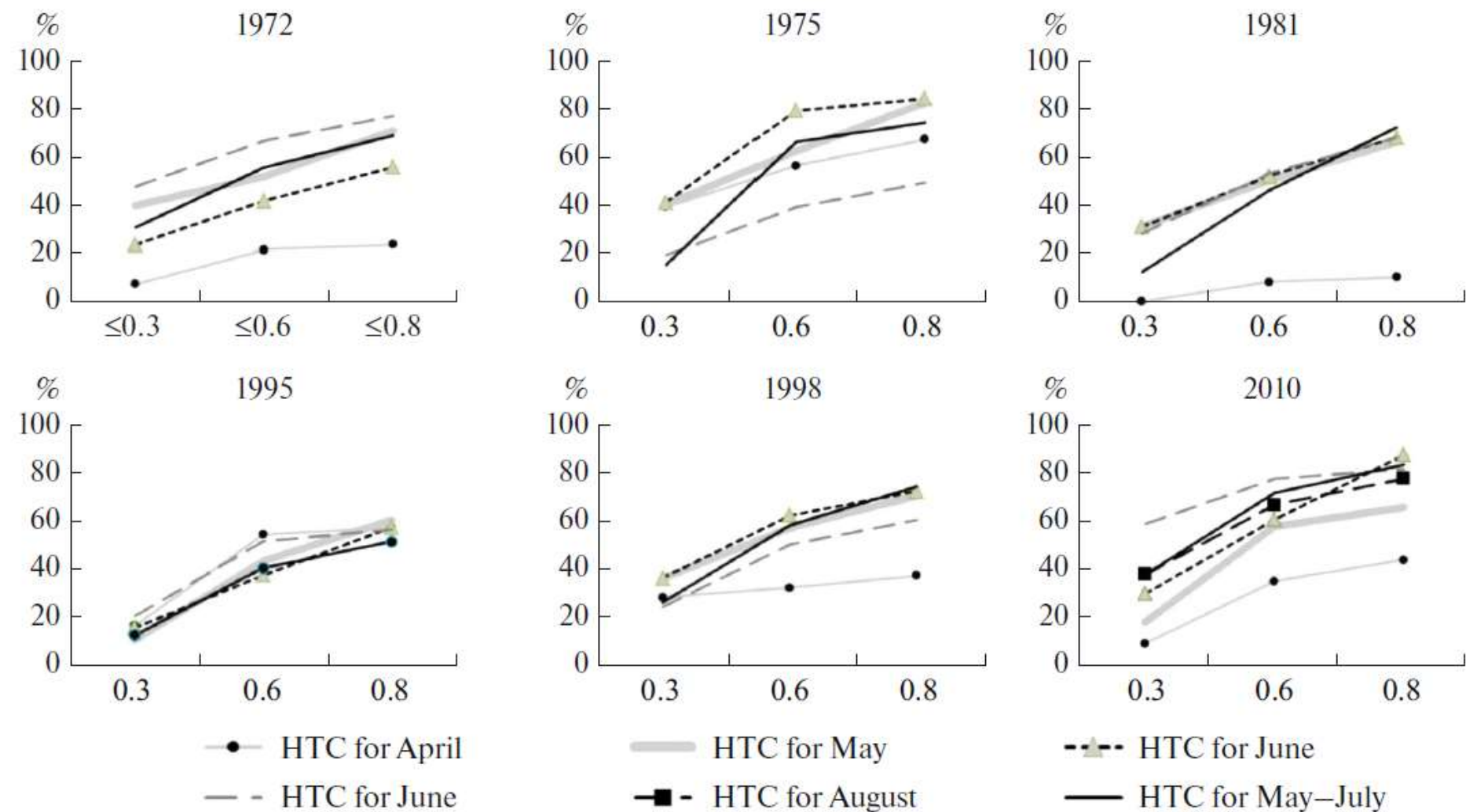


Fig. 4. Seasonal dynamics of share of drought-affected areas in which atmospheric droughts of different intensity were observed.

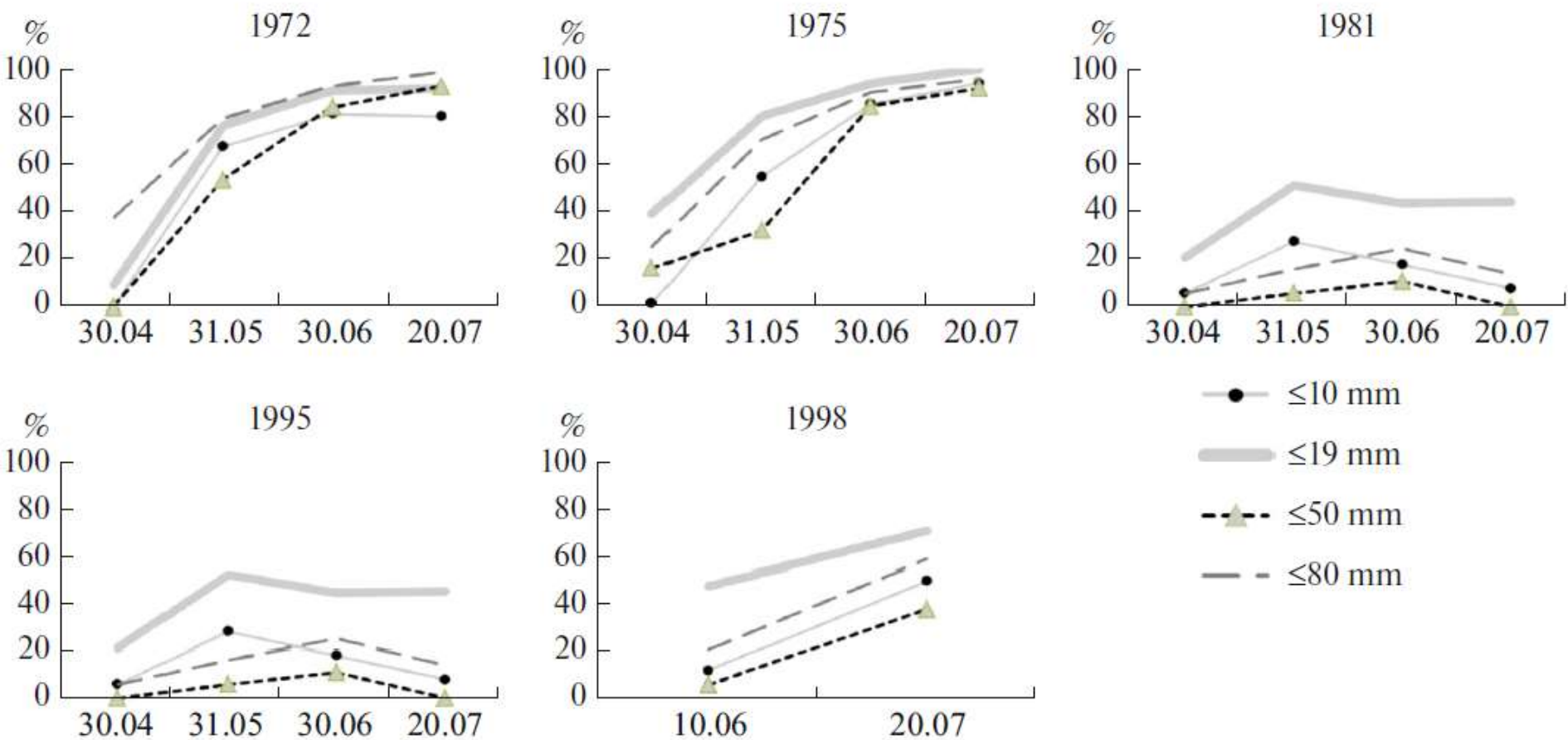


Fig. 5. Seasonal dynamics of share of drought-affected areas in which the productive soil moisture reserves do not exceed 10 and 19 mm in the 0–20-cm soil layer and 50 and 80 mm in the 0–100-cm soil layer.

