

ресурсами, ускорить процессы принятия решений и повысить эффективность работы всей системы.

Кроме того, важным направлением развития является улучшение производительности и надежности системы. Для этого необходимо проводить регулярную оптимизацию и модернизацию программного обеспечения, а также улучшать технические характеристики оборудования и инфраструктуры.

Наконец, важно продолжать работу по повышению уровня безопасности и защите информации в системе «Цифровая платформа Водные данные». Это может быть достигнуто путем использования современных технологий и методов защиты, а также обучения персонала работе с системой и обеспечению ее безопасности.

В статье были рассмотрены основные принципы и подход к разработке современных государственных информационных систем, а также была проанализирована архитектура Государственной информационной системы «Цифровая платформа Водные данные».

Было установлено, что система имеет модульную структуру и состоит из нескольких сегментов, которые взаимодействуют друг с другом. Каждая подсистема выполняет свои задачи и обеспечивает взаимодействие с другими подсистемами.

В целом, можно сделать вывод, что Государственная информационная система «Цифровая платформа «Водные данные» Федерального агентства водных ресурсов» является примером успешной реализации современной государственной информационной системы. Ее архитектура позволяет эффективно управлять водными ресурсами и обеспечивать безопасность и защиту информации.

#### **Список использованной литературы**

1. Об утверждении положения о Федеральном агентстве водных ресурсов [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 16.06.2004 № 282 (ред. от 07.07.2016). – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_48113/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48113/) (дата обращения 01.08.2023).
2. Ньюмен Сэм. Создание микросервисов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 624 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).
3. Об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах [Электронный ресурс]: Приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 №17 (ред. от 28.05.2019). – URL: <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-11-fevralya-2013-g-n-17> (дата обращения 01.08.2023).

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ**

***Волчек А.А., Парфомук С.И.***

Брестский государственный технический университет, г. Брест

E-mail: [volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by)

**Аннотация:** Разработано программное обеспечение для автоматизации управления водными ресурсами Беларуси. Пакет программ основан на известных методах и содержит реализацию собственных методов. Пакет состоит из трех взаимосвязанных программных комплексов. Первый комплекс отвечает за управлением банком данных, второй блок позволяет решать ряд гидрологических и водохозяйственных задач, третий комплекс предназначен для моделирования речного стока.

**Ключевые слова:** программа, водные ресурсы, оценка, модель, Беларусь

## INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ASSESSMENT OF WATER RESOURCES IN BELARUS

*Volchak A.A., Parfomuk S.I.*

Brest State Technical University, Brest

**Abstract:** Software for automation of water resources management in Belarus has been developed. The software package is based on well-known methods and contains the implementation of its own methods. The package consists of three interconnected software packages. The first complex is responsible for managing the data bank, the second block allows solving a number of hydrological and water management tasks, and the third complex is designed for modeling river runoff.

**Keywords:** program, water resources, assessment, model, Belarus

Рациональное управление водными ресурсами в современных условиях является одной из приоритетных задач в области водных ресурсов не только в Беларуси, но и во всем мире. В процессе разработки стратегии управления водными ресурсами, планировании и реализации водохозяйственных мероприятий, решении задач оптимального регулирования речного стока, необходимо иметь научно-обоснованные оценки происходящих и ожидаемых в будущем изменений гидрологических характеристик под влиянием непрерывного и возрастающего антропогенного воздействия, и меняющегося климата. Сложность решения этих вопросов на современном этапе развития общества в значительной мере обусловлена особенностями социально-экономических и климатических условий последних трех десятилетий. В последние 30 лет на территории Беларуси, как и во всем мире, наблюдается существенная динамика климатических показателей, которая вызывает ответную реакцию в гидрологических процессах [1].

Оценка водных ресурсов, качества воды, управление и рациональное их использование, предотвращение от истощения и загрязнения, прогнозирование колебаний речного стока рек и др. являются стратегическими задачами государства и в современных условиях должны решаться на базе географических информационных систем [2–4]. Созданию таких систем водных ресурсов страны должны предшествовать детальные исследования закономерности их формирования, изучение современных проблем водных ресурсов, разработка соответствующих методик и уникального программного обеспечения.

