

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ВОЗВРАТОВ ТЕПЛА ОСЕНЬЮ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

И. С. Данилович¹⁾, И.И. Мартинчик²⁾, В. С. Десюкевич³⁾,
Д. Ю. Бордашёва⁴⁾

¹⁾ *Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,*

г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: irina-danilovich@yandex.ru

^{2) 3) 4)} *ГУО «Средняя школа №162 г. Минска», ул. Герасименко 10,*

г. Минск, Республика Беларусь, swat.31@mail.ru

В работе представлена климатическая характеристика осеннего периода на территории Беларуси в период 1991-2020 гг. Установлены особенности осенних возвратов тепла: сроков наступления и завершения волн тепла, средних и максимальных значений температуры воздуха, их трендов. Средние сроки осенних возвратов тепла приходятся на вторую декаду сентября – середину октября и связаны с влиянием Азорского антициклона. Значения среднесуточной температуры воздуха в такие периоды повышаются до 15-18 °С, максимальные – до 21-26 °С. В течение последних десятилетий отмечено повышение наибольших значений температуры в период осенних возвратов тепла на 0,5-3 °С за 30 лет.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, тренд, антициклон, возврат тепла, Бабье лето

Введение. Оценки климатических изменений на территории Беларуси в период современного потепления представлены в ряде исследований [1], [2], [3], [4], [5], результаты указывают на ежегодные положительные отклонения среднегодовой температуры воздуха. За последние 30 лет среднегодовая температура воздуха по территории Беларуси увеличилась на 1,3 °С на фоне роста глобальной температуры в пределах 0,9-0,96 °С. Наиболее интенсивное повышение отмечается в зимний сезон и составляет 2,1-2,4 °С за последние 30 лет, хотя в последние десятилетия интенсивность потепления возрастает в летние месяцы.

Особенности изменения климата в переходные сезоны заключаются в повышении температуры воздуха и формировании ежегодных волн тепла осенью, которые называются «Бабье лето», хотя в метеорологии такого понятия не существует. В связи с этим, целью данной работы является исследование особенностей осенних возвратов тепла, которые формируются на фоне потепления климата Беларуси. Установленные особенности будут способствовать более глубокому пониманию происходящих процессов трансформации климата, их возможных причин и популяризации климатической информации.

Методология и исходные данные. Оценка современных особенностей климата территории Беларуси в осенний период выполнялась по ма-

териалам Государственного климатического кадастра Республики Беларусь [6], представленными средними и максимальными за сутки значениями температуры воздуха по 45 метеорологическим станциям наблюдательной сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета Минприроды за период 1991-2020 гг. Выбор периода обобщения связан с рекомендациями Всемирной метеорологической организации по выбору климатических норм [7] и соответствием периоду современного потепления климата, который в Беларуси отмечается с 1989 гг.

Климатическая характеристика приведена за период с сентября по ноябрь. Под осенним возвратом тепла понимается период повышения температуры воздуха, отмечающийся после значительного снижения температуры воздуха ($\Delta T_{\text{сут}} > 5^\circ\text{C}$ за декаду) обычно во второй половине сентября – начале октября. В народном календаре такое явление принято называть «Бабье лето».

В ходе исследования определены средние и крайние значения дат начала и окончания периодов осенних возвратов тепла, дат с максимальной температурой воздуха, продолжительность периодов возвратов тепла. Вычислены средние (средние из среднесуточных) и максимальные (средние из максимальных за сутки) значения температуры воздуха за эти периоды. Выполнена оценка изменения (линейных трендов) максимальной температуры воздуха в период возврата тепла в последние десятилетия. Проведен анализ синоптических условий в Атлантико-Европейском секторе, когда зафиксированы максимальные значения температура воздуха в период осеннего возврата тепла в 2020 г.