Территориальное распределение гидроклиматических характеристик в пределах границ экстремальных засух, наблюдавшихся в 1972, 1975, 1981, 1995, 1998 и 2010 гг., характеризуется следующими особенностями. Наибольшей доли площади ареалов экстремальных засух, на которых формируется атмосферная засуха разной степени интенсивности, достигали в июне (1975, 1981, 1998 гг.) и в июле (1972, 1995, 2010 гг.). В июне 1975 г., в июле 1972 г. и 2010 г. атмосферная засуха разной степени интенсивности охватывала соответственно 85, 82 и 77 % территории, а сильная атмосферная засуха 42%, 59 и 48%. При этом в 1981, 1995, 1998 гг. доли площади ареалов с атмосферной засухой разной интенсивности в мае, июне, июле и в среднем за май-июль (а в 1995 г. также и в апреле) отличались между собой незначительно. Напротив, в 1972, 1975, 2010 гг. эти различия были очень заметны.

Продуктивные влагозапасы почвы в 1972, 1975 гг. ко второй декаде июля практически на всей территории ареала с засухой достигали критически низких значений, соответствующих как сильной, так и средней или слабой почвенной засухе в 20 см и 1 м ее слоях. В 1981 г. почти на всей территории влагозапасы были равны или меньше уровня, соответствующего почвенной засухе средней или слабой интенсивности, тогда как влагозапасы ниже уровня сильной засухи занимали более 50 (для 20 см слоя) и около 40 % всей территории (для слоя 1 метр). В другие годы (1995 и 1998 гг.) почвенная засуха наблюдалась на меньшей территории. Наиболее быстрый рост площадей с почвенной засухой происходил с апреля по май (особенно в 1972, 1975 и 1995 гг.), а в 1981 г. с мая по июнь. В апреле 1981 г. территорий с почвенной засухой практически не наблюдалось, а в апреле 1975 г. они были уже хорошо выражены. Значительная доля территорий с почвенной засухой, продолжавшейся в течение мая-июля, отмечается в 1972, 1975 и в меньшей степени в 1995 г. В 1981 гг. такая ситуация была характерна для июня-июля.

Маловодья на реках Русской равнины



Изучению экстремальных маловодий уделяется меньше внимание, чем экстремальным засухам (Beran&Rodier, 1985; Van Loon, 2015; Hasrul, 2019), особенно их пространственно-временной корреляции/сопряженности.

В презентации приведены результаты исследования характеристик аномально низкого маловодья на реках региона, наблюдавшихся в годы с наиболее экстремальными засухами, наблюдавшимися в период современного глобального потепления.

Исследованы **экстремальные** маловодья на реках (в годы, сток в которые был равным или меньшим 75 и 90% обеспеченности), наблюдавшиеся в годы с экстремальными засухами на Русской равнине (1972, 1975, 1981, 1995, 1998, 1999 и 2010 гг.).

Материалы и методы

В отличие от экстремальных засух, наблюдававшихся, как правило, в летние месяцы, аномально низкое маловодье в эти годы охватывало как различные гидрологические сезоны года, так и год в целом. В качестве критериев степени экстремальности маловодья служили размеры их ареалов, охват маловодьем различных сезонов года и всего стока за год, а также степень маловодности. К экстремально маловодным относились те годы, в которые средний месячный, средний сезонный (за летне-осеннюю межень и половодье) и средний годовой сток был равен или ниже стока, соответствующего 75% и 90% обеспеченности.

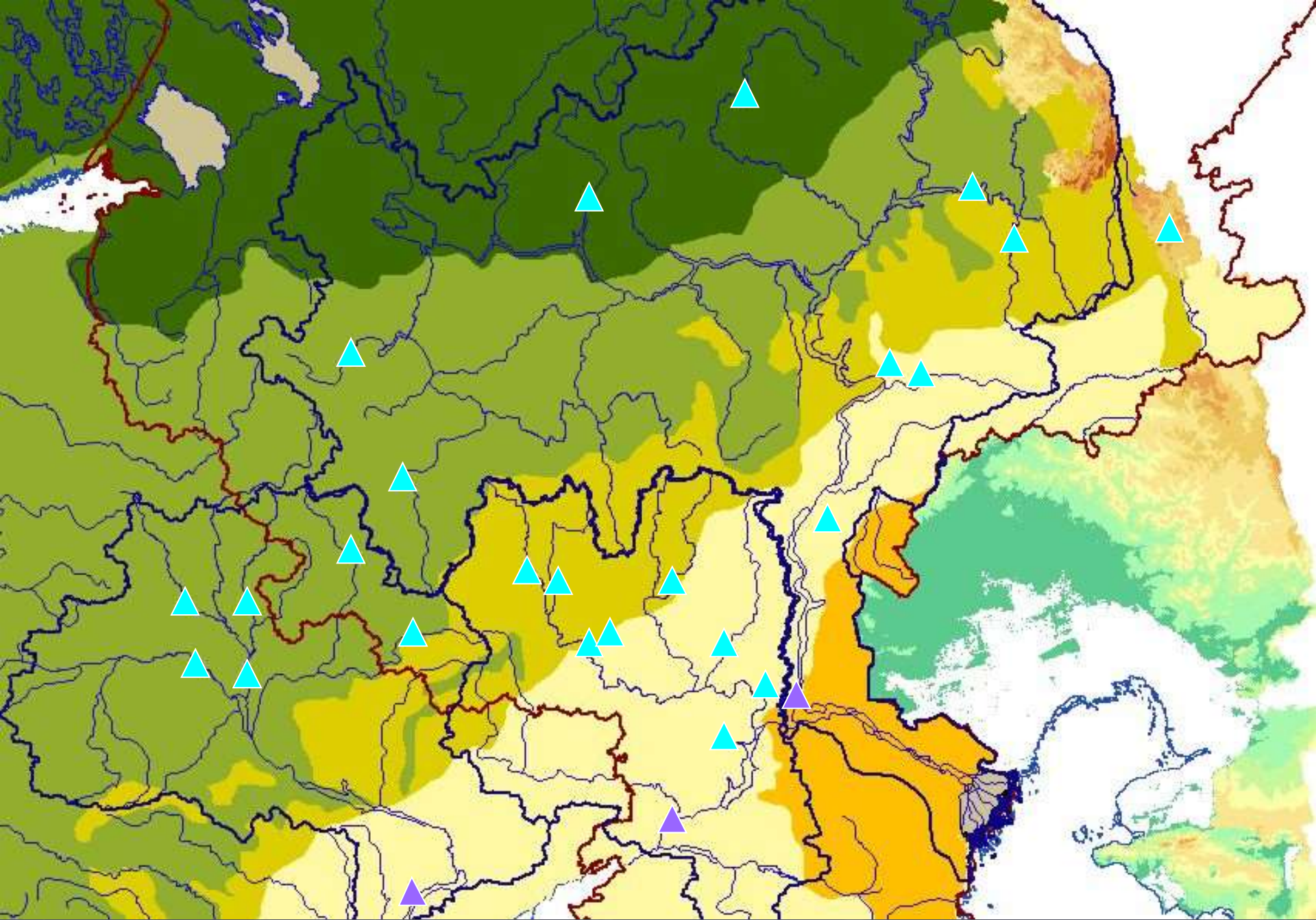
Границы сезонов определялись на основе многолетних данных о среднемесечных расходах воды и принимались постоянными для всего периода наблюдений.

