

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО СТОКА В ЛОКАЛЬНЫХ ВОДОСБОРАХ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МИНСКА

С.В. Алисиевич<sup>1)</sup>, Н.В. Ковальчик<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
email: [sviataly@gmail.com](mailto:sviataly@gmail.com)

<sup>2)</sup> Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
email: [kovalchikny@gmail.com](mailto:kovalchikny@gmail.com)

Управление поверхностным стоком городов должно вестись с учетом характеристик локальных водосборов, различающихся условиями формирования поверхностного стока. Проблема затопления является актуальной для г. Минска. Выполнена типизация локальных водосборов г. Минска по подверженности формированию избыточного объема поверхностного стока. Картографирование водосборов проводилось в программном комплексе ESRI ArcGIS Desktop 10.7 с использованием инструментов гидрологического моделирования модуля Arc Hydro. Для оценки условий отвода поверхностного стока использованы показатели: гидрологическая почвенная группа, плотность дренажа, запечатанность почвенного покрова и обеспеченность территории сетями ливневой канализации. По результатам оценки составлена картосхема условий формирования избыточного стока на территории г. Минска. Выявлено, что для большинства локальных водосборов характерны средний и высокий уровни подверженности формированию избыточного стока, что свидетельствует об уязвимости более 80% территории города к последствиям экстремальных погодных явлений, связанных с выпадением большого количества атмосферных осадков.

**Ключевые слова:** территория города; локальный водосбор; гидрологическое моделирование; поверхностный сток; экстремальные погодные явления.

На территории Беларуси одним из проявлений глобальных климатических изменений стало увеличение повторяемости экстремальных погодных явлений [1]. Наибольшую повторяемость имеют сильные дожди, снегопады и ветры, и в крупных городах число дней с ливневыми дождями наблюдается чаще, чем в других населенных пунктах, что обусловлено большим накоплением ядер конденсации в воздухе и ослаблением скорости ветра из-за плотной застройки [2].

Избыточное поступление осадков на земную поверхность нередко создает проблему затопления и требует внедрения нестандартных подходов к управлению ливневым стоком городов. В застроенных кварталах искусственные поверхности менее проницаемы, чем природные, поэтому воды быстрее достигают водоприемников. В таких условиях пути водоотведения должны удерживать большие и часто внезапные объемы поверхност-

ного стока. На сегодняшний день одним из наиболее актуальных и эффективных подходов к комплексному управлению водными ресурсами городов является применение «зеленых» решений.

Развитие процесса урбанизации приводит к существенной трансформации водосборных территорий. Коренное преобразование земной поверхности и создание дренажно-канализационной системы формируют новые условия поверхностного стока.

В статье рассматривается опыт выделения локальных водосборов на территории г. Минска и оценка условий формирования избыточного поверхностного стока в их пределах.

Проблема отведения ливневых вод в г. Минске существует уже на протяжении десятилетий [3]. На территории города поверхностный сток частично отводится в р. Свислочь и ее притоки по системе дождевой канализации отдельно от сточных вод промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства [4]. Схема дождевой канализации направляет поверхностные воды с водосборных площадей в магистральный коллектор с целью последующей очистки в замыкающем створе перед выпуском в поверхностный водный объект. В настоящее время с ростом интенсивности градостроительного освоения наблюдается тенденция увеличения доли водонепроницаемых площадей. Кроме того, меняются климатические факторы формирования стока: увеличивается продолжительность периодов оттепели в зимний период, наблюдается наложение периодов весеннего половодья и выпадения ливневых осадков. В итоге усложняется возможность водоотведения и очистки стока [5].

Выделение локальных водосборов проводилось в программном комплексе ESRI ArcGIS Desktop 10.7 с использованием инструментов гидрологического моделирования модуля Arc Hydro. В качестве исходных данных была использована цифровая модель рельефа (ЦМР) г. Минска с пространственным разрешением 10 м. На территории города было выделено 72 локальных водосбора.

Для оценки природно-антропогенных факторов, влияющих на скорость отвода поверхностного стока с водосборов, согласно методике [6], были использованы показатели: гидрологическая почвенная группа, плотность дренажа, запечатанность почвенного покрова и обеспеченность территории сетями ливневой канализации.

Отнесение почв каждого выделенного водосбора к одной из 4-х гидрологических почвенных групп выполнялось на основе анализа их гранулометрического состава с учетом геоморфологических условий. В пределах водосборов города преобладают песчаные, супесчаные, суглинистые почвы разного генезиса, торфяно-болотные почвы отличаются незначительной долей площади в пределах водосборов.

