

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА СТОК МАЛЫХ РЕК**

*Волчек А. А.*

*Брестский государственный технический университет  
г. Брест, Республика Беларусь, e-mail: Volchak@tut.by*

В статье представлены результаты численного эксперимента по влиянию техногенно-нарушенных территорий на речной сток малых рек Беларуси с помощью средневзвешенных коэффициентов поверхностного стока. На примере застройки жилого микрорайона в г. Бресте, промышленного предприятия СП «Санта Бремор» в г. Бресте и планируемой к застройке молочно-товарной фермы в Минской области, вблизи д. Гайна, которые расположены в бассейнах рек Мухавец, Лесная и Гайна, показано что во всех случаях прогнозируется уменьшение поверхностного стока.

Ключевые слова: речной сток; малые водосборы; поверхностный сток; техногенно-нарушенные территории; средневзвешенные коэффициенты.

## **ASSESSMENT OF THE ANTHROPOGENIC TRANSFORMATIONS IMPACT OF NATURAL LANDSCAPES ON THE SMALL RIVERS RUNOFF**

*Volchak A. A.*

*Brest State Technical University  
Brest, Republic of Belarus, e-mail: Volchak@tut.by*

The results of a numerical experiment on the technogenic disturbed areas influence on the river runoff of small rivers in Belarus using weighted average coefficients of surface runoff are presented. A residential district in Brest, an industrial enterprise "Santa Bremor" in Brest, and a planned dairy farm in the Minsk region near the village of Gaina, which are located in the basins of the Mukhavets, Lesnaya, and Gaina Rivers, respectively, are used as an initial data for the research. A decrease in runoff is predicted in all cases.

Keywords: river runoff; small water basins; surface runoff; technogenic disturbed areas; weighted average coefficients.

Антропогенный ландшафт в той или иной степени воздействует на метеорологические и гидрологические процессы. Изменения термического режима и увеличение твердых частиц в атмосферном воздухе в городских районах влияют на интенсивность формирования осадков и вероятность возникновения конвективных летних гроз. Увеличение площади городских территорий приводит к увеличению слабопроницаемых поверхностей и расширению применения искусственных дренажных систем, что носит разнонаправленный характер и требует комплексного анализа.

В этих условиях знания о процессах трансформации режима стока в результате роста техногенно-нагруженных территорий (ТНТ) становятся все

более приоритетной задачей, особенно при современном изменении климата [1]. ТНТ – это территории, подвергшиеся существенному антропогенному воздействию, которое привело к значительным изменениям естественного ландшафта и, как правило, к негативному влиянию на элементы окружающей природной среды. Эти изменения, с одной стороны, придают естественным ландшафтам азональные черты, а с другой, делают их урбанизированными территориями со значительной долей площадей с искусственными покрытиями, сильно канализованными, с полностью или частично организованным поверхностным и подземным стоком. В целом ТНТ не имеют ярко выраженных черт ни естественных ландшафтов (в том числе азональных), ни урбанизированных территорий, представляя их сложную мозаику, тем не менее, объединенную в систему конкретных водосборов. Это объединение обусловлено сложным сочетанием комплекса природных, административных, производственных, социальных и других факторов, под воздействием которых формируются границы водосборов, водоразделы и тальвеги, соотношение поверхностного, подземного, дренажного стоков и инфильтрационной составляющей стока, качество стока, а также определяется положение расчетных створов. Все эти факторы оказывают непосредственное влияние на условия формирования и трансформации поверхностного и подземного стоков.

Целью данной работы является разработка и апробация методики оценки влияния ТНТ на речной сток рек Беларуси с помощью средневзвешенных коэффициентов поверхностного стока.

**Исходные данные.** В данной работе в качестве исходных данных использованы наблюдения за основными климатическими характеристиками Брестской области (осадки, температура, влажность и т.д.). Для формирования пространственных моделей в качестве картографической основы применялись данные дистанционного зондирования (ортофотоснимки, космические данные) и материалы земельно-информационной системы Республики Беларусь. В качестве информации о структуре водопотребления (водопользования) урбанизированных территорий и качестве водных ресурсов использованы официальные отчетные материалы, приведенные на информационных ресурсах Национального статистического комитета Республики Беларусь.

**Методика исследования.** Одним из ключевых факторов антропогенных преобразований стока является трансформация подстилающих поверхностей. Модуль стока формируется за счет подземной и поверхностной составляющих. Влияние морфометрических характеристик русла и параметров водосбора на подземный сток принято учитывать коэффициентом неполноты дренирования подземных вод. Данный коэффициент показывает насколько полно река вскрывает водоносный горизонт грунтовых вод. Коэффициент при полном дренировании приближается к единице. Аналогичные подходы использованы нами для оценки изменения поверхностного стока с ТНТ с помощью средневзвешенных коэффициентов,

методика определения которых детально изложена нами в работах [2 – 5].