Анализ маловодья основных гидрологических сезонов и года в целом Волги у Волгограда и Дона у Раздорской основывался на многолетних рядах их восстановленного сезонного и годового стока для чего был использован метод рек-индикаторов климатических условий (притоков и верхних частей главной реки), характеризующихся относительно слабыми антропогенными нарушениями водного режима (Georgiadi et al., 2014; Georgiadi et al., 2016).

Расчет обеспеченности стока проводился по эмпирическим кривым обеспеченности, построенным на основе многолетних рядов средних месячных, средних сезонных и средних годовых расходов воды рек бассейнов Волги (10 рек, включая Волгу в замыкающем створе Волгоград), Дона (11 рек, в том числе Дон в замыкающем створе Раздорская), Днепра (6 рек, включая Днепр в створе Речица), а также Урал в створе Кизильское. Маловодья в нижележащих створах Днепра и Урала не рассматривались, поскольку водный режим в них значительно изменен антропогенным воздействием. Рассматриваемые реки в пределах указанных крупных речных бассейнов достаточно равномерно распределены по их территории и их площадь варьирует от 3.47 до 121 тыс. км². Большая часть из них относится к степной и лесостепной зонам.

Характеристика речных бассейнов

№	Река, створ	Площадь бассейна, тыс. км ²	Природная зона	№	Река, створ	Площадь бассейна, тыс. км ²	Природная зона
Реки бассейна Волги				14	Сейм-Рыльск	18.1	ЛС, СШЛ
1	Унжа-Макарьев	18.5	тайга	15	Десна-Брянск	12.4	ЛС
2	Вятка-Киров	48.3	тайга	Реки бассейна Дона			
3	Волга-Старица	21.1	СШЛ	16	Дон-Лиски	69.1	ЛС
4	Ока-Калуга	54.9	СШЛ	17	Сосна-Елец	16.3	ЛС, СШЛ
5	Белая-Бирск	121	ЛС, СШЛ	18	Воронеж-Липецк	15.3	ЛС
6	Самара-Елшанка	22.8	степь	19	Ворона-Борисоглебск	13.2	ЛС
7	Дема-Бочкарева	12.5	ЛС	20	Битюг-Бобров	7.65	ЛС
8	Сок-Сургут	4.73	ЛС	21	Хопер-Бесплемяновский	44.9	ЛС
9	Большой Караман-Советское	3.47	степь	22	Калитва-Погорелов	10.5	степь
Реки бассейна Днепра				23	Медведица-Арчединская	33.7	степь
10	Днепр-Речица	58.2	СШЛ	24	Иловля-Александровка	6.52	степь
11	Птрипять-Мозырь	97.2	СШЛ	25	Чир-Обливская	8.54	степь
12	Сож-Гомель	38.9	СШЛ	Реки бассейна Урала			
13	Березина-Бобрусйск	20.2	СШЛ	26	Урал-Кизильское	17.2	ЛС



Результаты и обсуждение

1. Годовой и сезонный сток в период аномально низкого маловодья в замыкающих створах крупных рек в годы экстремальных засух

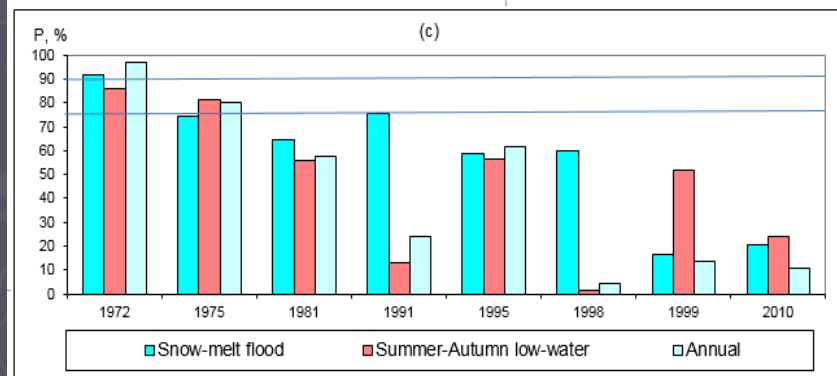
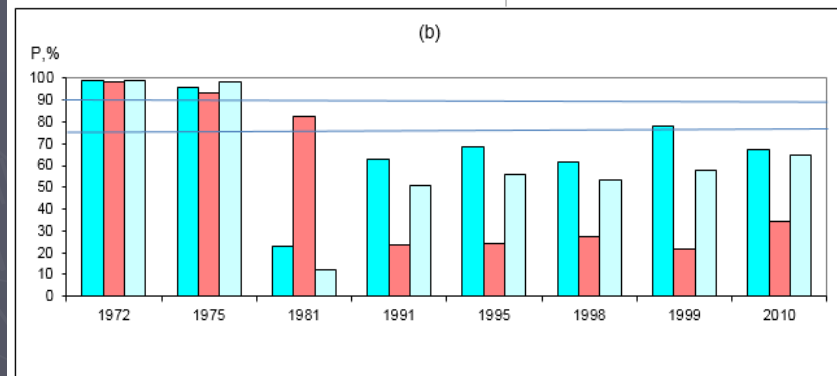
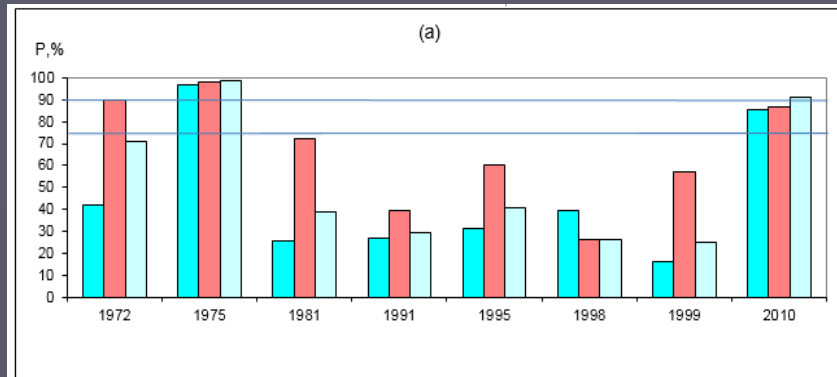
2. Особенности маловодья на реках в бассейнах Волги, Дона и Днепра

-Аномально низкие маловодья в периоды половодья, летне-осенней межени и года в целом

-Экстремальное маловодье в период летней межени

Годовой и сезонный сток в период аномально низкого маловодья в замыкающих створах крупных рек в годы экстремальных засух

а-Волга-Волгоград, б-Дон-Раздорская, в-Днепр-Речица



Наибольшую территорию низкая водность охватывала в 1975 г., когда она включала в себя бассейны крупнейших рек (Волга, Дон и Днепр) и проявлялась даже в их замыкающих створах.