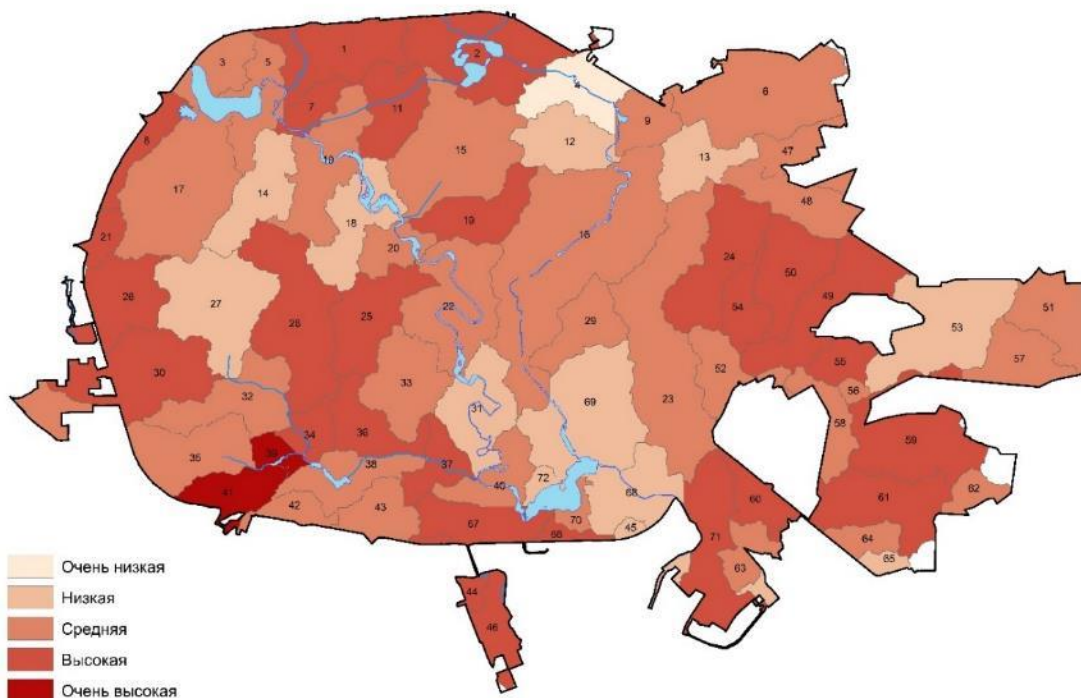
Плотность дренажа характеризует естественную топографию территории. Низкие значения плотности дренажа характерны для локальных

высот, возвышенностей, высокие значения – для понижений и впадин, промежуточные значения имеют обратные откосы с более высокими значениями для крутых склонов [7]. Показатель рассчитывался по слою дренажной сети, полученному из исходной ЦМР в модуле Arc Hydro с помощью функции Drainage Line Processing («Обработка дренажной линии»).

Оценка запечатанности почвенного покрова города проводилась по данным [8]. Как запечатанные поверхности выделялись все здания и строения, асфальтированные поверхности и другие непроницаемые покрытия.

Обеспеченность территории сетями ливневой канализации в условиях отсутствия более точных данных, таких как расположение и пропускная способность всех дождеприемных колодцев, может использоваться как параметр оценки водосборной инфраструктуры города [6]. Для определения показателя была использована схема развития дождевой канализации города. Обеспеченность территории каждого водосбора сетями ливневой канализации оценивалась по 5-бальной шкале с использованием метода классификации «равный интервал».

Далее балльные покомпонентные показатели суммировались и распределялись по классам оценки: очень низкая, низкая, средняя, высокая, очень высокая. На основе суммарной оценки была составлена картосхема условий формирования избыточного поверхностного стока на территории г. Минска (рис.).



Оценка условий формирования избыточного поверхностного стока в пределах локальных водосборов г. Минска

Согласно полученным результатам, высоким уровнем подверженности формированию избыточного стока характеризуются 27 локальных водосборов (35 % площади города), 30 водосборов характеризуются средним уровнем, а для 12 водосборов (17,2 % площади города) характерен низкий уровень оценки. Два локальных водосбора в юго-западной части города характеризуются очень высокими значениями оценки.

Таким образом, в пределах локальных водосборов г. Минска преобладают средний и высокий уровни оценки возможности формирования избыточного стока, что представляет опасность в условиях повышения частоты экстремальных погодных явлений. Полученные результаты изучения территориальной неоднородности условий формирования поверхностного стока на территории г. Минска могут быть использованы для комплексного управления водными ресурсами города с использованием «зеленых» решений.

### Библиографические ссылки

1. Климат Беларуси / В. Ф. Логинов [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т геол. наук; под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 1996. 235 с.
2. Шпока И. Н. Пространственно-временное распределение опасных метеорологических явлений на территории Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.30 / И. Н. Шпока; Ин-т природопользования НАН Беларуси. Минск, 2012. 23 с.
3. Просто летний дождь прошел. История минских наводнений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bolshoi.by/lifeshot/rain-in-minsk/> Дата доступа: 01.02.2023.
4. Овчарова Е. П. Эколого-геохимическая оценка поверхностного стока с городской территории (на примере г. Минска): автореф. дисс. канд. геогр. наук. Минск: Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси, 2006. 22 с.
5. Гапанович Е. В. Особенности развития системы дождевой канализации г. Минска / Е. В. Гапанович [и др.] // Водные ресурсы и климат : материалы V Международного Водного Форума: в 2 ч. редкол.: проф. О. Б. Дормешкин [и др.]. Минск : БГТУ, 2017. Ч. 2. С. 56–59.
6. Kaur R., Gupta K. Blue-Green Infrastructure (BGI) network in urban areas for sustainable storm water management // A geospatial approach, City and Environment Interactions. 2022. Vol. 16.
7. Dobos E., Daroussin J. (n.d.). Calculation of Potential Drainage Density Index (PDD) // Digital Terrain Modelling. 2022. P. 283–295.
8. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org>. Дата доступа: 20.02.2022.