Ранее для автоматизации гидрологических и водохозяйственных расчетов, анализа временных рядов речного стока, а также прогнозирования значений стока различными методами нами был разработан пакет прикладных программ управления водными ресурсами Беларуси, реализующий известные методы и результаты собственных исследований [5]. Пакет состоит из трех взаимосвязанных программных комплексов и предусматривает решение нескольких сопутствующих задач (рис. 1). Первый комплекс отвечает за управление банком данных по составляющим водного и теплового балансов речных водосборов Беларуси. Второй – позволяет в автоматизированном режиме обрабатывать информацию из банка данных и решать ряд гидрологических и водохозяйственных задач. Третий комплекс предназначен для моделирования и разработки прогнозов колебания речного стока с учетом различных сценариев развития климата.

На основе информации из банка данных предусмотрено решение сопутствующих задач расчетно-графического характера, объединенных в отдельный программный комплекс. Созданный пакет программ отвечает требованиям доступности и безопасности данных, обеспечивает целостность и контролирует избыточность данных. Доступ к данным осуществляется на основе прав пользователей. Пакет позволяет присоединять новые прикладные программы, а также совершенствовать уже



Рис. 1. – Структура пакета прикладных программ

имеющиеся. Интегрированный пакет содержит достаточно подробную справочную информацию (руководство пользователя). Работа с пакетом начинается с выбора реки посредством задания координат центра тяжести ее водосбора, что можно сделать путем визуальной отметки на карте или ввода цифровых значений в километрах относительно Минска или географических координатах. Механизм выбора водосбора един для всех программных комплексов и реализуется, как показано на рис. 2.

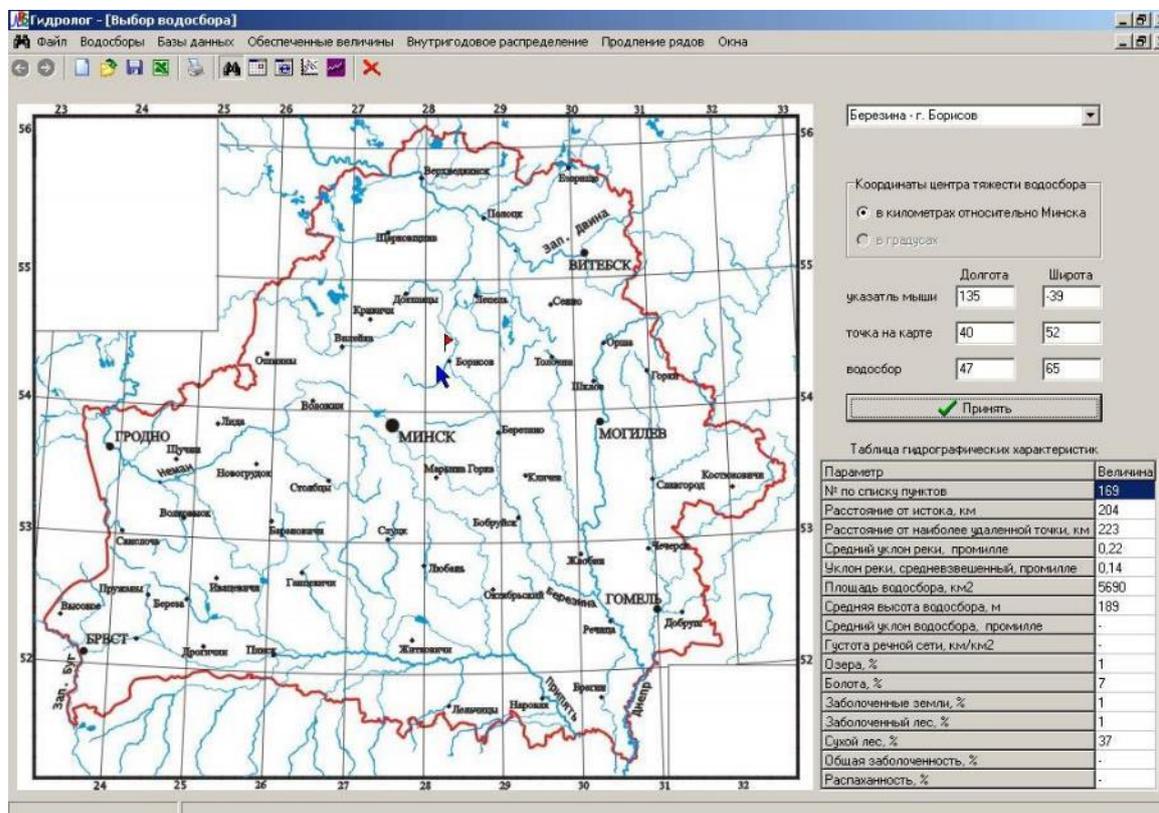


Рис. 2. – Выбор водосбора  
258

**Цели и методы стратегического планирования развития водного хозяйства и управления водными ресурсами на федеральном, региональном и бассейновом уровнях**