Сток Днепра анализировался в створе Речица (среднее течение реки), так как отсутствовали данные для условий не нарушенного антропогенными факторами водного режима в его низовье. Однако, по-видимому, выводы, полученные для этого створа можно отнести и к замыкающему створу этой

реки. Об этом свидетельствуют результаты анализа стока притоков Днепра

в его створах, расположенных ниже по течению (они приведены ниже).

В низовьях указанных выше рек маловодье в 1975 г. наблюдалось не только

в летне-осеннюю межень (период, когда фиксируются экстремальные засухи), но оно также охватывало половодье и год в целом. При этом на Волге у Волгограда и Дону у Раздорской сток в эти периоды был чрезвычайно низким и соответствовал 93-99% обеспеченности, тогда как на Днепре у Речицы сток был выше (75-80% обеспеченности). На Урале в створе Кизильское обеспеченность стока составляла 83-87%.

В 1972 г. экстремальное маловодье в периоды половодья, летне-осенней межени и года в целом наблюдалось в замыкающих створах

Дона (сток которых соответствовал 99% обеспеченности), Днепра (сток обеспеченностью 86-97%), а также на Урале в створе Кизильское (сток обеспеченностью 89-97%).

Одна из наиболее экстремальных засух 2010 г. коррелировалась с маловодьем в низовье только одной реки - Волги. Оно наблюдалось во все

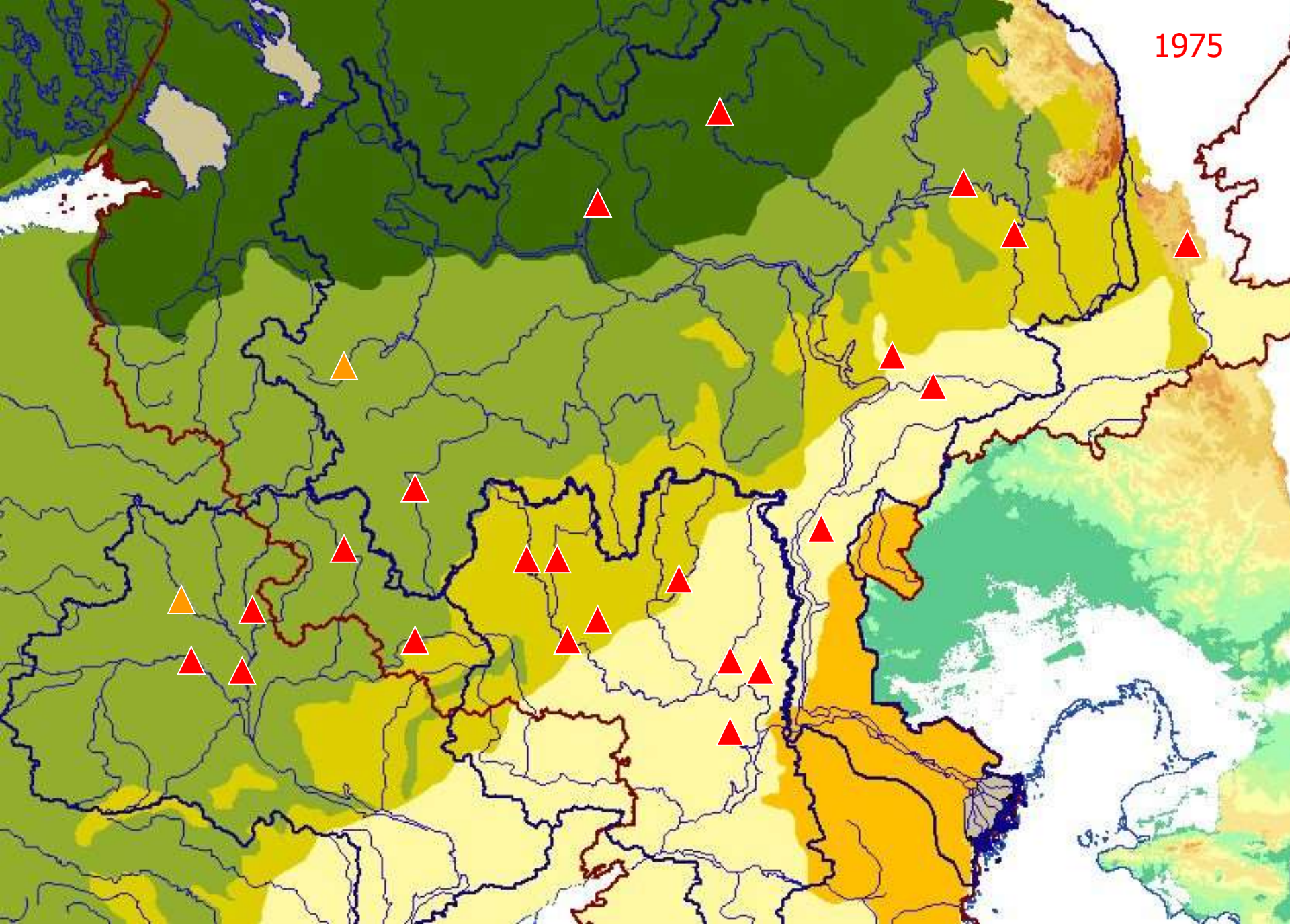
рассматриваемые периоды годового цикла и было также чрезвычайно низким (соответствовало 85-91% обеспеченности).

В другие годы с экстремальными засухами маловодье наблюдалось в отдельные сезоны в низовьях Дона (в 1981 г. в период

Особенности маловодья на реках в бассейнах Волги, Дона и Днепра
Аномально низкие маловодья в периоды половодья, летне-осенней межени и года в целом

Экстремальное маловодье 1975 г. в летне-осеннюю межень, в период половодья и года в целом было зафиксировано на всех изучаемых реках бассейна Волги (кроме половодья на Волге у Старицы), Дона и Днепра (кроме Березины). Средний сток этих периодов на реках в этих крупных бассейнах варьировал, как правило, от 80% до 99% обеспеченности.

