

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ГИС-МОДЕЛИРОВАНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ НАРЫН

HYDROLOGICAL GIS MODELING OF THE NARYN RIVER BASIN

¹Сатаров С.С.(MS), ^{1,2}Аламанов С.К. к.г.н., ²Абдыжапар уулу С. (PhD).

Отдел Географии Института Геологии НАН КР.

Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды ЦА (Бишкек)

Аннотация. Данная работа посвящена задаче моделирования речного стока бассейн реки Нарын. Представлена методика использования ГИС-технологий для определения характеристик водных объектов и визуализации результатов моделирования. Была оценена возможности применения ГИС-технологий для решения основных гидрологических задач в моделировании таких как, получения гидрологических и морфометрических характеристик водосборных бассейнов главных рек и их маленьких притоков основанные на цифровых моделях рельефа. Разработан алгоритм выполнения построения водосборных бассейнов различного порядка для каждого элемента гидрологической сети на основании цифровое моделирование рельефа исследуемой местности с учетом растровой модели и векторных объектов. В градации сети по методу Хортон–Стралера выделены долины от 1-го порядка 8-го порядка в бассейне р. Нарын.

Ключевые слова: речной сток, рельеф, Бассейн реки Нарын, геоинформационные системы (ГИС).

Annotation. This paper about the river flow modeling of the Naryn River basin. Showed determining the characteristics of water objects and visualizing simulation using GIS-applications. Evaluated the basic hydrological tasks in modeling such as obtaining hydrological and morphometric characteristics of catchments of main rivers and their small tributaries based on digital relief models. The algorithm of the constructing watershed basins in the hydrological network based on digital modeling of the investigated basin, taking into account the raster model and vector objects. In the Naryn river according to Horton-Straler gradation method, identified from the 1 to 8 basin's classes.

Key words: river stream, relief, the Naryn river Basin, GIS.

Объектом исследования является бассейн реки Нарын. Теоретической предпосылкой моделирования в границах речного бассейна служит его выделение в качестве самостоятельной единицы географического пространства [2]. Согласно Ф.Н. Милькову, русло реки и прилегающая к нему территория, с которой собирается поверхностный и подземный стоки, в ландшафтном плане образуют сложную природную систему – бассейновую парагенетическую систему [1]. Основной чертой этой системы является упорядоченность входящих в ее состав элементов. Особенно хорошо это видно на примере водного потока, перемещающегося от верховий к устью реки, направленности твердого стока, движущегося вначале от высших точек водораздела в долину реки, а затем вместе с русловым потоком в устье. Подобный характер движения

вещества придает бассейну реки динамическое единство, как в продольном, так и поперечном планах.

Территория в бассейновой модели представлена водосборными бассейнами разного порядка. Главными составляющими водосборного бассейна являются его рельеф и конфигурация сети линий стока. Рельеф выступает в качестве одного из главных факторов стока, так как форма земной поверхности определяет поведение воды. Количественная характеристика бассейна, определение гидрологических и морфометрических характеристик вручную (длина водотоков, положение водоразделов, площадь элементарных бассейнов, угол наклона, расчленение территории и др.) – представляет собой трудоемкую процедуру и требует значительных временных затрат. Традиционным источником данных для расчетов этих параметров являются карты и результаты топографической съемки. Альтернативный способ получения гидрологических и морфометрических характеристик водосборных бассейнов основан на цифровых представлениях поверхностей, т.е. цифровых моделях рельефа (ЦМР). Автоматизированное получение данных из ЦМР и представление их в виде производных моделей сокращают временные затраты. Такие данные менее субъективны и обеспечивают воспроизводимость результатов в отличие от традиционного «ручного» способа расчетов. Определение дренажной структуры бассейна можно также рассматривать как первый этап в создании гидрологической информационной системы [1].

Цель данной статьи – оценка возможности применения ГИС-технологий для решения некоторых гидрологических задач.

Гидрографической системы- река Нарын, от истока до слияния с р. Кара-Дарья имеет протяженность около 800 км. Площадь ее бассейна равна 57590км², занимая 31,4% территория Кыргызстана. В бассейне реки Нарын наблюдается значительная изменчивость природных условий.