Базы данных созданы на основе материалов стационарных гидрологических и климатических наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Минприроды Республики Беларусь, опубликованные в государственных кадастрах. Уникальный банк данных о составляющих водных и водохозяйственных балансов речных водосборов Беларуси содержит данные о речном стоке, атмосферных осадках, температуре воздуха, испарении с водной поверхности, дефиците влажности воздуха, суммарном испарении, влажности почвы, заборах и сбросах воды, гидрохимическом составе речных вод и др. Пример таблиц с данными приведен на рисунке А3. Пропущенные данные можно вводить вручную или считать из файла в формате MS Excel. По имеющимся данным рассчитываются основные гидрологические характеристики. К преимуществам комплекса относится возможность получения пространственно-временных характеристик составляющих водного баланса выбранного водосбора при задании его географических координат и автоматизированный анализ однородности гидрологических рядов.

Второй блок пакета представляет собой автоматизированный программный комплекс, позволяющий обрабатывать информацию из банка данных для решения ряда прикладных гидрологических задач. Определение расчетных гидрологических характеристик основано на применении аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения (обеспеченностей). Расчет коэффициентов вариации и асимметрии производится с использованием трехпараметрического гамма-распределения и биномиального распределения. Внутригодовое распределение стока рассчитывается по водохозяйственным годам, начиная с многоводного сезона, а деление года на периоды и сезоны производится в зависимости от преобладающего вида использования стока. Расчет производится с использованием двух методов: метода компоновки сезонов и метода реального года. При необходимости можно просмотреть результаты расчета внутригодового распределения: суммы месячных расходов за год, лимитирующий период, сезон и месяц, распределение стока по месяцам и сезонам, ранжированные суммы среднемесячных расходов, а также графические представления.

Для продления временных рядов можно использовать до 9 рек-аналогов в автоматическом или ручном режиме, сортируемых по коэффициенту корреляции с исследуемым временным рядом. В ручном режиме выбор рек-аналогов сопровождается выводом подсказок о целесообразности использования реки в качестве аналога. Реализован блок оценки расчетного периода реки-аналога, просмотра статистической информации о реках-аналогах, а также графическое представление гидрографа и разностной интегральной кривой исследуемого водосбора. Непосредственное продление исследуемого гидрологического ряда осуществляется в автоматическом режиме с приведением параметров к многолетнему периоду последовательно по нескольким уравнениям регрессии в порядке убывания парного или множественного коэффициентов корреляции. При ручном режиме пользователь самостоятельно выбирает модели продления. При продлении сравниваются основные статистические параметры исходного и продленного рядов с соответствующим графическим представлением.

Определение расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений может производиться для 7 видов стока воды рек:

годового, предпосевного, среднемеженного, минимального летне-осеннего, минимального зимнего, максимального весеннего половодья и максимального дождевых паводков. Статистические параметры кривых распределения основных гидрологических характеристик, представленные в СНиП в виде карт изолиний, переведены в табличный формат. Такое представление данных позволяет аппроксимировать значения изолиний при задании координат исследуемого водосбора. Основу определения стока составляют 3 метода: по аналогии с окружающими реками, на которых имеются многолетние наблюдения за стоком с учетом влияния местных факторов, по статистическим параметрам кривых распределения и разработанный метод использования единичных данных наблюдений. В зависимости от вида исследуемого стока задаются соответствующие параметры, входящие в расчетную формулу.