Результаты. *Климатическая характеристика осеннего периода.* Среднемесячная температура сентября за период 1991-2020 гг. осредненная по территории Беларуси составляет $12,5^\circ\text{C}$ и варьирует от $13,5^\circ\text{C}$ на юге до $11,5^\circ\text{C}$ на севере страны. Наиболее холодным в течение рассматриваемого периода был сентябрь в 1993 г., средняя по стране температура воздуха составила $9,5^\circ\text{C}$. Наиболее теплым был сентябрь в 2018 г., средняя температура за месяц составила 15°C , за ним следует 2020 г. ($T_{\text{мес}} = 14,8^\circ\text{C}$) и 2015 г. ($T_{\text{мес}} = 14,4^\circ\text{C}$). В октябре среднемесячная температура воздуха снижается до $6,6^\circ\text{C}$, на юго-западе страны составляет около 8°C на севере и северо-востоке $5,5^\circ\text{C}$. Наиболее холодный октябрь отмечен в 1992 г. со среднемесячной температурой $3,8^\circ\text{C}$. Самый теплый октябрь зафиксирован в 2020 г., когда среднемесячная температура воздуха в среднем по территории страны составила $10,5^\circ\text{C}$, что превышает климатическую норму (1961-1990 гг.) на 4°C . В ноябре средняя температура составляет $1,4^\circ\text{C}$, колеблется от 3°C на юго-западе до $0 \dots -0,5^\circ\text{C}$ на северо-востоке страны. Аномально холодные месяцы в рассматриваемый период были в 1993 и 1998 гг., среднемесячная темпера-

тура воздуха в ноябре составляла $-6,1$ и $-5,2$ °C соответственно. В тройку самых теплых входят 2013 ($T_{\text{мес}}=4,6$ °C), 2010 ($T_{\text{мес}}=4,5$ °C) и 2000 гг. ($T_{\text{мес}}=4,1$ °C).

В течение рассматриваемого периода температура воздуха осенью повышается, наибольший рост установлен в сентябре и составляет $0,93$ °C за десятилетие, в октябре не превышает $0,2$ °C за десятилетие, в ноябре – $0,9$ °C за десятилетие.

Особенности периодов осенних возвратов тепла. Суточный ход температуры воздуха осенью характеризуется постепенным снижением (в среднем на $2-3$ °C за декаду с сентября по ноябрь), осложненный чередованием относительно коротких периодов повышения и продолжающегося снижения температуры воздуха. На рис. 1 представлена динамика суточной температуры воздуха в период с сентября по октябрь 2020 г. Характерной особенностью суточного хода температуры является наличие периодов с относительным повышением температуры воздуха после значительного периода снижения температуры. Периоды возврата тепла могут быть в виде одиночной волны после продолжительного снижения температуры воздуха, нескольких волн тепла прерываемыми кратковременными понижениями или отсутствовать в отдельные годы.

Суточный ход температуры воздуха осенью характеризуется постепенным снижением (в среднем на $2-3$ °C за декаду с сентября по ноябрь), осложненный чередованием относительно коротких периодов повышения и продолжающегося снижения температуры воздуха. На рисунке 1 представлена динамика суточной температуры воздуха в период с сентября по октябрь 2020 г. Характерной особенностью суточного хода температуры является наличие периодов с относительным повышением температуры воздуха после значительного периода снижения температуры. Периоды возврата тепла могут быть в виде одиночной волны после продолжительного снижения температуры воздуха, нескольких волн тепла прерываемыми кратковременными понижениями или отсутствовать в отдельные годы.

В среднем начало периода осеннего возврата тепла на территории Беларуси происходит 1 октября, наиболее ранние сроки зафиксированы 14 сентября (1999, 2018 гг.), поздние – в конце второй декады октября (2005, 2006 гг.). Завершение периодов осеннего тепла в среднем происходит 15 октября. Самые ранние сроки завершения отмечены в конце сентября (2018 г.), поздние сроки приходятся на конец октября (2005, 2006 гг.). В среднем продолжительность периода осеннего возврата тепла составляет 14 дней, и колеблется от 3 до 29 дней, включая несколько волн тепла в отдельные годы.