Высокогорные условия восточной части, с Ак-Шыйракским узлом оледенения, троговым рельефом и сырцовыми нагорьями, при движении на запад сменяются среднегорными и низкогорными ландшафтами в Средно-Нарынский впадине и Кетмен-Тёбёнской котловине. Основные притоки рр. Кёкё-Мерен, Ат-Башы, Ала-Буга, Чычкан и Узун-Акмат. Остальные многочисленные притоки небольшие [3].

В административном отношении территория бассейна реки лежит в пределах Иссык-Кульской, Нарынской и Жалал-Абадской областей, а также на территории Узбекистана, в Наманганской области.

Выделим следующие особенности р. Нарын. Река имеет важное хозяйственное значение для административных регионов, в границах которых расположен ее бассейн. Воды Нарына используются для орошения, водопотребления и производства. Вместе с тем вода в реке прозрачная, хорошего качества. В настоящее время в бассейне реки Нарын построены гидроэлектростанции - Токтогульская, Таш-Кумырская, Учкурганская, Курпсайская и Ат-Башинская, рядом с которыми образованы небольшие водохранилища.

Алгоритм моделирования речных бассейнов

Ниже предлагается алгоритм моделирования речных бассейнов средствами ArcGIS 10.1 на территории бассейна реки Нарына (рис. 1). Данный алгоритм предполагает обработку цифровой модели рельефа (ЦМР) функциями гидрологического моделирования, которые встроены в расширение Spatial Analyst Tools

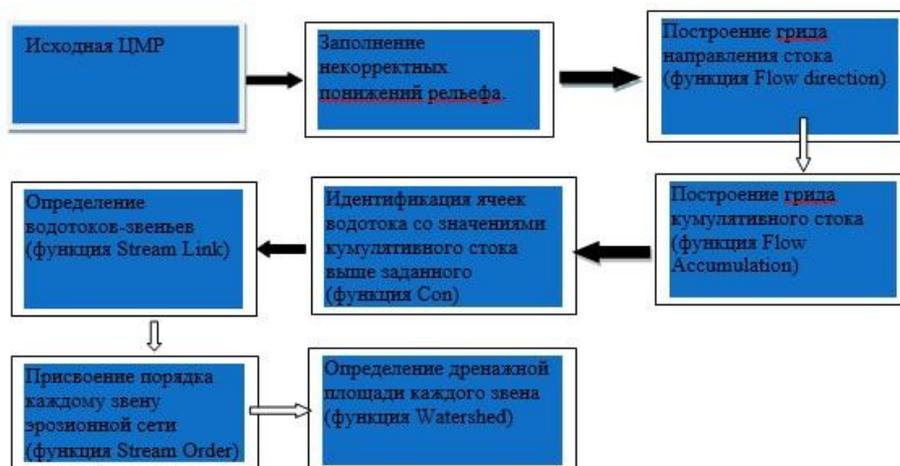


Рис. 1. Алгоритм определения водосборного бассейна реки.

Ниже представлен алгоритм построения водосборного бассейна реки.

Шаг 1. Построение цифровой модели рельефа. Исходными данными послужили топографические планы масштаба 1:2000. (рис.2).

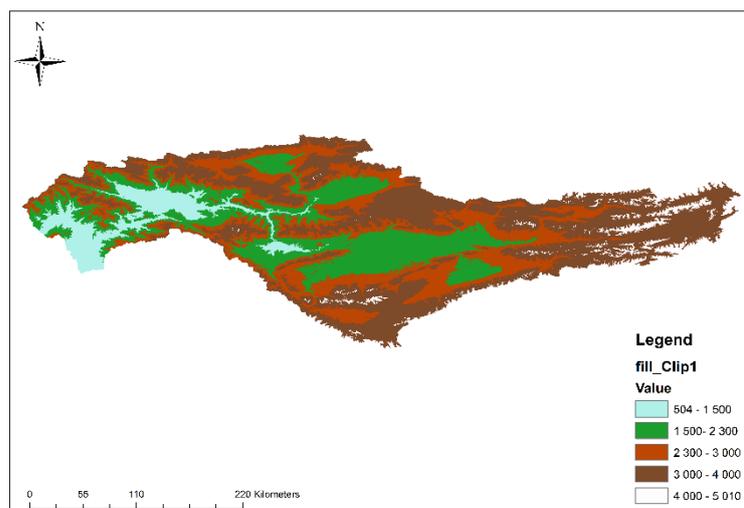


Рис.2 Цифровая модель рельефа бассейн реки Нарын.