Степень техногенного воздействия на территорию варьируется в зависимости от различных факторов и уровня их влияния в пределах конкретной территории. Прежде всего к ним относятся:

- многонаправленность техногенеза, что, в зависимости от интенсивности совокупного воздействия, формирует условия для скоротечного изменения естественных элементов природной среды к техногенно-преобразованным;

- устойчивость территории к изменениям техногенного характера, формируемая из возможностей самовосстановления благодаря высокому уровню организованности, интенсивному взаимообмену и самоподдержанию функционального баланса природной составляющей территории, а также проводимых человеком восстановительных мероприятий;

- техногенная миграция элементов, которая, в большинстве случаев необратимо, исключает множество элементов природной среды в рамках ТНТ или способствует включению несвойственных данной среде элементов, что приводит к дисфункции естественных процессов в пределах данного ландшафта.

При определении гидролого-климатических параметров в пределах ТНТ в зависимости от реальных условий, помимо естественных показателей, могут оказаться необходимыми следующие критерии:

- пространственные критерии ТНТ (площади, уклоны и т.д.);

- вид объекта техногенного воздействия (луг, пашня и др.);

- основные показатели выработок открытого типа, характеризующие масштаб (площади, форменное представление, глубина, ориентация по сторонам света, крутизна откосов, вид поверхностного слоя и др.);

- основные показатели искусственных насыпей, таких как насыпи дорожного типа, отвалы, дамбы обвалования и другие;

- дренированность ТНТ, в учет которой входит совокупность внешних гидравлических характеристик;

- канализованность ТНТ, также учитывающая некоторый состав внешних гидравлических характеристик.

- другие критерии, отличающиеся своей разнородностью в зависимости от конкретных территориальных условий техногенного характера.

Расчет гидролого-климатических характеристик необходимо для:

- рационализированного водообустройства в рамках исследуемого участка ТНТ;

- увеличения доли полезного эффекта от организационных мероприятий, воздействующих непосредственно на функциональные показатели поверхностного и подземного стока;

- точного определения расходов и объемов составляющих стока;

- объективного прогнозирования гидрологических параметров в случае планируемого ведения какой-либо деятельности в рамках ТНТ;

- анализа основных критериев проявления качественных показателей стока как в рамках совокупной площади водосбора ТНТ, так и в пределах обособленных комплексах стокообразования;

- принятия проектных решений рекультивационного типа;

- разработки гидрогеодинамических моделей ТНТ.

Проведение расчетов по определению гидролого-климатических характеристик ТНТ предполагает наличие следующих данных:

- параметры природных и климатических особенностей территории, которые вызваны исключительно естественными факторами и условиями формирования поверхностного и подземного стока;

- показатели техногенных особенностей территории, которые имеют непосредственное воздействие на основные гидролого-климатические характеристики в пределах ТНТ.

Потребность в определении характеристик природно-климатического характера в рамках ТНТ ограничивается объемом, который, в большинстве случаев, соответствует стандартизированному комплексу инженерных изысканий. Данные характеристики классифицируют следующим образом: – топографические; – гидрометеорологические; – инженерно-гидрогеологические; – инженерно-экологические.

Установление характерных особенностей ТНТ производится на основании проектной и исполнительной документации, разрабатываемой для объектов строительства, частично или в полном составе входящих в пределы ТНТ. Как правило, применяются: генпланы строительных площадок, территориальные экспликации, планы проектов прокладки и обустройства инженерных сетей, разрезы возводимых зданий и сооружений, землеотводные планы, схемы зонального распределения водоохранного пространства и т.д. При полноценном составлении комплекса необходимой информации первичного характера необходимо выполнить мероприятия специализированного характера, которые направлены на обследование ТНТ. Целевое назначение обследования заключается в уточнении информационного массива данных о типовых признаках комплексов, функциональным свойством которых является формирование поверхностного и подземного стока. Далее необходимо произвести качественную оценку полученных данных и назначить проведение дополнительных изысканий, при условии нарушения такого критерия, как информативная достаточность в рамках объекта исследования.

Совокупность данных, установленная в пределах конкретной ТНТ, позволяет произвести заблаговременную оценку:

- масштаба техногенного воздействия на условия формирования и преобразования поверхностного стока;

- предполагаемых итоговых контуров ТНТ, а также областей поглощения в рамках установленных границ.

Учет факторов оказывающих непосредственное влияние на условия формирования стока является важным моментом, так как в зависимости от их

доминирующего направления (природно-климатическое или техногенное) устанавливаются особенности взаимодействия человека с рассматриваемой территорией.

Анализ природно-климатических условий формирования стока позволяет оценить:

- почвы, слагаемые ТНТ как естественного так и антропогенного происхождения;
- структурные особенности рельефа рассматриваемой территории;
- состояние растительного покрова и его обеспечивающие факторы;
- прочие особенности местности, оказывающие прямое воздействие на формирование режима поверхностного стока.

На данной стадии устанавливают основные факторы природного происхождения, которые оказывают определяющее значение на режим стока, его ключевые параметры. Помимо этого необходимо осуществить расчет основных параметров природно-климатических условий, используемых в рамках выполнения последующих расчетов.