Третий блок содержит пакет прогнозирования стока воды рек различными методами: стохастического моделирования, воднобалансовым методом, на основе анализа автокорреляционных функций, а также с учетом выявления маловодных и многоводных серий. Воднобалансовый прогноз стока исследуемой реки производится на основе метода ГКР в два этапа: настройка модели и собственно моделирование. На первом этапе задаются координаты центра тяжести водосбора исследуемой реки и основные гидрографические характеристики водосбора. Далее программа из встроенного банка гидрометеорологической информации подбирает реку-аналог с учетом сходства формирования водного режима рек. Исходная гидрометеорологическая информация трансформирована в непрерывные метеорологические поля, охватывающие всю территорию Беларуси, что позволяет учитывать площадь и конфигурацию водосбора. После получения необходимой информации производится настройка модели на реку-аналог. При настройке модели преследуется цель достичь наибольшего соответствия рассчитанного климатического стока и руслового стока реки-аналога. Первый этап заканчивается построением графиков климатического и руслового стока и выводом ошибки моделирования [6].

Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки, используя параметры, полученные при моделировании стока реки-аналога. Расчет элементов водного баланса исследуемой реки производится с учетом конкретных особенностей рассматриваемого водосбора. Пример моделирования стока приведен на рис. 3.

Результаты моделирования свидетельствуют о высокой точности расчета водного баланса, что проверено на большом количестве рек Беларуси, на которых ведутся гидрометрические наблюдения. При наличии данных об атмосферных осадках, температуре воздуха, дефицитах влажности воздуха, стока воды реки-аналога и гидрографических характеристиках исследуемого водосбора блок прогнозирования стока воды рек позволяет рассчитывать водный баланс рек, не охваченных гидрометрическими наблюдениями. При изменении характеристик водосборов и климатических данных можно моделировать изменение стока воды рек с учетом антропогенного воздействия и в условиях прогнозируемого изменения климата с учетом трансформации ландшафтов.

**Цели и методы стратегического планирования развития водного хозяйства и управления водными ресурсами на федеральном, региональном и бассейновом уровнях**

Пакет программ предусматривает решение ряда сопутствующих задач, а именно: расчленение гидрографа речного стока воды рек на подземную и поверхностную составляющие, обработка данных по направлениям ветра в румбах, расчет и построение изображений спектральной плотности временных рядов, построение пространственных функций асинхронности и др. [7].

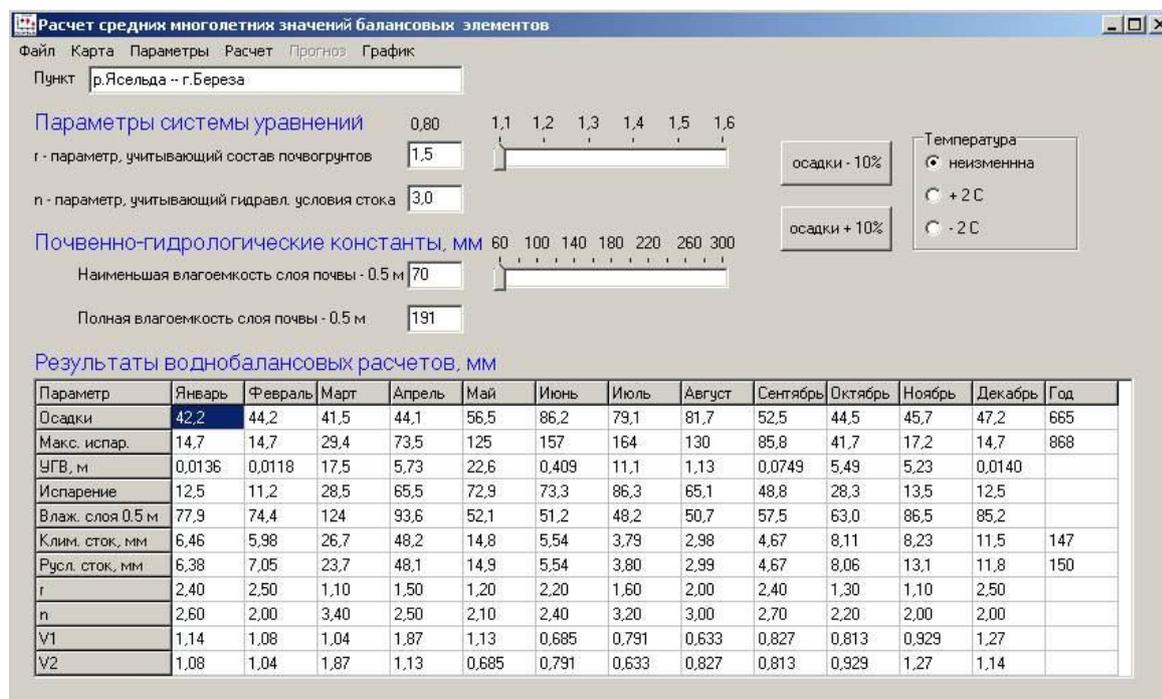


Рис. 3. – Моделирование стока воднобалансовым методом

Разработанный пакет прикладных программ отвечает основным требованиям, предъявляемым к современным географическим информационным системам, содержит достаточно подробное руководство пользователя и может быть использован при решении ряда гидрологических, водохозяйственных и гидромелиоративных задач. В настоящее время ведется работа по расширению возможностей и функциональному наполнению пакета.

