

г. Минска существенно отличаются от других регионов в связи с его нетипичностью: он очень мал по площади, но с очень большой численностью населения (поэтому его показатели не учитывались при выявлении числовых шагов группировки).

Очевидно, что территория Беларуси не столь велика, чтобы говорить о принципиальных территориальных отличиях недонасыщенности или перенасыщенности гидрологических постов, тем не менее сравнивать регионы друг с другом и более эффективно планировать размещение новых гидрологических постов предложенные расчеты позволяют. Они свидетельствуют о том, что более пристальное внимание необходимо уделить центральной части страны – Гродненской и Минской областям.

Таким образом, коэффициент локализации можно рекомендовать в качестве характеристики степени оптимальности обеспеченности территорий сетью гидрологических пунктов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидрометеорологическая деятельность Белгидромет – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-2023-goda-7821-2024/> (дата обращения: 04.02.2025).

УДК 551.5

**Т. А. ШЕЛЕСТ**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: tashelst@mail.ru

#### **ЛИВНЕВЫЕ ОСАДКИ В ГОРОДЕ И ИХ РАСХОД (НА ПРИМЕРЕ БРЕСТА)**

Климат города заметно отличается от климата окружающей территории, что обусловлено увеличением доли искусственных поверхностей, эмиссией техногенного тепла, загрязнением атмосферы, улавливанием стоков ливневыми системами и др. Он представляет собой результат взаимодействия естественно-природных и архитектурно-планировочных решений. К особенностям климата города относятся более высокие температуры по сравнению с окружающей местностью, снижение средней скорости ветра при увеличении его порывистости, меньшее количество ясных дней, уменьшение влажности воздуха, особенно летом, удлинение безморозного периода, более позднее появление и ранний сход снежного покрова. Количество осадков

над городом в сравнении с температурами увеличено не так существенно, однако в среднем наблюдается их рост за счет повышенной шероховатости на пути воздушных масс, усиленной конвекции вследствие большего прогревания, а также загрязнения воздуха аэрозолями, которые являются ядрами конденсации.

Цель настоящего исследования – выявить особенности выпадения атмосферных осадков и их расхода на примере г. Бреста. Исходными данными явились материалы наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Среднегодовое количество осадков в г. Бресте составляет около 600 мм. Они выпадают на протяжении всего года, однако отличаются интенсивностью и продолжительностью выпадения. 70 % годовой суммы осадков (417 мм) выпадает в теплый период года (с апреля по октябрь), достигая максимума в летние месяцы: в июне – 68,2 мм, в июле и августе – 82,4 и 61,7 мм соответственно. В отдельные месяцы года может выпасть несколько месячных норм осадков, как, например, это было в августе 2006 г. (292 мм). С ноября по апрель месячные нормы осадков составляют менее 40 мм.

Для выявления особенностей увлажнения используется суточный максимум осадков. В таблице 1 представлены наибольшие суточные осадки, которые наблюдались во все месяцы года в г. Бресте за период 1991–2020 гг.

Таблица 1 – Абсолютный суточный максимум осадков в г. Бресте за 1991–2020 гг., мм

| Месяцы   | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Максимум | 24,1 | 32,2 | 17,2 | 60,3 | 75,8 | 44,1 | 67,4 | 74   | 64,6 | 33,6 | 21,4 | 19,5 |
| Год      | 2008 | 1996 | 2008 | 2000 | 2002 | 2017 | 2018 | 2006 | 2010 | 2012 | 2010 | 2019 |

Наибольших значений суточный максимум осадков в г. Бресте за рассматриваемый период достиг 28 мая 2002 г., когда он составил 75,8 мм, что превышает месячную климатическую норму (67,3 мм).

В г. Бресте среднее число дней в году, когда выпадает 1 мм осадков и более, составляет 103, изменяясь в среднем от 7,4 в августе до 10 дней в июле (таблица 2). На протяжении года чаще наблюдаются обложные осадки, которые являются длительными, достаточно равномерной интенсивности, могут выпадать в виде дождя или снега. Среднее число дней с осадками более 5 мм в г. Бресте равно 36,7 дня, или 10 %, в году. Суточные суммы осадков 10 мм и выше выпадают в среднем 13,8 дня в году (менее 4 %), а 50 мм и более осадков

за сутки выпадает примерно один раз в 2–3 года. Практически ежегодно выпадают осадки с суточным максимумом более 30 мм, которые могут повторяться несколько раз в году, и наблюдаются они в мае, июле или августе. В феврале 1996 г. за сутки выпало 32 мм осадков.

Таблица 2 – Число дней с осадками в г. Бресте

| Сумма<br>за сутки | Месяц |     |     |     |     |     |      |      |     |     |     |     | Год          |
|-------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|--------------|
|                   | I     | II  | III | IV  | V   | VI  | VII  | VIII | IX  | X   | XI  | XII |              |
| ≥ 1 мм            | 9,1   | 9,3 | 8,3 | 7,5 | 9,2 | 8,9 | 10,0 | 7,4  | 7,6 | 8,1 | 8,7 | 9,0 | <b>103,1</b> |
| ≥ 5 мм            | 2,0   | 1,9 | 2,3 | 2,7 | 4,2 | 4,0 | 4,9  | 3,6  | 3,4 | 2,8 | 2,3 | 2,6 | <b>36,7</b>  |
| ≥ 10 мм           | 0,3   | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 1,9 | 2,1 | 2,4  | 1,9  | 1,7 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | <b>13,8</b>  |
| ≥ 50 мм           | 0     | 0   | 0   | 0   | 0,1 | 0   | 0,1  | 0,1  | 0,1 | 0   | 0   | 0   | <b>0,4</b>   |

Количество выпадающих атмосферных осадков, сезонность и интенсивность их выпадения влияют на содержание влаги в почве, состав атмосферы, рост растений, жизнь горожан и инфраструктуру города.