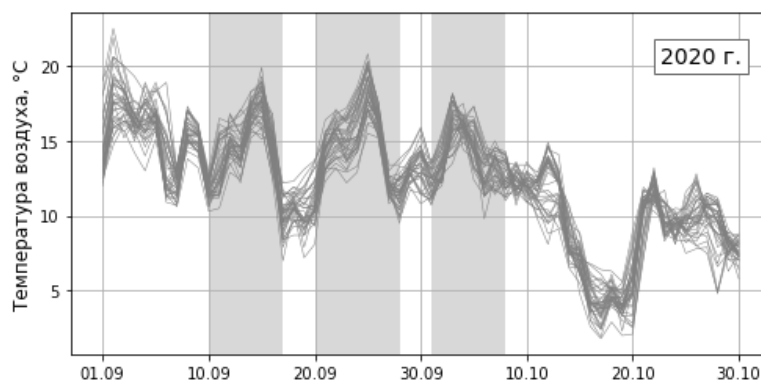


Рис. 1. Динамика среднесуточной температуры воздуха в период сентябрь-октябрь 2020 г. по данным 45 метеорологических станций Белгидромета Минприроды

Даты наступления пиков осеннего тепла определялись в дни с максимальной среднесуточной температурой воздуха после 15 сентября каждого года. В среднем самые высокие значения температуры воздуха в период осеннего возврата тепла отмечаются с 3 по 7 октября (рис. 2). Ранние даты пиков тепла (в пределах 25 квантиля) приходятся на 27-30 сентября, поздние (превышающие 75 квантиль) с 7 по 13 октября. Абсолютные максимумы температуры воздуха в 25% лет отмечались и позднее – во второй-третьей декадах октября.

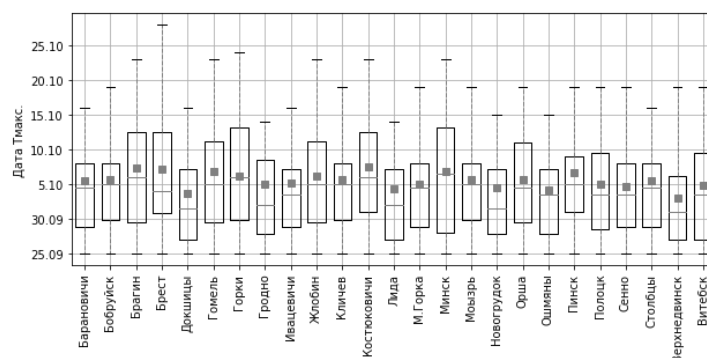


Рис. 2. Характеристики дат максимальной температуры воздуха в период осеннего возврата тепла (ранние/поздние, 25/75 квантиль, медиана (линия) и средние показатели дат (квадрат))

Наибольшие среднесуточные значения температуры воздуха в период осеннего возврата тепла колеблются от 15 °С на севере до 18 °С на юге страны и характеризуются постепенным увеличением с юга на север (рис. 3). В среднем максимальные значения температуры воздуха за сутки в период возвратов тепла достигают 26 °С в южной части и немного снижаются при продвижении на север до 21 °С.

Самые низкие значения суточной температуры воздуха в период пика осенних возвратов тепла отмечены в 1992 и составила 10 °С, в 2002 г.

– 11 °С, в 1994, 1988, 2018 гг. – 12 °С. Самые высокие значения среднесуточной температуры воздуха наблюдались в 1999, 2007, 2012 и 2020 гг. и составили 17-18 °С. На многих метеорологических станциях преимущественно на юге страны в эти годы среднесуточная температура превышала отметку в 20 °С, и может сравниться с летними волнами тепла. В 2020 г. период осеннего возврата тепла характеризуется 2 волнами значительного подъема среднесуточной температуры воздуха, которая в среднем по территории страны составляла 18 и 16 °С продолжительностью 6-8 дней каждая (рис. 3).