Шаг 2. Заполнение некорректных понижений рельефа. Для заполнения некорректных понижений рельефа применена функция Fill, при помощи которой выполняется коррекция грида, без которой невозможно построение грида кумулятивного стока с адекватными значениями.

Данная функция производит коррекцию значений рельефа до тех пор, пока не заполнятся все стоки в пределах определённого предела Z . Как только стоки заполнятся, становится возможным создание других стоков на границах заполненных территорий, которые будут удалены при следующей итерации.

Шаг 3. Построение грида направлений стока. Функция Flow Direction позволяет классифицировать направление стока по 8 румбам.

Шаг 4. Построение грида кумулятивного стока функцией Flow Accumulation. Грид кумулятивного стока строится на основании уклона поверхности, т.е. грида направления потоков, полученного на предыдущем шаге.

Шаг 5. Идентификация ячеек водотока со значениями кумулятивного стока выше заданного. На этом этапе выполняется процедура выбора предельного значения кумулятивного стока с помощью инструмента Con. Инструмент Con (сокращение от conditional, что означает «удовлетворяющий условиям») находится в наборе инструментов Условия (Conditional). Функция Con, важная часть команды ArcGrid, необходима для определения корректности значений ячеек входных данных и комплексного контроля выходных данных. Инструмент Con - упрощенная версия этой функции [4].

Шаг 6. Определение водотоков-звеньев функцией Stream Link. Водотоки-звенья - это сегменты канала потоков, связывающих два последовательных узла, узел и точку выхода или узел и току водораздела.

Шаг 7. Присвоение порядка каждому звену эрозионной сети функцией Stream Order. Каждый водоток, являющийся звеном сети, классифицируется по присвоенному порядку, который зависит от взаимосвязи водотоков.

Шаг 8. Определение дренажной площади каждого звена функцией Watershed. Дренажная площадь или водосборная площадь бассейна

водотока вычисляется на основании грида направления потоков и набора водотоков, для которых она вычисляется.

В результате выполнения данного алгоритма представляется возможным построение моделей водосборных бассейнов различного порядка для каждого элемента гидрологической сети на основании ЦМР исследуемой местности.

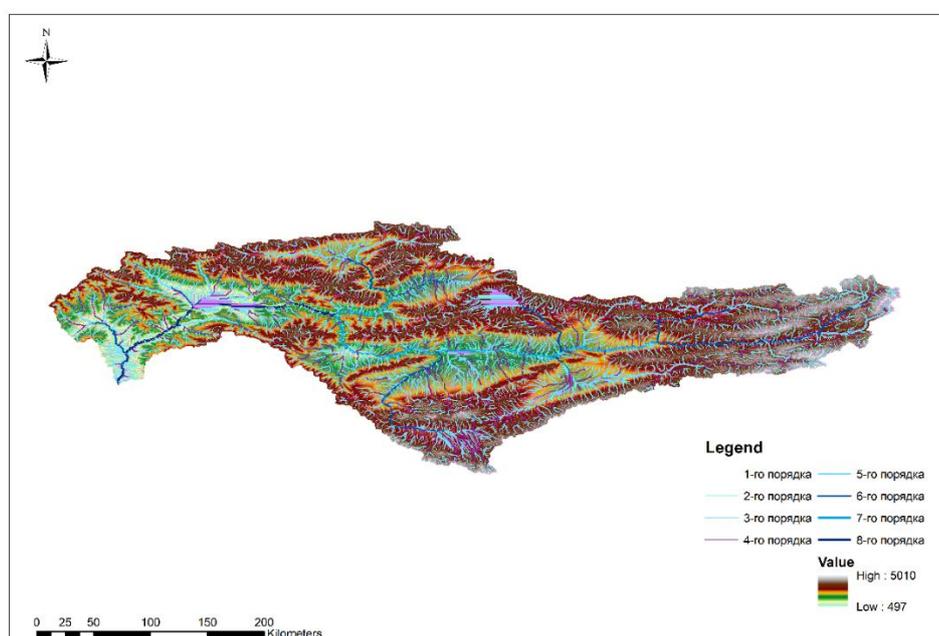


Рис. 3. Эрозионная сеть бассейн реки Нарын.

