

# ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 556.165: 556.16.06 (476)

## ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОГО СТОКА

**А.А. ВОЛЧЕК, С.И. ПАРФОМУК**

*Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by*

### ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы играют важную роль в развитии экономики любого государства. Хотя Беларусь и располагает достаточными запасами воды, как на данном этапе своего развития, так и на отдаленную перспективу, тем не менее, задача комплексного и рационального использования водных ресурсов стоит достаточно остро. 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 (ГИС). Созданию ГИС водных ресурсов страны должны предшествовать детальные исследования закономерности их формирования, изучение современных проблем водных ресурсов, разработка соответствующих методик и уникального программного обеспечения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Авторами разработан пакет прикладных программ, реализующий результаты собственных исследований, который может быть использован для управления водными ресурсами Беларуси. Пакет состоит из нескольких взаимосвязанных программных комплексов. 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. В частности, определение основных гидрологических характеристик, составление водных балансов речных водосборов и т. д. Третий комплекс предназначен для моделирования и разработки прогнозов колебания речного стока с учетом различных сценариев развития климата.

Созданный пакет прикладных программ отвечает требованиям доступности и безопасности данных, обеспечивает целостность и контролирует избыточность данных. Предусмотрена защита информации от несанкционированного доступа с целью сознательного или несознательного искажения информации. В пакете реализовано ограничение доступа к информационным ресурсам и совместное использование данных многими пользователями. Доступ к данным осуществляется на основе прав пользователей. Следует отметить, что пакет позволяет присоединять новые прикладные программы и 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, как показано на рис. 1. 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. Например, для речного стока первая таблица позволяет хранить данные

об основных характеристиках водосборов. Это могут быть их наименования, координаты центра тяжести, площадь, расстояние от истока, средний уклон, лесистость, заболоченность.

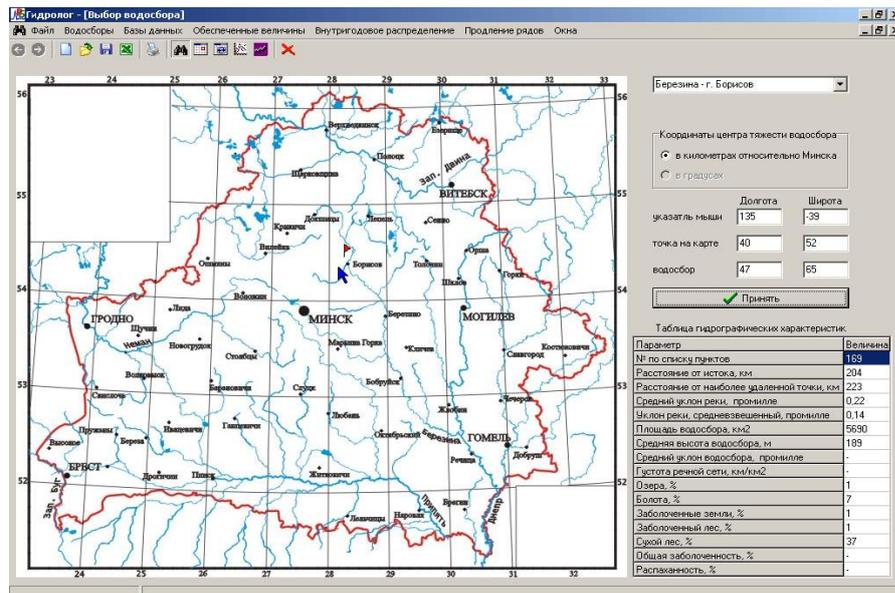


Рис. 1. Выбор водосбора

Данные о годовом стоке представлены в виде значений различных видов расходов воды: годовых, максимальных весеннего половодья, минимальных летне-осенних и минимальных зимних, а также данные о месячных значениях стока рек за период инструментальных наблюдений. Кроме того, по отдельным рекам имеются данные о суточных расходах воды рек. Пропущенные данные можно вводить вручную или считать из файла в формате MS Excel. По имеющимся данным рассчитываются основные гидрологические характеристики. Пример таблиц с данными приведен на рис. 2.