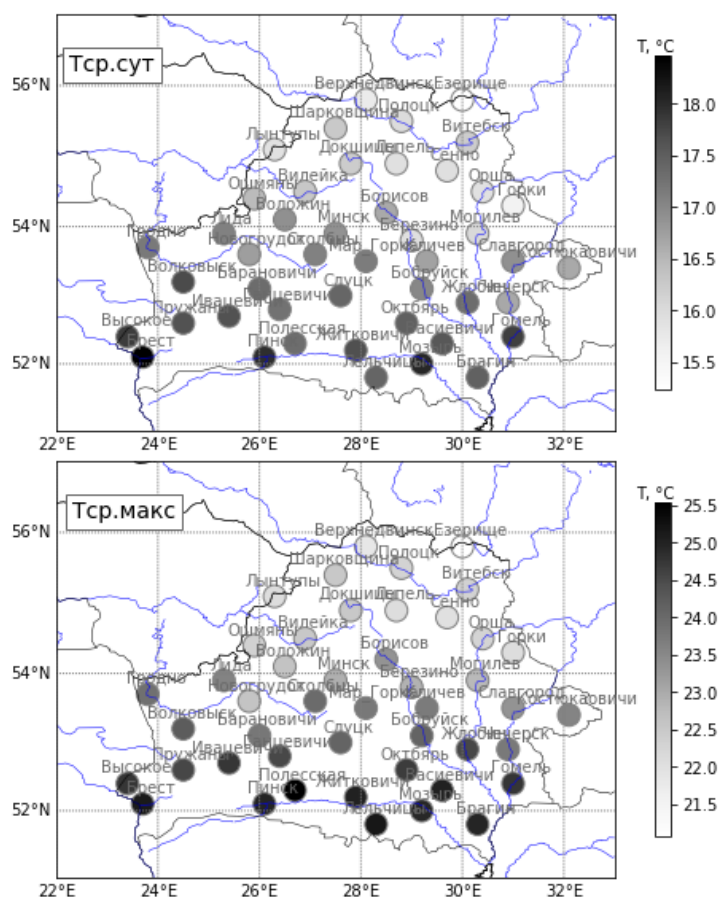


Рис. 3. Среднесуточная и средняя из максимальных за сутки значений температуры воздуха в период Бабьего лета

В рассматриваемый период, который синхронизирован с периодом заметного потепления климата на территории Беларуси, установлено повышение температуры воздуха в период осенних возвратов тепла. Как было показано выше, отмечается значительно повышение среднемесячной температуры воздуха в сентябре более чем на 2 °С и менее значительное повышение температуры воздуха в октябре - в пределах 0,5-0,7 °С за последние 30 лет. В тоже время отмечается рост максимальных значений

температуры воздуха в период осенних возвратов тепла, которые преимущественно приходятся на первую декаду октября, увеличение составляет от 0,5 °C на западе страны до 3 °C большей части страны (рис. 4).