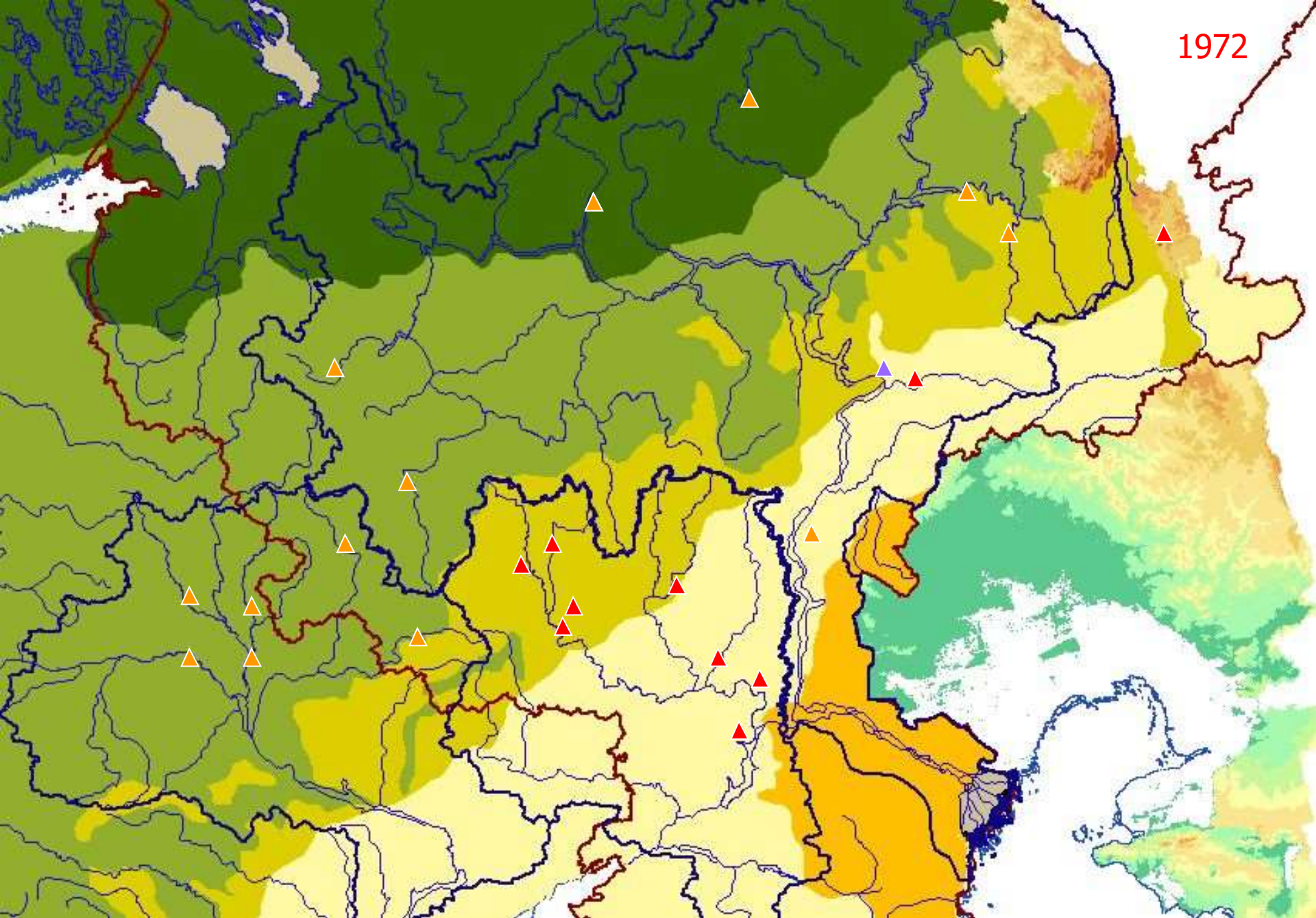
1975



Особенности маловодья на реках в бассейнах Волги, Дона и Днепра
Аномально низкие маловодья в периоды половодья, летне-осенней межени и года в целом

В 1972 г. на реках в бассейне Дона маловодье наблюдалось на всех реках во все указанные периоды, а их средний сток в большинстве случаев был ниже стока 90% обеспеченности. В то время как на реках бассейна Волги экстремальное маловодье наблюдалось в основном в летне-осенний период. Только на Волге у Старицы оно также было в период половодья и года в целом, а на реке Сок его не было вовсе. В бассейне Днепра в этот год реки были маловодными в основном в половодье и год в целом (обеспеченность стока этих периодов преимущественно была выше 85%). И лишь на Десне у Брянска маловодье наблюдалось также в летне-осеннюю межень и его средний сток соответствовал 75% обеспеченности. На Урале у Кизильской в 1972 г. (а также в 1975 г) маловодье охватывало все рассматриваемые сезоны, а обеспеченность их стока достигала 83-97%.