Сравнение растровой модели и векторных объектов показывает их большое сходство, причем растровая модель является более информативной. Для каждого элемента сети был определен его порядок по методу Хортон–Стралера: за долину 1-го порядка принимается долина, в которую не впадает ни одна долина, при слиянии двух долин 1-го порядка образуется долина 2-го порядка, при слиянии долин 2-го порядка образуется долина 3-го порядка и т.д. (рис. 3). В бассейне р. Нарын было выделено 43620 элементарных составляющих сети с 1 по 8 порядка. Затем

в соответствии с порядком водотока, расположенного в границах той или иной водосборной площади, определялись порядки бассейнов (рис. 4).

На последнем шаге гидрологического моделирования растровые модели сети водотоков и элементарных бассейнов конвертировались в векторные для удаления артефактных полигонов и топологической коррекции.

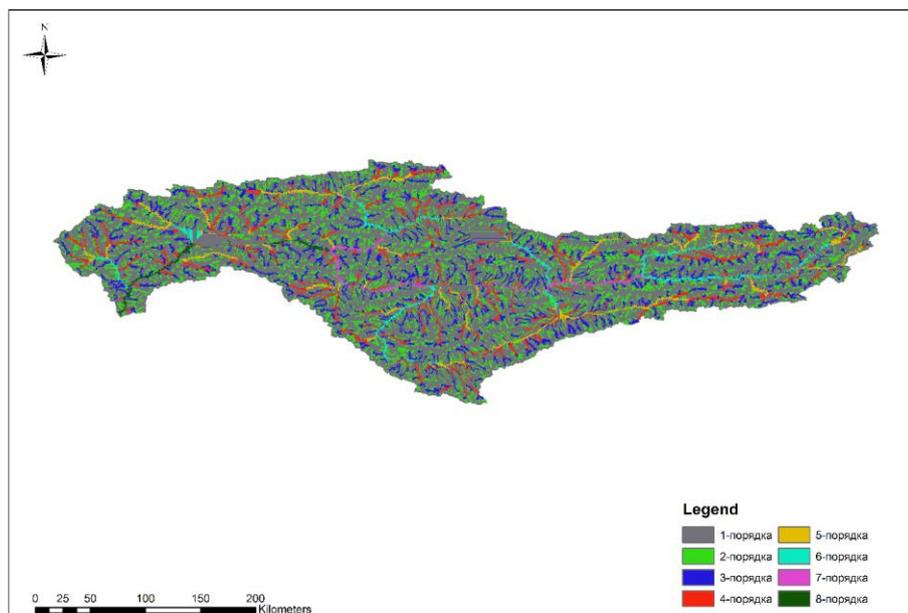


Рис. 4. Водосборные бассейны от 1-порядка до 8-порядка бассейна реки Нарын.

Всего на территории бассейна р. Нарын было выделено 640182 элементарных бассейнов с 1 по 8 порядка. В пределах бассейна преобладают элементарные бассейны преимущественно 1-го, реже 2-го 3-го, 4-го и 5-го порядков (Рис. 4). Среди водотоков 6-го порядка – рр. Алабуга, Ат-Башы, Кажырты, Кичи и Чон Нарын, Узун-Акмат Кара-Суу и Жумгал, 7-го – р Кёкё-Мерен (Рис. 5).