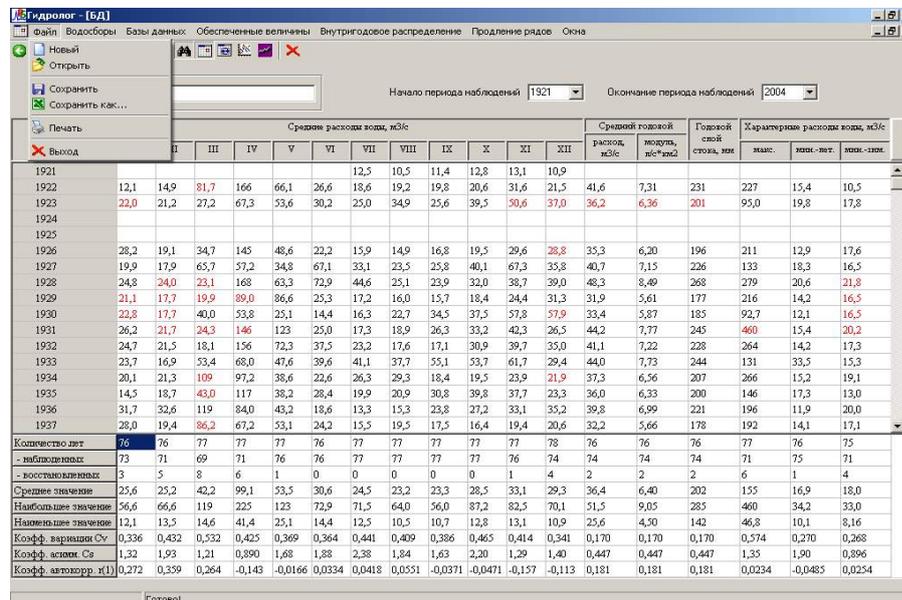


Рис. 2. Средние и характерные расходы рек Беларуси

Программный комплекс позволяет производить необходимые операции: добавление данных, редактирование, удаление, сортировку по указанному полю или нескольким полям, выборку по критерию и т. д. Существует возможность добавления новых таблиц. К преимуществам комплекса

относится возможность получения пространственно-временных характеристик всех составляющих водного баланса выбранного водосбора при задании его географических координат (рис. 3) .