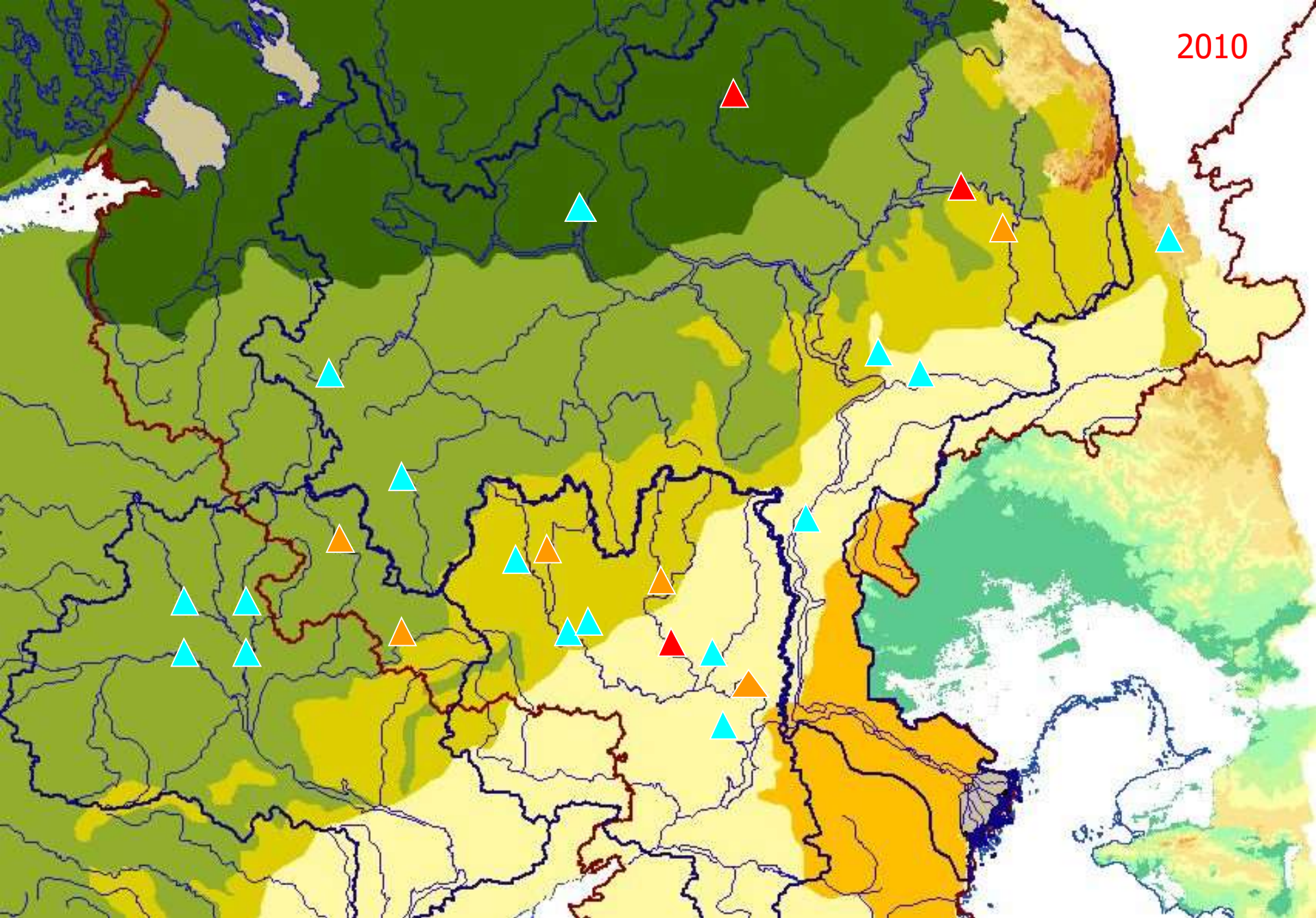
1972



Особенности маловодья на реках в бассейнах Волги, Дона и Днепра
Аномально низкие маловодья в периоды половодья, летне-осенней межени и года в целом

В 2010 г. экстремальное маловодье распространялось на все рассмотренные периоды лишь на реках северо-востока и востока бассейна Волги (рр. Вятка и Белая). Обеспеченность их стока находилась в пределах 81-93%. В бассейне Дона оно формировалось на его притоках в его среднем течении (Воронеж, Ворона) в период половодья и года в целом, а на Хопре оно наблюдалось только в период половодья. При этом обеспеченность стока этих периодов составляла 76-85%.

2010



В другие годы с экстремальными засухами аномально низкое маловодье охватывало существенно меньшие территории. Так, например, в бассейне Волги в период экстремальной засухи 1981 г. оно наблюдалось лишь в летне-осенний период на таежных (на Унже и Вятке) и степных (на Самаре и Большом Карамане) реках, а обеспеченность их среднего стока составляла 75-79%. В 1991 г. маловодье фиксировалось только на Унже (в летне-осеннюю межень), а в 1995 г. лишь на Волге у Старицы и также в летне-осеннюю межень. В 1999 г. оно наблюдалось на Волге у Старицы (в летне-осеннюю межень) и на Большом Карамане (в период половодья и года в целом). Обеспеченность стока в эти периоды составляла около 75% и лишь в 1999 г. на Большом Карамане она достигала 90%.

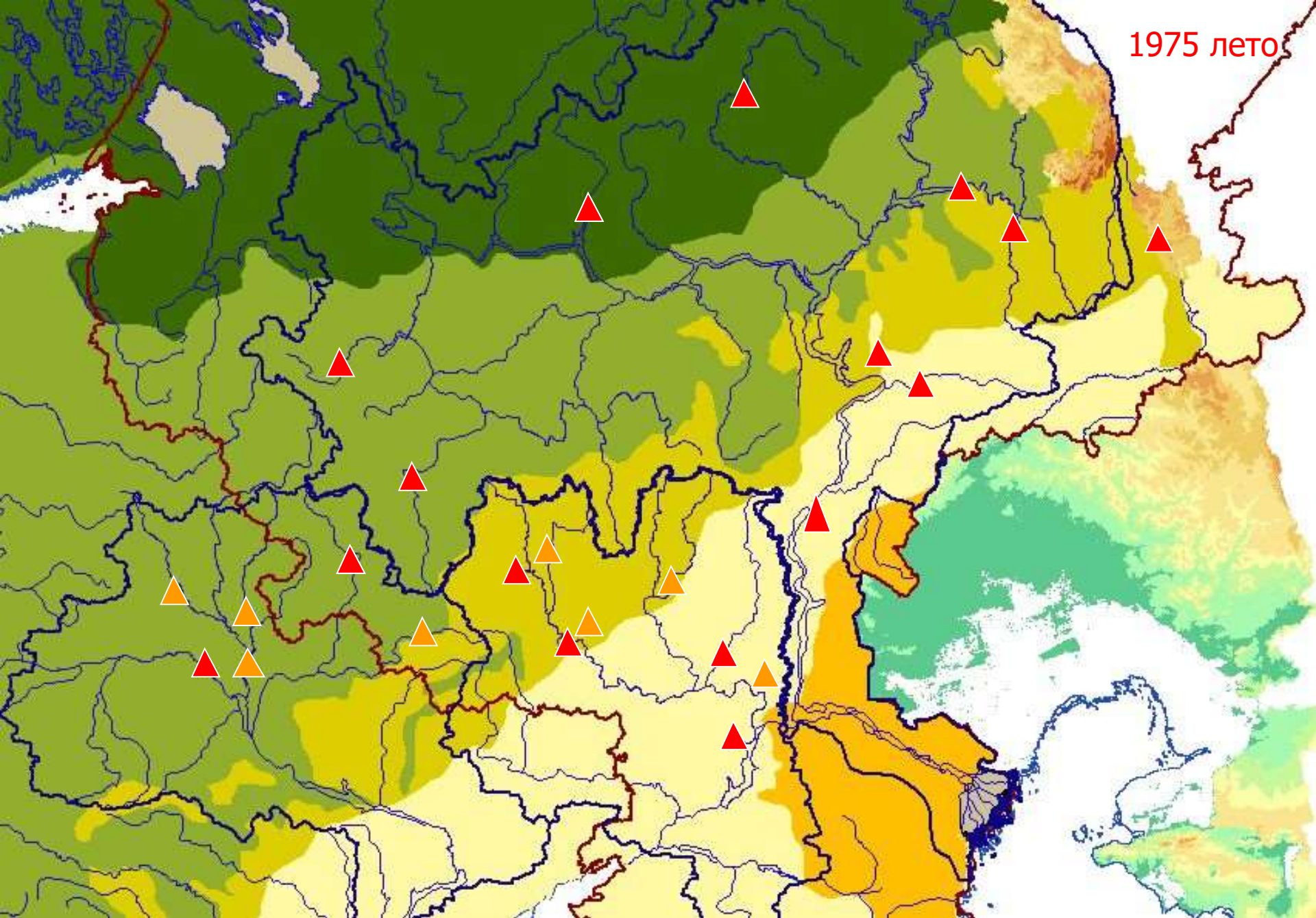
На реках в бассейне Дона маловодья в годы с экстремальными засухами регулярно наблюдались (в 1991 г., 1995 г., 1998 г. и 1999 г.) только на Дону у Лисок и лишь в период половодья. Обеспеченность стока низкого половодья в эти годы составляла около 75%. Экстремальное маловодье формировалось также в период половодья, а также и года в целом на Сосне в 1991 и 1995 гг., на Медведице в 1995 г. и на Иловле в 1995 и 1998 гг. На Иловле обеспеченность стока этих периодов составляла около 90%, тогда как в остальных случаях она была около 75%. Маловодье в летне-осенний период наблюдалось лишь на двух реках. На Чире в 1995 г. (с обеспеченностью стока 75%) и на Иловле в 1998 г. (обеспеченность стока была более 98%).