### Список использованной литературы

1. Логинов В.Ф. Современные изменения климата Беларуси // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 51–74.
2. Badrzadeh H, Ranjan Sarukkalige R, Jayawardena AW (2015) Hourly runoff forecasting for flood risk management: Application of various computational intelligence models. Journal of Hydrology 529:1633-1643.
3. Falter D, Schroter K, Dung NV, Vorogushyn S, Kreibich H, Hundscha Y, Apel H, Merz B (2015). Spatially coherent flood risk assessment based on long-term continuous simulations with a coupled model chain. Journal of Hydrology 524:1182-193.
4. Makarewicz J., Lewis T., Rea E., Winslow M., Pettenski, D. (2014). Using SWAT to determine reference nutrient conditions for small and large streams. Journal of Great Lakes Research 41, 123-135.
5. Волчек А.А., Парфомук С.И. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2009. – №1. – С. 22-30.

6. Волчек А.А., Парфомук С.И. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р. Ясельда) // Водное хозяйство России. – 2007. – № 1. – С. 50–62.
7. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата/ А.А. Волчек, В.Н. Корнеев, С.И. Парфомук, И.А. Булак // под общ. ред. А.А. Волчека, В.Н. Корнеева. – Брест: Издательство «Альтернатива», 2017. – 225 с.

## УТОЧНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАСЕЙНА СОКОЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ОЦЕНКИ НАРУШЕННОСТИ ВОДОСБОРА

*Габова В.Н.*

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

E-mail: [gabova@sfedu.ru](mailto:gabova@sfedu.ru)

**Аннотация:** Построена водосборная площадь Соколовского водохранилища по данным ЦММ ALOS WORLD 3D и определены её морфометрические и морфологические характеристики. Произведена оценка точности ЦММ по шести параметрам. Впервые выполнена оценка нарушенности водосбора Соколовского водохранилища на основе космического снимка Landsat-8 с использованием метода автоматизированного дешифрирования.

**Ключевые слова:** Соколовское водохранилище, водосборный бассейн, ЦММ, классификация изображений, нарушенность водосбора

## MORPHOMETRIC AND MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF THE SOKOLOVSKY RESERVOIR BASIN CLARIFICATION TO ASSESS THE DISTURBANCE OF THE CATCHMENT AREA

*Gabova V.N.*

Southern Federal University, Rostov-on-Don

**Abstract:** The catchment area of the Sokolovsky reservoir was obtained by using the data of the ALOS WORLD 3D DSM. Morphometric and morphological characteristics of the basin were determined. The accuracy of the DSM was estimated by six parameters. For the first time an assessment of the disturbance of the Sokolovsky reservoir catchment was carried out based on the Landsat-8 satellite image using the automated interpretation method.

**Keywords:** Sokolovskoe reservoir, catchment basin, DSM, image classification, watershed disturbance.

Объектом исследования является водосборный бассейн Соколовского водохранилища на р. Кундрючья. Рассматриваемый район относится к западной подобласти атлантико-континентальной степной области умеренного пояса [1]. Территория отличается недостаточным увлажнением с жарким, сухим летом и относительно теплой зимой [2]. С 1980 по 2021 гг. в районе исследования наблюдается увеличение продолжительности засушливых периодов, сопровождающихся возрастанием значений среднемесячной температуры воздуха в летние месяцы [3, 4]. Водораздел р. Кундрючья проходит по отрогам Донецкого Кряжа на западе Ростовской области и востоке Луганской Народной Республики. Рельеф района исследований представлен денудационно-эрозийной возвышенной равниной на складчатом основании. Водосбор р. Кундрючья характеризуется развитой речной сетью, представленной типичными равнинными водотоками с умеренно извилистыми руслами [5].