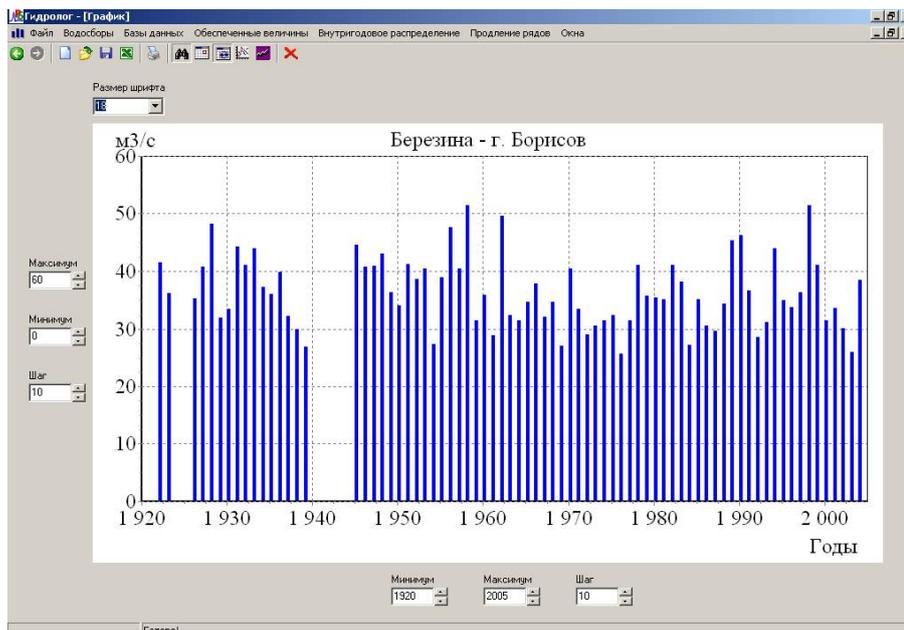


Рис. 3. Гидрограф

Второй блок пакета представляет собой автоматизированный программный комплекс, позволяющий обрабатывать информацию из банка данных для решения ряда прикладных гидрологических задач водного хозяйства. При помощи автоматизированного пакета можно определять основные расчетные гидрологические характеристики при наличии и недостаточности данных гидрометрических наблюдений, производить расчет внутригодового распределения стока методами реального года и компоновки сезонов, продлевать временные ряды на периоды частичного или полного отсутствия наблюдений, получать графические представления полученных результатов.

Определение расчетных гидрологических характеристик основано на применении аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения (обеспеченностей) [1]. Расчет коэффициентов вариации и асимметрии производится с использованием трехпараметрического гамма-распределения и биномиального распределения методом моментов, как показано на рис. 4.

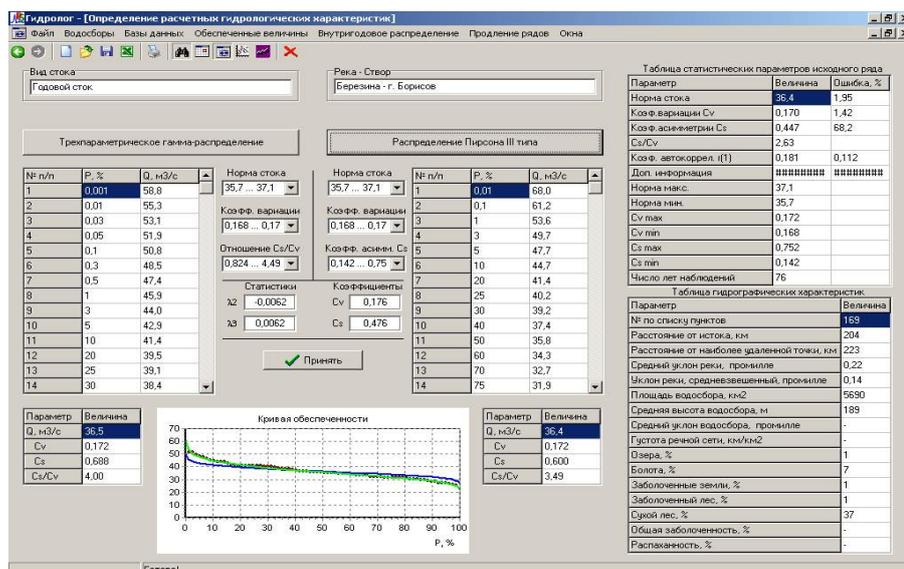


Рис. 4. Определение расчетных гидрологических характеристик

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 [1]. Расчет производится с использованием двух методов: метода компоновки сезонов и метода реального года (рис. 5). 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.

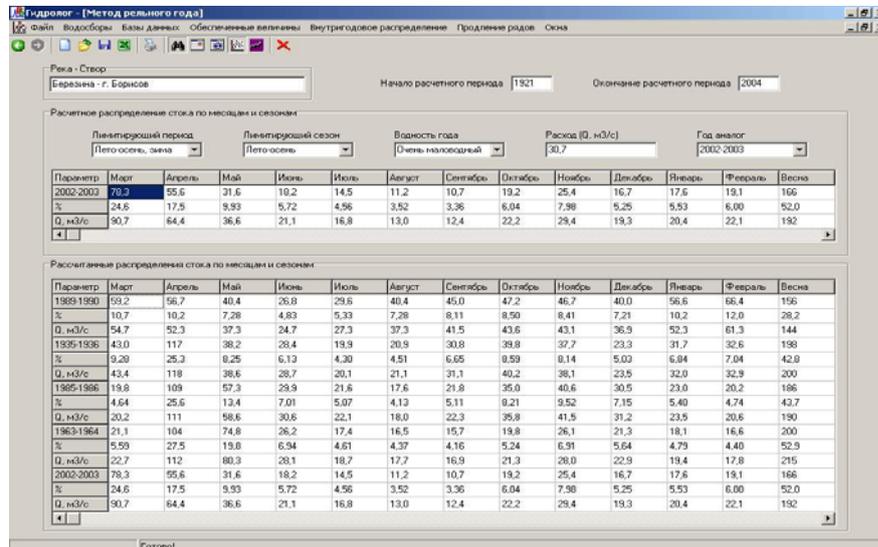


Рис. 5. Внутригодовое распределение стока методом реального года

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, как показано на рис. 6.