В бассейне Днепра в 1980-1990-е годы с экстремальными засухами низкое маловодье наблюдалось лишь однажды (в 1991 г.) только на одной реке (Десна у Брянска) в период половодья.

Экстремальное маловодье в период летней межени

Летом (период наибольшего распространения экстремальных засух) в 1975 г. аномально низкое маловодье наблюдалось в течение всех месяцев практически на всех рассмотренных реках в бассейне Волги, половине рек в бассейне Дона, на двух реках бассейна Днепра (Трипять и Десна) и на Урале. Сток этих месяцев был чрезвычайно низким (его обеспеченность варьировала от 90 до 99%). На ряде рек в бассейне Дона оно формировалось в июне и июле (Битюг, Иловля) или только в июне (Воронеж) и оно также характеризовалось очень низким стоком с обеспеченностью более 90%. Похожая картина отмечается на ряде рек в бассейне Днепра. Экстремальное маловодье здесь было сдвинуто во времени и происходило в июле-августе (Сож, Сейм) и в августе (Днепр у Речицы, Березина). При этом обеспеченность среднемесячного стока на лесных реках была существенно ниже (около 75%), чем на лесостепных реках (Сейм), где она приближалась к 90%.

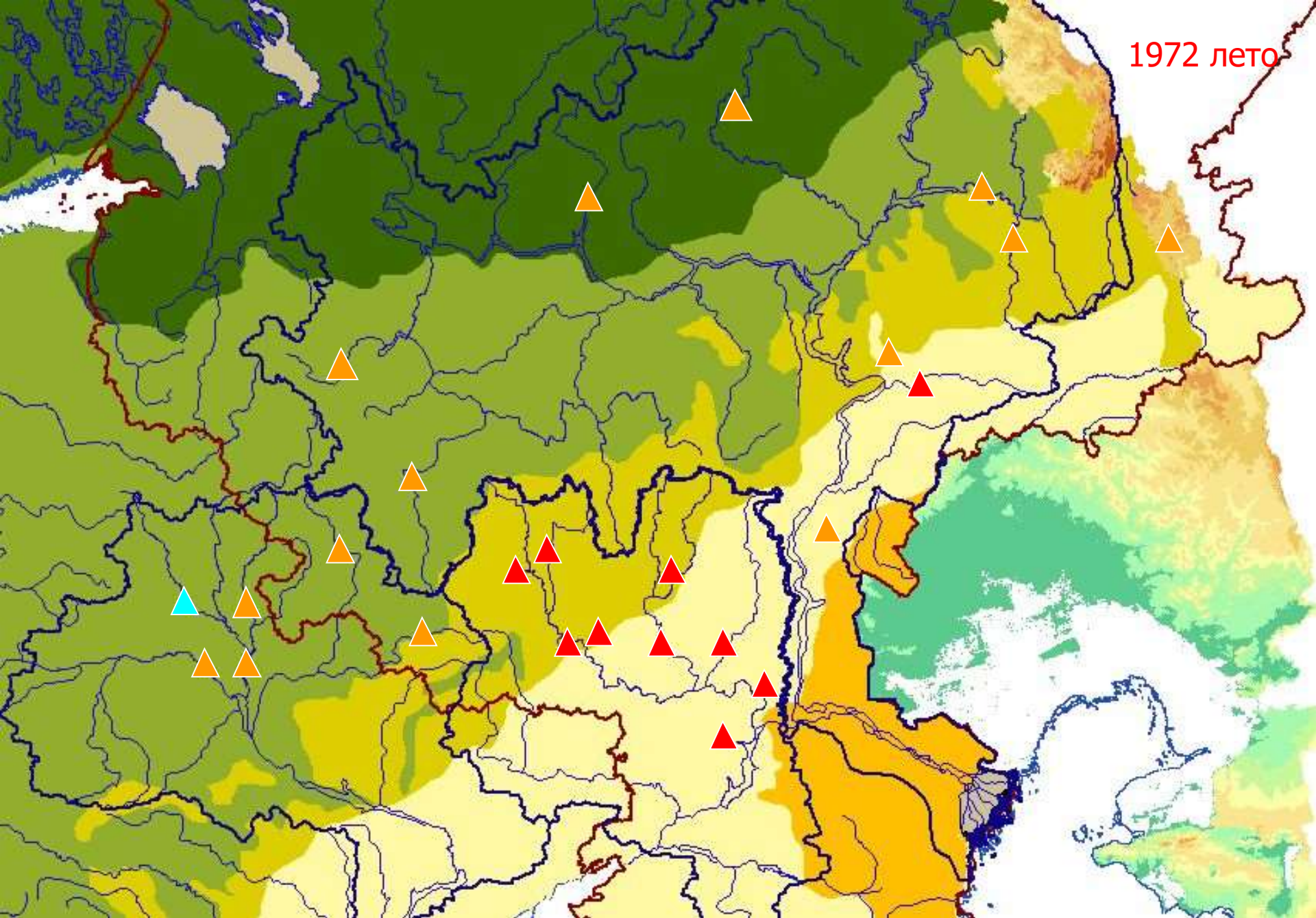
1975 лето



Экстремальное маловодье в период летней межени

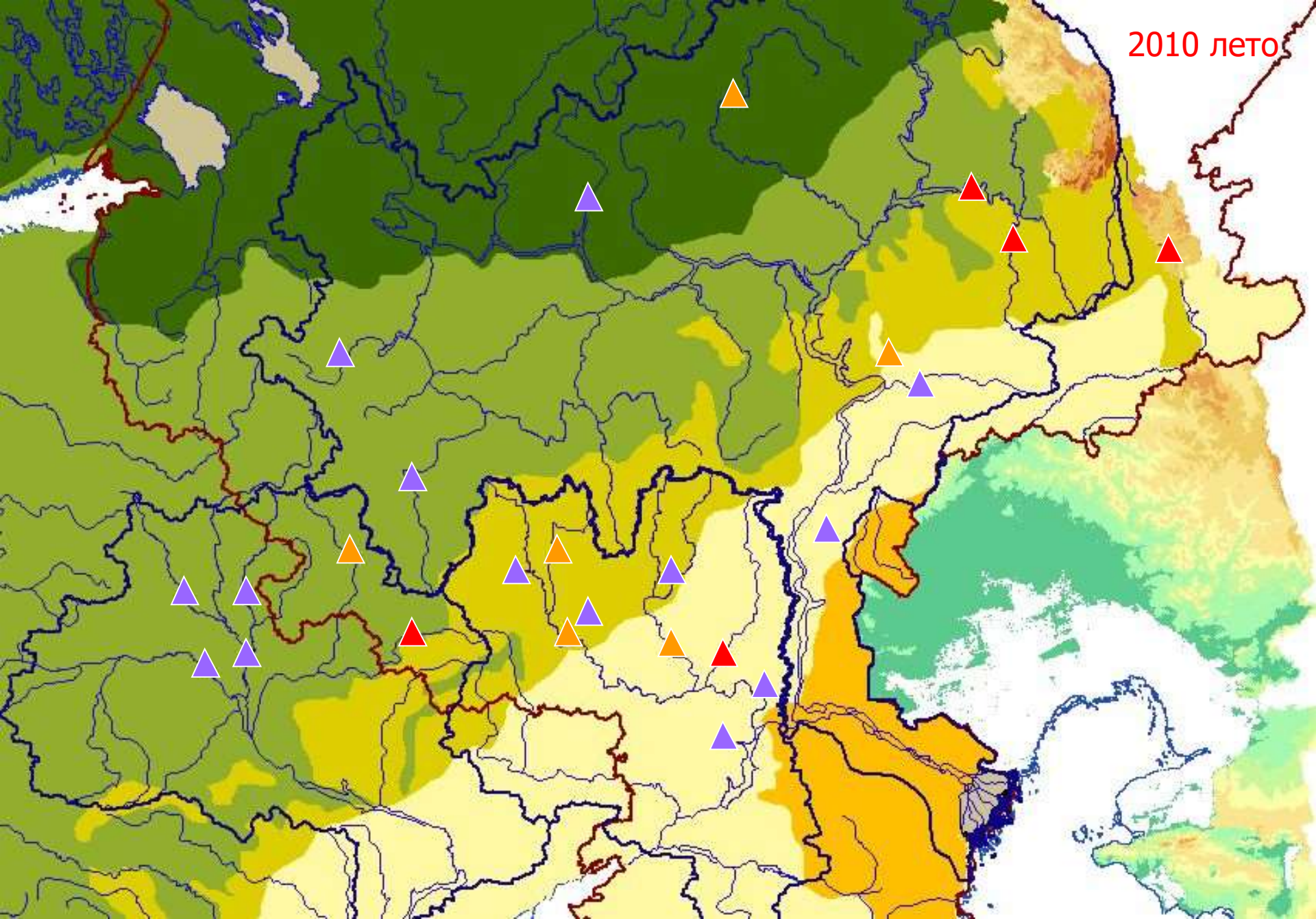
В 1972 г. экстремальное маловодье в течение всех летних месяцев наблюдалось практически на всех реках бассейна Дона, а также на Самаре в бассейне Волги. Оно, как и маловодье 1975 г. охватывало в основном лесостепные и степные реки. На других реках этого бассейна оно формировалось преимущественно в течение двух месяцев (кроме Вятки, на которой был лишь один маловодный месяц, и реке Сок, на которой экстремальное маловодье в этот год не фиксировалось). Обеспеченность стока маловодных месяцев изменялась в широких пределах (75-90%). В бассейне Днепра аномально низкое маловодье наблюдалось в течение одного-двух летних месяцев (кроме Березины, на которой маловодья не было), обеспеченность стока которых варьировала от 75 (Сож-лесная зона) до 95 (Десна-лесостепь) %. На Урале низкий сток наблюдался в июле и августе, а его обеспеченность составляла 78-90% соответственно.

1972 лето



Следующее по охвату территории экстремальное маловодье в летние месяцы наблюдалось в 2010 г. Но в отличие от маловодий 1975 г. и 1972 г. в течение всех трех месяцев оно было зафиксировано только на четырех лесостепных и степных реках, две из которых в бассейне Волги (Белая, Дема) и по одной в бассейнах Днепра (Сейм) и Дона (Медведица). В течение двух месяцев оно наблюдалось на Вятке (бассейн Волги), Хопре (бассейн Дона) и Десне (бассейн Днепра). А один маловодный месяц был зафиксирован на Дону у Лисок и Воронеже (бассейн Дона), реке Сок (бассейн Волги) и на Урале.

2010 лето