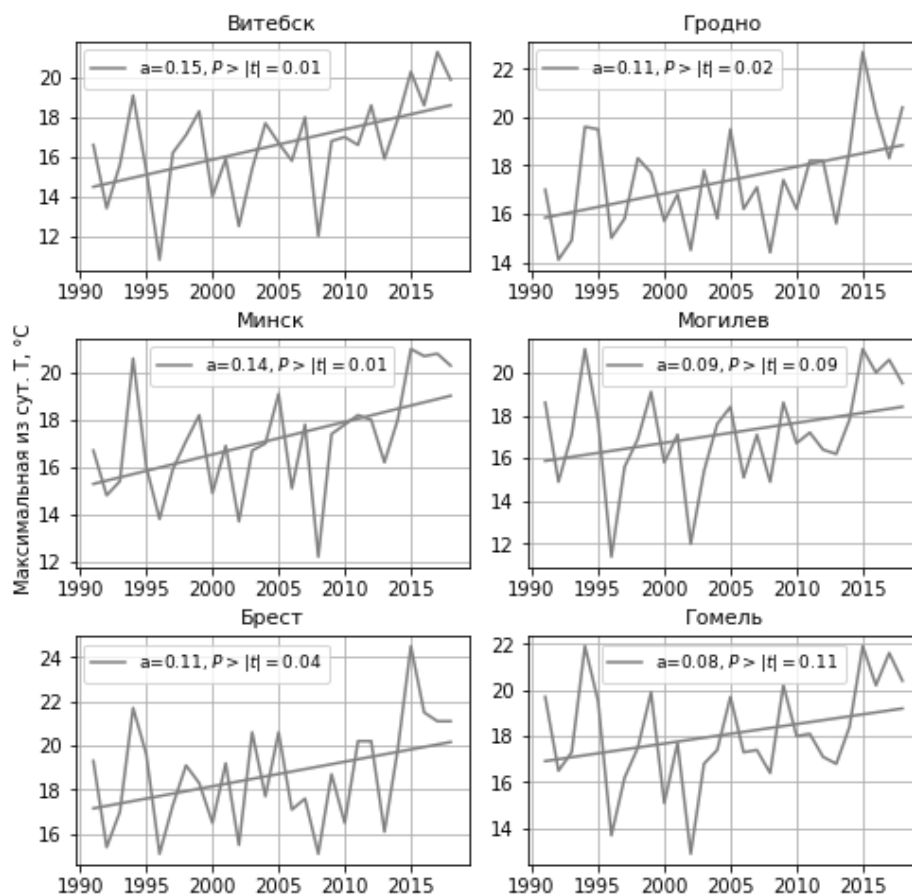


Рис. 4. Динамика максимальных значений среднесуточной температуры воздуха в период осенних возвратов тепла

Увеличение среднемесячной и максимальной температуры воздуха в период осенних возвратов тепла происходит на фоне глобального потепления климата и отражает региональные особенности климатических изменений на территории Беларуси. Современный период потепления климата Беларуси самый продолжительный за историю инструментальных наблюдений и характеризуется наиболее высокими значениями температуры воздуха в последние 30 лет (1989-2020 гг.). Среднегодовая температура воздуха по территории Беларуси повысилась на 1,3 °C по сравнению с климатической нормой (1961-1990 гг.). Три самых теплых года (2015 г. – $T_{\text{ср.год}}=8,5$ °C, 2019 г. – $T_{\text{ср.год}}=8,8$ °C и 2020 – $T_{\text{ср.год}}=9,1$ °C) в период с 1880 года приходятся на 1989-2020 годы [6].

В работе [4] показано, что в первую часть развития потепления (1989-1999 гг.) наибольшие изменения были характерны для холодной

части года (январь-апрель), с 2000-х гг. отмечается смещение потепления климата на вторую половину года (июль-декабрь). Постепенное повышение наибольших значений температуры воздуха в период осенних возвратов тепла согласуется с выводом о более интенсивном потеплении в теплый период года.

Возможные причины возвратов тепла осенью. В связи со снижением продолжительности светового дня, сокращением продолжительности солнечного сияния и постепенным охлаждением прилегающих к поверхности слоев атмосферы происходит понижение температуры воздуха. Поскольку охлаждение суши происходит более высокими темпами, чем океана, возрастает разность температур, которая способствует усилению переноса воздушных масс с запада на восток Европейского континента и приходу атлантических циклонов с пасмурной и дождливой погодой. После прохождения циклонов, как правило, следует антициклон и устанавливается преимущественно ясная или малооблачная погода, характеризующаяся повышением температуры воздуха, которая может сохраняться несколько недель. Практически ежегодно в первой половине осени отмечается период с устойчивой антициклональной погодой, когда ночное выхолаживание почвы и воздуха еще не очень сильное, а дневная температура повышается значительно. После продолжительного похолодания и выпадающих осадков, повышение температур воздуха ощущается как возврат тепла. В Европе, в том числе на территории Беларуси, такое повышение как правило обуславливает отрог Азорского антициклона, центр которого осенью может смещаться на континент. В зависимости от мощности антициклона, зависит область его распространения и температурный режим.

На рис. 5 представлена синоптическая карта на 25 сентября 2020 г., когда отмечена наибольшая температура воздуха в период осеннего возврата тепла в период 1991-2020 г. Гидрометеорологические условия в период волны тепла определял антициклон над Восточной Европой, сформировавшийся от Азорского антициклона и сместившийся восточнее. Начало периода тепла приходится на 17 сентября (рис. 1), когда антициклон переместился на Европейский континент в тылу северо-атлантического циклона и началось повышение среднесуточной температуры воздуха на территории Беларуси от 10 °С и достигшая 17-18 °С к 25 сентября. При этом антициклон постепенно смещался вглубь континента, обуславливая распространения обширного теплого сектора на территории Европы. Приведенный пример, отражает общий механизм ежегодного формирования волн тепла осенью на территории Европы, но динамика синоптических условий каждый год может существенно различаться в зависимости от общей циркуляции атмосферы.