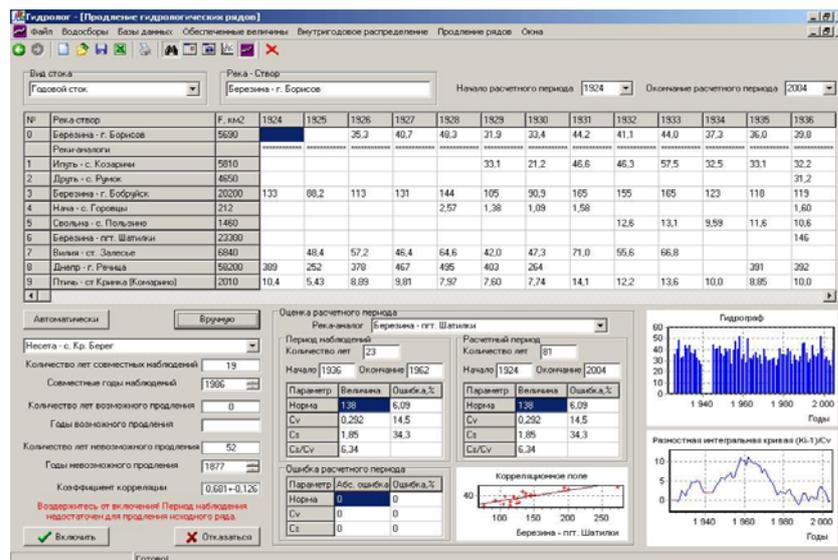


Рис. 6. Продление гидрологических рядов

Формирование моделей продления также может осуществляться в автоматическом и ручном режимах. Вручную пользователь самостоятельно выбирает вид модели, включая в нее необходи-

мое количество рек-аналогов. В автоматическом режиме формируются одно-, двух- или трехфакторные модели продления в зависимости от требуемых значений коэффициентов корреляции, отношения коэффициентов регрессии к их среднеквадратическому отклонению. Для моделей продления предусмотрен просмотр приведенных статистических параметров исходного ряда (норма, дисперсия, коэффициенты вариации, асимметрии и автокорреляции).

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.

Основу определения расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений составляют 2 метода: по аналогии с окружающими реками, на которых имеются многолетние наблюдения за стоком с учетом влияния местных факторов, и по статистическим параметрам кривых распределения [1]. 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 водосбора (рис. 7). На рисунке 8 представлено определение предпосевого стока.