В другие годы с экстремальными засухами аномально низкое маловодье в летний период распространялось на существенно меньшие по размеру территории и охватывало отдельные части рассмотренных крупных речных бассейнов и наблюдалось чаще всего в течение одного летнего месяца (1981 г. - на Унже, Вятке, Сосне, Воронеже, Иловле, 1991 г. - на Белой, 1995 г. - на Березине, 1999 г. - на Вятке) и редко двух (1981 г. - на Самаре, 1991 г. - на Калитве и Медведице, 1995 г. - на Чире) или трех месяцев (1991 г. - на Унже, 1995 г. и 1998 г. - на Иловле). Сток таких маловодных месяцев менялся в широких пределах и соответствовал 75-99% обеспеченности. При этом маловодные летние месяцы формировались в основном на степных и лесостепных реках.

Заключение

Аномально низкие маловодья на реках степной, лесостепной и южной и западной частей лесной зон тесно коррелированы с наиболее экстремальными засухами, наблюдавшимися на Русской равнине в 1970-2000-е годы в период глобального потепления.

Наибольшую территорию экстремальное маловодье охватывало во время экстремальных засух 1975 г., 1972 г. и 2010 г. В 1975 г. ареал такого маловодья включал в себя бассейны крупнейших рек (Волги, Дона и Днепра, а также Урала) и оно проявлялось даже в их замыкающих створах. В 1972 г. аномально низкое маловодье наблюдалось в замыкающем створе Дона, а также на Днепре и Урале, а в 2010 г. только в низовье Волги. При этом в 1975 г., 1972 г. и 2010 г. в замыкающих створах этих рек оно наблюдалось не только в летне-осеннюю межень (период, когда встречаются экстремальные засухи), но также в период половодья и года в целом. Сток в эти периоды годового цикла был чрезвычайно низким и его обеспеченность варьировала, как правило, в диапазоне от 80 до 99%.

Экстремальное маловодье 1975 г. в летне-осеннюю межень, в период половодья и года в целом было зафиксировано практически на всех рассмотренных реках в бассейнах Волги, Дона и Днепра. Тогда как в 1972 г. только в бассейне Дона оно наблюдалось на всех реках во все периоды года, а в 2010 г. оно распространялось на все рассмотренные периоды только на реках северо-востока и востока бассейна Волги. При этом обеспеченность сезонного и годового стока в маловодье составляла 75-97%.

В 1975 г. аномально низкое маловодье наблюдалось в течение всех летних месяцев практически на всех рассмотренных реках в бассейне Волги, половине рек в бассейне Дона и на двух реках бассейна Днепра, а также на Урале. Тогда как в 1972 г. оно в течение всех летних месяцев наблюдалось практически на всех реках бассейна Дона, а в 2010 г. в отличие от маловодий 1975 г. и 1972 г. в течение всех трех месяцев оно было зафиксировано только на четырех реках региона. Обеспеченность стока маловодных месяцев изменялась в широких пределах (75-90%).

В другие годы с экстремальными засухами аномально низкое маловодье охватывало существенно меньшие территории, отдельные периоды года, а в летний период только его отдельные месяцы.

Исследование выполнено при поддержке РФФ (проект 20-17-00209), сбор многолетних данных о речном стоке и расчеты эмпирических кривых обеспеченности выполнены в рамках государственного задания 0148-2019-0007/AAAA-A19-119021990093-8.

Спасибо за внимание

