

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Анализ проявления эрозионных процессов в бассейнах малых рек (на
примере бассейна реки Чардым)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 431 группы

направления 05.03.03 – Картография и геоинформатика

географического факультета

Петровой Ирины Сергеевны

Научный руководитель
старший преподаватель
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

П. А. Шлапак
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
доцент, к.с.-х.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

В. А. Гусев
инициалы, фамилия

Саратов 2022

Введение. На данный момент наблюдается тенденция использования новых методов в географических исследованиях. Это подтверждает применение геоинформационных технологий (ГИС-технологий), которые имеют больше возможностей отражения, анализа и моделирования географических объектов и явлений по сравнению с традиционными методами [1].

Гидрологические исследования трудно представить без использования картографических материалов для комплексного изучения водных ресурсов и их пространственно-временного распределения [1].

Для того чтобы определить основные гидрографические показатели водных объектов и их бассейнов, морфометрические характеристики водных объектов и визуально оценить исследуемую территорию используют топографические и тематические карты различных масштабов. Внедрение геоинформационных систем и технологий позволяет облегчить и автоматизировать работу, а также существенно расширить возможности использования карт, которые содержат большой объем информации, необходимой для анализа гидрологического режима водных объектов. Поэтому применение географических информационных систем при выполнении гидрологических исследований весьма перспективно [1].

Актуальность исследования. Актуальность данной работы заключается в том, что на территории бассейна реки Чардым находится большое количество сельскохозяйственных земель в совокупности со значительной расчлененностью рельефа. Именно такие территории наиболее подвержены эрозионным процессам.

В связи с этим, *целью бакалаврской работы* является рассмотреть возможности определения вероятности эрозионных процессов с помощью ГИС-технологий на примере бассейна реки Чардым.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить *следующие задачи:*

1. Рассмотреть различные методы исследования речных бассейнов

2. Построить уточненную модель рельефа и производные модели рельефа, характеризующие эрозионные процессы

3. Создать и совместить структуру землепользований, элементарные бассейны и производные модели рельефа

4. Произвести анализ полученных результатов

Материалы исследования. Теоретической основой для написания бакалаврской работы послужили: научная, учебная и методическая литература, электронные ресурсы удаленного доступа.

Часть картографической основы состоит из материалов учебной лаборатории геоинформатики и тематического картографирования СГУ.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и приложения.

Основное содержание работы.

1 Понятие о бассейновом подходе в географических исследованиях

Первый раздел включает в себя определение понятия бассейна реки, методы определения порядков притоков и описание гидрологических характеристик бассейна реки.

Бассейном реки называют часть земной поверхности, которая включает в себя данную речную систему и отделена от других речных систем орографическим водоразделом. Обычно площади бассейна реки и водосбора совпадают.

Водосбором реки называют поверхность суши, с которой данная речная система получает свое питание. Выделяют поверхностный и подземный водосборы, которые могут различаться. Иногда часть подземного стока может поступать из-за пределов данного бассейна, либо уходить за его пределы. В таких случаях водосбор реки не совпадает с бассейном реки. В некоторых случаях площадь водосбора реки может быть меньше площади бассейна реки. Это происходит тогда, когда в пределах речного бассейна имеются области внутреннего стока и бессточные

области, которые не входят в водосбор реки [2,3].

Существует множество систем определения порядков притоков.

В *классической системе* водоток, который впадает непосредственно в главную реку, является притоком первого порядка. Реки, впадающие в них, кодируются вторым порядком и т.д.

В *системе Р. Хортон* [4] неразветвленные элементарные притоки всегда относятся к первому порядку, реки с кодом 2 принимают водотоки с кодом 1 и притом только их. Поток третьего порядка должен принять один или больше притоков второго порядка, но может принимать также и притоки, кодируемые единицей. При этой системе порядок главного потока будет наивысшим.

В *дихотомической системе Стралера – Философова* [5] слияние двух рек, кодируемых единицей дает реку второго порядка. Слияние этих водотоков дает реку с кодом 3 и т.д. В общем случае при слиянии двух разнопорядковых рек возникает один поток с порядком, который равен наибольшему из кодов сливающихся водотоков.

В *системе Н. А. Ржаницына* учитываются и неперядковые реки. То есть, если в приток, кодируемый двойкой, впадает два неперядкообразующих притока первого порядка, они могут увеличить код главного водотока на единицу.

В *монотомической системе Р. Шрива* порядок реки равняется числу притоков первого порядка.

Гидрологические характеристики водосбора и реки являются основными расчетными характеристиками речного бассейна.

К гидрологическим характеристикам водосбора относятся:

водосборная площадь бассейна (F), км²;

длина реки (L) – расстояние от истока до устья реки, км;

модуль стока (μ) – количество воды, которое стекает с единицы площади водосбора в единицу времени, л/с*км²;

коэффициенты озерности ($k_{оз}$), *заболоченности* ($k_{бол}$), *залесенности*

($k_{лес}$) и *распаханности* ($k_{паш}$) территории.