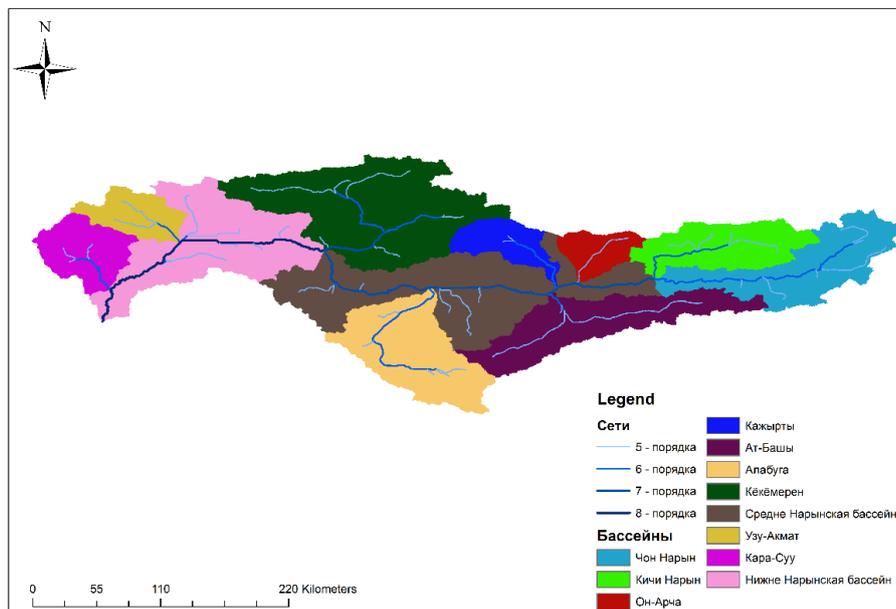


Рис. 5. Водосборные бассейны от 5-порядка до 8-порядка бассейна реки Нарын.

Современный статус новых компьютерных ГИС-технологий определяется крупными государственными программами, зарубежными инвестициями, направленными на широкое использование аэрофотоснимков и космических снимков, цифровых карт, визуализации баз данных.

Автоматизированное определение границ водосбора является важнейшим этапом. От правильности проведения границ зависит точность многих последующих измерений и расчетов. Особенно это важно для равнинных территорий, где границы водоразделов определяются с низкой точностью. В любом случае, перед началом картометрических работ необходимо проверить точность нанесения водоразделов. ГИС-технологии позволяют сделать это с большой точностью и в короткое время. Если векторная граница региона или водосбора уже имеется, она берется за основу, если нет – определяется по цифровой карте.

В настоящем исследовании в качестве исходных данных (ЦМР) были использованы материалы радарной интерферометрической съемки поверхности земного шара SRTM 30. Основным инструментарием служил набор инструментов «Гидрология» модуля Spatial Analyst ГИС ArcGIS.

Географические информационные системы находят все более широкое применение в гидрологии как для выполнения оперативных расчетов и оценки водных ресурсов, так и для изучения гидрологического режима водных объектов. Многие проблемы сбора, обработки и интерпретации данных, проектирования гидрологических сетей и подготовки предложений для принятия решений при широком использовании ГИС-технологии и персональных компьютеров могут разрешаться легче и эффективнее, чем это было до сих пор в гидрологической практике [5]. Возможность ГИС-технологий оперативно представлять на цифровых или бумажных картах водные объекты совместно с их гидрографическими характеристиками, гидрологическими постами и данными измерений позволяет оперативно проводить автоматизированный комплексный анализ и интерпретацию материалов наблюдений для получения подробной картины происходящих процессов.

Выводы. В статье рассмотрен алгоритм построения статусных моделей водосборных бассейнов рек на базе цифровой модели рельефа средствами ArcGIS 10.1. Данный алгоритм реализован на территорию бассейна реки Нарын, в результате которого получена количественная оценка распределения водосборов от 1-го до 8-го порядков. Рассмотрена методика выбора предельного значения кумулятивного стока с помощью инструмента Conditional программного обеспечения.

На основании данного подхода получена зависимость предельного значения кумулятивного стока от количества водотоков-звеньев, которая справедлива для моделирования бассейнов водотоков на территории

бассейна реки Нарын. Данная методика подлежит апробации при моделировании водосборных бассейнов рек на разных категориях рельефа.

Список источников

1. Мильков, Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система / Ф.Н. Мильков // География и природные ресурсы. – 1981. – № 4. – С. 11–18.
2. Погорелов А.В., Салпагаров А.Д., Киселев Е.Н., Куркина Е.В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований // Тр. / Тебердинский государственный заповедник. - Кисловодск, 2007. - Вып. 45. - 200 с
3. Аламанов С.К., Сакиев К.С., Ахмедов С.М. и др. Физическая география Кыргызстана. - Бишкек, 2013. - 211-219 с.
4. Медведева О. Расширенные возможности пространственного анализа в ArcGIS 9 / ООО «Дата+». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_30/10_modul.htm. - 10.04.2011.
5. Djokic D., Zichuan Ye. DEM Preprocessing for Efficient Watershed Delineation / ESRI. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap676/p676.htm>. - 10.04.2011.