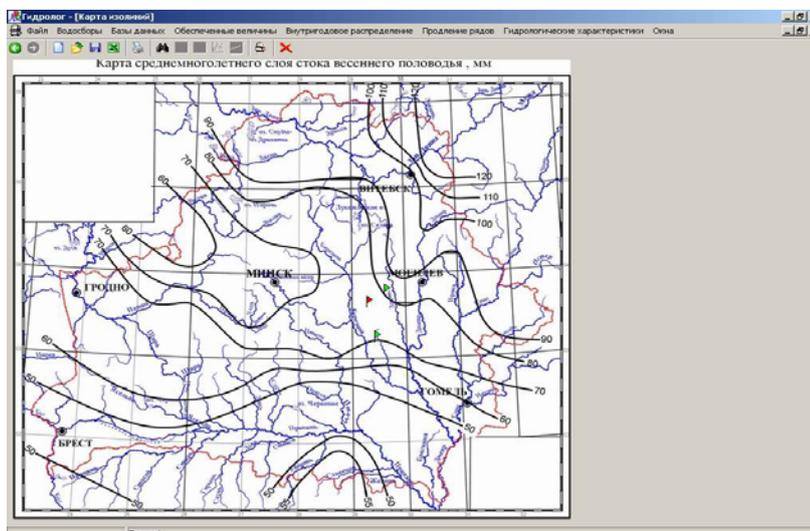


Рис. 7. Аппроксимирование значений изолиний

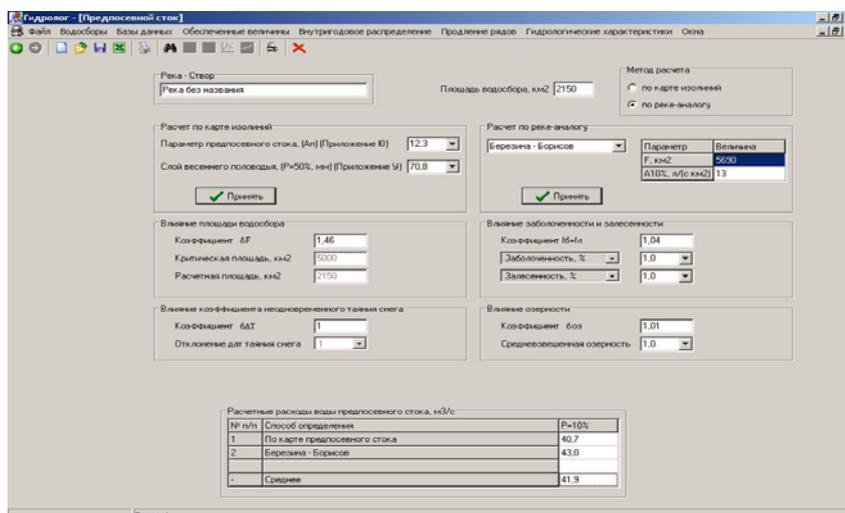


Рис. 8. Определение предпосевого стока

Третий блок содержит пакет прогнозирования стока воды рек на основе метода гидролого-климатических расчетов, разработанного В.С. Мезенцевым, основанного на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [2]. Моделирование водного баланса исследуемой реки осуществляется в два этапа: настройка модели и собственно моделирование.

На первом этапе необходимо задать 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. 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 (рис. 9).

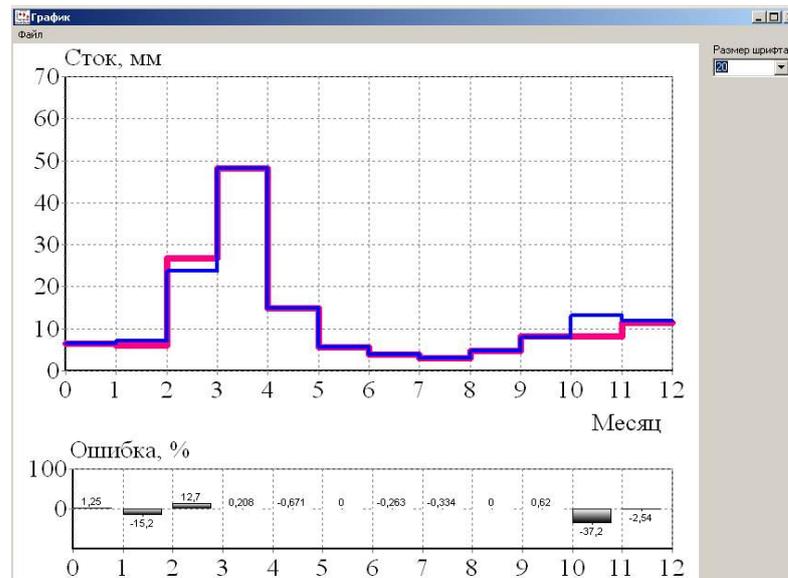


Рис. 9. Графическое представление настройки модели

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 рисунке 10.