Ливневые осадки могут представлять опасность в связи с тем, что значительная часть городской поверхности является мало- либо вовсе водонепроницаемой. Для сбора дождевой воды предназначена система ливневых коммуникаций, которая включает водосточные трубы, водоотводные лотки, дождеприемники ливнесточного колодца (так называемая серая инфраструктура). В случаях когда дождеприемники оказываются засоренными наносами, продуктами эрозии почвы, смываемыми с газонов и открытых грунтовых поверхностей, бытовым мусором, вымываемыми компонентами дорожных покрытий и строительных материалов, происходит выключение дождеприемных устройств, коллекторов и дождевых насосных станций. При выпадении интенсивных осадков ливневая канализация может не справляться с большим потоком воды, вследствие чего происходит подтопление отдельных участков города, находящихся в понижениях рельефа. Кроме того, интенсивные ливневые осадки часто сопровождаются грозой и шквалистым усилением ветра, что, помимо подтопления отдельных участков города, сопровождается нарушением или даже остановкой движения транспорта, повреждением инфраструктуры города, падением деревьев, что в конечном итоге сопровождается ухудшением качества городской среды.

Частота и интенсивность выпадения атмосферных осадков, их стекание в условиях города влияют и на температурный режим. В отличие от естественных условий, когда выпадающие осадки впитываются в почву и в дальнейшем испаряются, а также используются растениями и расходуются на транспирацию, в условиях города они быстро стекают

в ливневую канализацию. Это сопровождается снижением расходов тепла на испарение, т. е. в условиях города теряется охлаждающий эффект от испарения, что приводит к повышению температур воздуха. Помимо испаряющего эффекта, растения выполняют терморегуляторную роль за счет создаваемой тени.

В условиях г. Бреста часть выпадающих атмосферных осадков впитывается открытыми пространствами, часть же стекает поверхностным стоком в ливневую канализацию, из которой поступает в реки Мухавец, Лесная и Западный Буг [1].

На размещение дождеприемников влияют прежде всего особенности рельефа: на пониженных участках города число дождеприемников больше, чем на повышенных участках. Во время выпадения ливневых дождей канализационная система подвергается повышенной нагрузке, и отдельные участки улиц оказываются затопленными. Поэтому важно научиться управлять дождевыми стоками и минимизировать нагрузку на ливневую канализацию, что возможно путем внедрения элементов зеленой инфраструктуры в систему ливневой канализации (серую инфраструктуру).

К зеленой ливневой инфраструктуре относят комплекс природных ландшафтов города, состоящий как из естественных объектов (парки, водные объекты и т. п.), так и из озелененных элементов антропогенного происхождения (дождевые сады, биодренажные канавы, зеленые крыши, зеленые парковки, хранилища для воды, дождевые бочки и т. п.) [2]. Использование элементов зеленой инфраструктуры направлено на задержание, очистку и инфильтрацию поверхностного стока непосредственно в черте города, а также снижение объемов ливневых стоков, обеспечение естественного гидрологического цикла.

В городе возможны различные варианты использования элементов зеленой инфраструктуры, которые способствуют снижению эффекта острова тепла, улучшению качества воздуха, повышению устойчивости к засухе, созданию естественной зеленой среды, что позволяет ей выполнять важные экосистемные и рекреационные функции. Увеличение площадей проницаемых поверхностей способствует удержанию воды в ландшафте и приводит к стимулированию испарительного охлаждения на уровне улицы, а в сочетании со сбором дождевой воды может обеспечить максимальный охлаждающий эффект.

Одним из наиболее приемлемых вариантов использования зеленой инфраструктуры в условиях г. Бреста на пониженных участках рельефа являются дождевые сады, которые позволяют удерживать воду в местах ее скопления и замедлить ее поступление в канализацию или реку.

Дождевой сад может располагаться на месте классического газона вдоль проезжей части улицы, занимая всю его площадь, или это могут быть небольшие по площади островки, отделенные от классического газона. Использование элементов зеленой инфраструктуры позволит снижать пиковые ливневые нагрузки путем временного аккумуляирования воды с возможностью дальнейшего использования атмосферных осадков в пределах городской застройки.

Таким образом, несмотря на умеренное количество осадков в г. Бресте, их относительно равномерное выпадение на протяжении года, преобладание обложных осадков, ливневые осадки выпадают практически ежегодно и нередко приводят к подтоплению отдельных участков улиц города. Канализационная система г. Бреста не всегда справляется с возложенными на нее функциями по быстрому отводу излишков воды. Для предотвращения подобных последствий необходимо обеспечивать надежную работу дождеприемных устройств, коллекторов и дождевых насосных станций, своевременно проводить санацию, обслуживание, промывку ливневых сетей. Научиться управлять дождевыми стоками и минимизировать нагрузку на ливневую канализацию можно и путем внедрения современных и экологических видов водоотведения с учетом мирового опыта, направленного на использование и интеграцию зеленой инфраструктуры в систему ливневой канализации. Проблема водоотведения поверхностных стоков с городских территорий выступает как важным фактором обеспечения качественной городской среды, так и одним из ключевых условий устойчивого развития городов в период климатических изменений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яловая, Н. П. Разработка эффективной системы водоотведения поверхностного стока г. Бреста / Н. П. Яловая, А. Н. Корнейчик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2016. – № 2. – С. 91–95.

2. Ливневая канализация в современном городе. От тарификации до инфильтрации : коллектив. моногр. / С. Б. Сиваев, А. М. Абдуллаев, О. О Смирнов [и др.] ; Нац. исслед. ун-т «Высш. шк. экономики». – М. : Изд. дом Высш. шк. экономики, 2023. – 120 с.