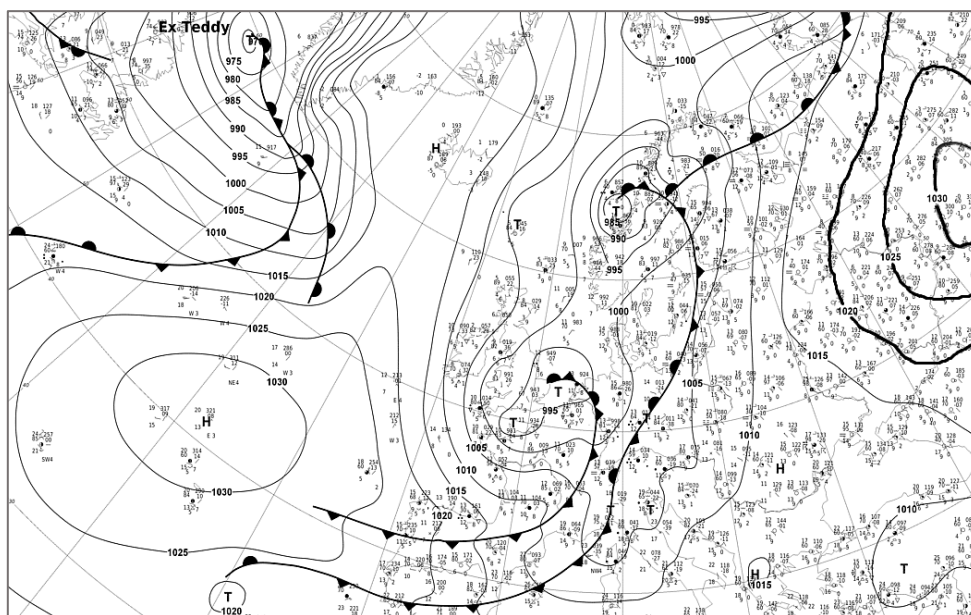


Рис. 5. Синоптические условия в Атлантико-Европейском секторе 25.09.2020 [8]

Альтернативная версия возврата тепла осенью связана с сокращением светового дня, как следствие снижением выработки хлорофилла растениями, массовым увяданием растительности и опаданием листвы с деревьев и кустарников, что сопровождается дополнительным притоком тепла в атмосферу и усилением теплового эффекта.

Заключение. Изменение температурного режима осенью на территории Беларуси синхронизировано с общими тенденциями современного потепления климата. Среднемесячная температура воздуха составляет 12,5 °С в сентябре, 6,6 °С в октябре и 1,4 °С в ноябре, и повышается на 0,2-0,9 °С за десятилетие в последние 30 лет. Периоды осенних возвратов тепла на территории Беларуси отмечаются в среднем в конце сентября – первой половине октября и связаны с влиянием Азорского антициклона. После прохождения северо-атлантических циклонов в их тылу следует антициклон, который углубляется над континентом и оказывает отопляющее влияние на Европейском континенте. Среднесуточные значения температуры воздуха повышаются в такие периоды до 15-18 °С, максимальная температура воздуха достигает 21-26 °С по территории страны. В последние десятилетия отмечается увеличение максимальных значений температур за сутки в периоды осенних возвратов тепла на 0,5-3 °С за последние 30 лет, которые обусловлены более интенсивным потеплением во вторую половину года с 2000-х гг.

Библиографические ссылки

1. Логинов В. Ф. Климат Беларуси. Минск : ИГН НАН Беларуси. 1996.
2. Логинов В. Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия. Минск : Тонпик. 2003.
3. Логинов В. Ф., Лысенко С. А. Модельные и эмпирические оценки современных изменений климата. Минск : Беларуская навука. 2019.
4. Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Мельник В. И. Изменение климата Беларуси : причины, последствия, возможности регулирования. Минск : Энциклопедикс. 2020.
5. Данилович И. С.; Логинов В. Ф. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси // Центральноазиатский журнал географических исследований, № 1-2. 2021. С.35-48.
6. ГKK. Государственный климатический кадастр : материалы наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь. № свид-ва 0870100021. 2020 г.
7. ВМО. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм, №1203. 2017. 21 с.
8. DWD. Weather3.com // Weather Maps. 2022 [Электронный ресурс] – URL : https://www.wetter3.de/archiv_wd_dt.html (дата обращения : 22.08.2022).