Анализ характеристик ТНТ имеет большое значение, так как способствует проведению оценки вероятного влияния нагрузок техногенного характера на естественные природно-климатические условия рассматриваемой территории. В случаях, когда роль техногенных процессов велика, количественно-качественные параметры стока подвергаются преобразованиям. В данном случае необходимо уточнить оценки характеристик новых составляющих рельефного массива заданного пространства, границ внутренних водосборов, трансформаций гидрологических характеристик, гидрографической сети, территориальной канализованности, гидравлических параметров сети.

Также необходимо проанализировать схему инженерных коммуникаций водотранспортирующего характера с уточнением конструкционного исполнения и результатов расчетов утечек из объектов линейного типа. Производится уточнение положения в территориальных пределах площадных и сфокусированных точек возникновения техногенной инфильтрации, водовыпускных процессов, степенной уровень интенсивности инфильтрации, задаваемый при определении количественного показателя, а также ее функциональный режим.

Разрабатывается схематическое представление качественных показателей стока с идентификацией источников потенциального негативного воздействия, его характерные черты, податливость к процессам, направленным на организованное управление качественном поверхностного стока (очистные сооружения, разбавление, локализация и т.п.). Определяются количественные значения основных гидролого-климатических параметров, которые непосредственно влияют на изменения поверхностного стока в пределах ТНТ.

Расчетные гидролого-климатические характеристики поверхностного стока и условия их обеспеченности устанавливаются в прямом соответствии

с заданиями на подготовку проектных решений, нормированными показателями Республики Беларусь, степенью актуальности выполнения тех или иных решений в отношении техногенно-нарушенной территории, а также непосредственными конкретными задачами, постановка которых производится с целью решения определенных проблем в рамках рассматриваемого пространства.

Полученные результаты требуют сопоставления с аналогичными расчетами или подвергаются экспертизе. Существенные расхождения обозначают необходимость внесения коррективов и проверки соответствия применяемых исходных данных к полученному результату. При этом важным условием методики является способность к тонкой настройке при выполнении расчетов с целью эффективного уточнения исходных данных, что полезно сказывается на итоговых результатах.

**Результаты численного моделирования и их анализ.** По разработанной нами методике проведен численный эксперимент по влиянию ТНТ на речной сток в границах водосбора рек Мухавец, Лесная, Гайна [4, 5]. На примере застройки жилого микрорайона в г. Бресте, промышленного предприятия СП «Санта Бремор» в г. Бресте, планируемой к застройке молочно-товарной фермы в Минской области, вблизи д. Гайна, прослеживается тенденция к уменьшению количества среднегодового объема поверхностного стока после ввода в эксплуатацию каждого объекта. Градостроительство один из факторов воздействия на формирование стока на примере застройки одного из микрорайонов в г. Бресте. Как показал численный эксперимент, что теоретически поверхностный сток может уменьшиться до 12 % при возведении на данном участке зданий и сооружений, прокладке автодорог и пешеходных дорожек. Промышленность как фактор воздействия на формирование стока. Участок расположен в пределах водосбора р. Лесная и занимает площадь 2061,12 м<sup>2</sup>. Строительство промышленных зданий и сооружений, в данном случае сокращает объемы поверхностного стока до 10 %. Сельское хозяйство как фактор воздействия на формирование стока. Для участка, площадью 91614 м<sup>2</sup> норма годового стока равна 3,71 дм<sup>3</sup>/с, после проведения строительных работ по возведению зданий по содержанию животных и складских помещений, навесов для выгула животных среднегодовой объем поверхностного стока сократится до 65 %.

**Выводы.** На примере застройки жилого микрорайона в г. Бресте, промышленного предприятия СП «Санта Бремор» в г. Бресте, планируемой к застройке молочно-товарной фермы в Минской области, вблизи д. Гайна, прослеживается тенденция к уменьшению количества среднегодового объема поверхностного стока после ввода в эксплуатацию каждого объекта. На сегодняшний день развитие градостроительства, промышленности и сельского хозяйства неизбежно приведет к сокращению среднегодовой объемов поверхностного стока. Поэтому уже на стадии проектирования объектов необходима комплексная оценка всех возможных негативных последствий с целью их минимизации.

### **Библиографические ссылки**

1. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А.А. Волчек [и др.]; под общ. ред. А.А. Волчек, В.Н. Корнеева. – Брест: Альтернатива, 2017. – 228 с.
2. ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). Расчетные гидрологические характеристики. Правила расчета Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. 55 с.
3. Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий / Под ред. С.В. Сокольского. – СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2010. – 115 с.
4. Оценка влияния техногенно нарушенных территорий на речной сток / А.А. Волчек [и др.] // Вестн. Брестского государств. технич. ун-та. – 2020. – №2(120): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 87 – 92.
5. Статистически-вероятностная оценки влияния техногенно-нарушенных территорий на речной сток / А.А. Волчек [и др.] // Ресурси природних вод Карпатського регіону / Проблеми охорони та раціонального використання. Матеріали Дев'ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (м.Львів, 8–9 жовтня, 2020 р.): зб. наук. стат. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – С. 18 –22.