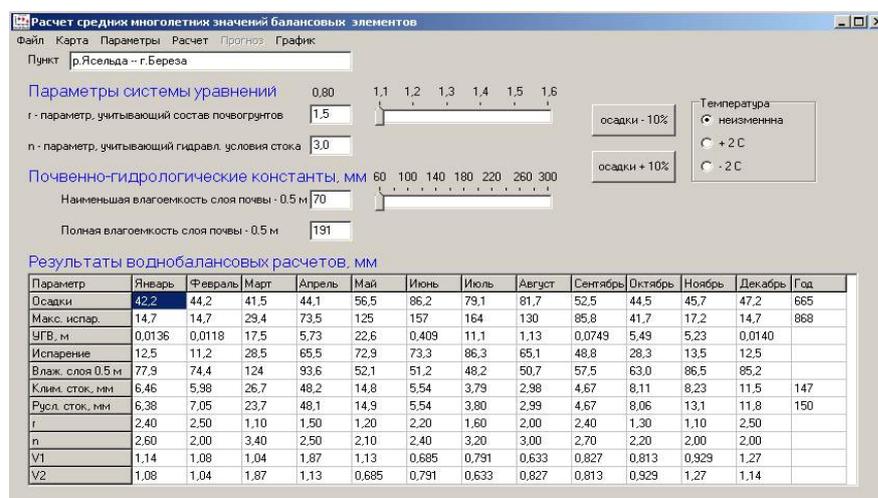


Рис. 10. Моделирование стока

Результаты моделирования свидетельствуют о высокой точности расчета водного баланса для практического применения и теоретических исследований, что проверено на большом количестве рек Беларуси, на которых ведутся гидрометрические наблюдения. Таким образом, пакет прогнозирования стока воды рек при наличии данных об атмосферных осадках, температуре воздуха, дефицитах влажности воздуха, стока воды реки-аналога и гидрографических характеристиках водосбора 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.

Пакет прикладных программ предусматривает решение ряда сопутствующих задач, а именно: обработка данных по направлениям ветра в румбах, пример выходного документа представлен на рисунке 11, расчет и построения изображений спектральной плотности временных рядов (рис. 12), расчленение гидрографа речного стока воды рек на подземную и поверхностную составляющие (рис. 13), построения пространственных корреляционных функций и функций пространственной асинхронности (рис. 14) и др.

Направление ветра в румбах за май 2004 года по станции Пружаны  
Срок 3 часа местного времени

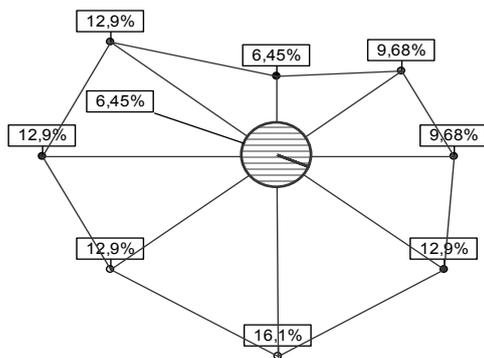


Рис. 11. Графическое представление направления ветра в румбах

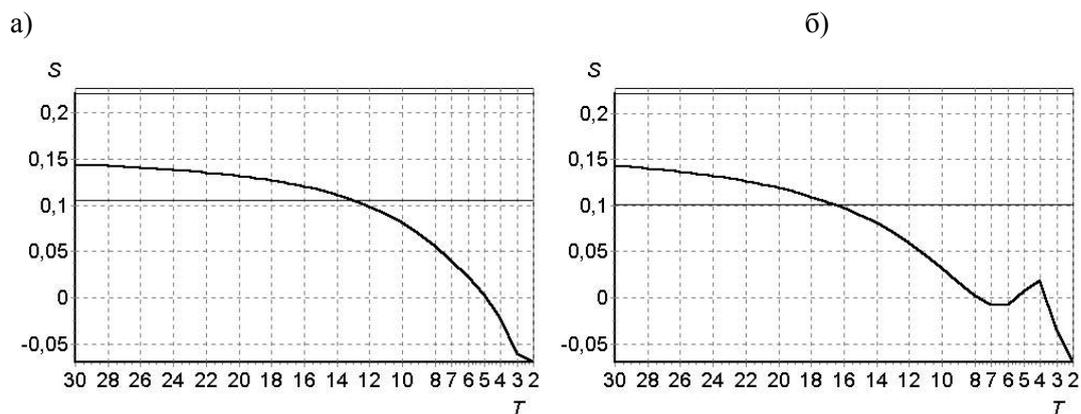


Рис. 12. Спектры временных рядов годового стока рек:  
а) Припять – Туров; б) Западная Двина – Витебск

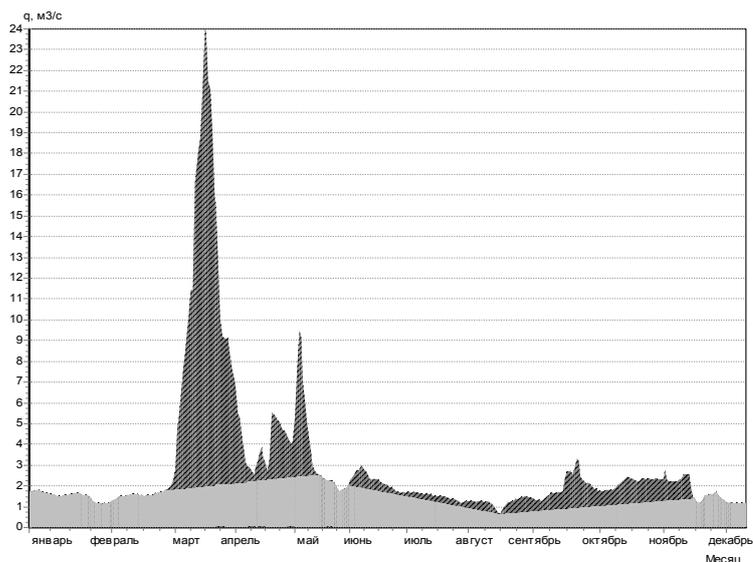


Рис. 13. Гидрограф р. Бася – с. Хильковичи

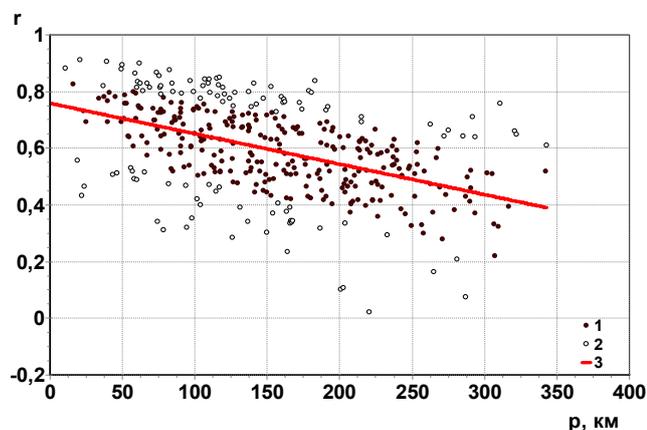


Рис. 14. Пространственная корреляционная функция водосборов бассейна р. Днепр

## ВЫВОДЫ

Созданный 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.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие к строительным нормам и правилам. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик / Н.В. Шевцов [и др.]; под общ. ред. Н.В. Шевцова. – Минск: РУП «Минсктиппроект», 2000. – 174 с.
2. Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеопиздат, 1969. – 168 с.

# THE APPLICATION PACKAGE FOR DEFINITION OF CHARACTERISTICS OF THE RIVER RUNOFF

*A.A. VOLCHAK, S.I. PARFOMUK*

## *Summary*

The application package that consists of three program complexes for definition of characteristics of the river runoff is created. The first complex is responsible management of a database of river basins of Belarus. The second complex allows solving many hydrological and water-economic problems in the automated mode. The third complex is intended for modelling fluctuations of the river runoff for various variants of climate development. The created package corresponds to the basic requirements that showed to modern geographical information systems, contains the detailed user's guide and can be used for the decision of various hydrological problems.

*Поступила в редакцию 12 марта 2009 г.*