Распределение площади бассейна по высотам местности является важной характеристикой бассейна. Оно представлено *гипсографической кривой*, которая показывает, какая часть площади бассейна (в км² или %) расположена выше любой заданной отметки местности.

Гидрологические характеристики бассейна реки определяются с помощью различных методов исследования, используемых в гидрологии, картографии и других науках.

2 Методы исследования бассейнов рек

Во втором разделе были рассмотрены различные методы исследования бассейнов рек, а так же области и примеры применения бассейнового подхода.

При исследовании бассейнов рек используют гидрологические, картометрические и морфометрические методы. Также в последнее время широко используются методы ГИС-анализа.

Важнейшее место в гидрологии занимают методы *полевых исследований*. Полевые исследования подразделяют на *экспедиционные* и *стационарные* [2].

Экспедиционный метод исследования заключается в комплексном обследовании вод обширных районов или гидрологических объектов по специальным программам [2,3].

Стационарный метод исследования заключается в изучении динамики гидрологических характеристик водных объектов во времени. При таких исследованиях проводятся длительные систематические наблюдения на специальных гидрологических станциях и постах, в гидрометеорологических обсерваториях [2,3].

Картометрические и морфометрические измерения являются графоаналитическими приемами, которые обеспечивают проведение измерения и исчисления по картам различных количественных характеристик.

Картометрические методы включают в себя:

- определение координат и высот точек;
- измерение горизонтальных и вертикальных углов;
- измерение длин линий, определение их наклона и направления;
- ограничение водосборных бассейнов;
- определение площадей контуров;
- определение площади топографической поверхности;
- определение объемов озеровидных водоемов [6].

С помощью *морфометрических методов* определяется форма, плотность, густота эрозионного расчленения рельефа, экспозиция склонов, угол наклона земной поверхности и другие характеристики.

Под *ГИС-анализом* понимают процесс поиска пространственных закономерностей в распределении данных и взаимосвязей между объектами.

Есть два типа моделей для представления пространственных данных в ГИС: векторный и растровый. Соответственно, методы ГИС-анализа подразделяются на векторные и растровые.

Методы *векторного ГИС-анализа* используют при обработке цифровых векторных слоев, учитывая атрибуты объектов. Такой анализ больше подходит при работе с дискретными объектами.

Основные виды векторного анализа в ГИС можно обозначить как следующие направления:

- элементарный пространственный анализ;
- пространственная статистика;
- расширенный пространственный анализ;
- сетевой анализ [7].

Методы *растрового ГИС-анализа* используют при обработке цифровых растровых слоев, учитывая их атрибуты. Такой анализ больше подходит при работе с непрерывными процессами или явлениями и с объектами, суммированными по площадям.

Основные виды растрового анализа в ГИС можно представить в виде следующих основных направлений:

- интерполяция растра;
- анализ поверхностей;
- картирование плотности;
- картирование расстояний;
- использование функции картографической растровой алгебры [7].

Рассмотренные методы исследования бассейнов рек используются при бассейновом подходе. Возможными областями использования ГИС в гидрологии являются: зоны затопления, прогнозирование половодья и паводков, расчет гидроэнергетического потенциала, судоходство и т.п.

Бассейновый подход включает в себя комплекс приемов в географических и экологических исследованиях, основой которого является представление о непрерывности географической оболочки, где главным объединяющим фактором выступает водный сток.

Бассейновый подход наиболее удобен для пространственной оценки территории суши умеренного пояса Земли, который характеризуется густой речной сетью. На данный момент имеется целый ряд электронных картографических продуктов, которые представляют собой модели водосборных бассейнов (сетки бассейнов рек) различного территориального охвата и имеют открытый доступ [8].

3 Исследование бассейна реки Чардым

Данный раздел включает в себя информацию об объекте исследования, сравнение различных ЦМР, создание уточненной ЦМР, построение индексов и анализ полученных результатов.

Объект исследования. Бассейн реки Чардым находится на восточном склоне Приволжской возвышенности в Саратовской области. Площадь бассейна составляет примерно 1460 км², длина реки 97 км. Бассейн Чардыма - один из наиболее интересных для исследования в Саратовском Предволжье. Данный объект требует внимательного изучения для

определения и оценки эрозионных участков и участков с риском развития эрозии.

Современные исследования требуют высокой точности привязки данных и их размещения на разноцелевых картах. Наиболее удобной и точной основой являются подробные топографические карты. Но чаще всего более доступными являются материалы космической съемки или данные цифрового рельефа.

Важным фактором для моделей рельефа является доступность их широкому кругу пользователей. На данный момент существует множество готовых цифровых моделей рельефа, которые отличаются по своим техническим характеристикам, например точности высот или охвату территории.

Был проведен сравнительный анализ 4-х цифровых моделей рельефа. 3 из них свободно распространяемые (SRTM, ASTER GDEM, GMTED2010) и 1 проприетарная (ALOS AW3D).

Для дальнейшего исследования была выбрана цифровая модель SRTM.

Данные SRTM общедоступны и представлены в виде растровой модели, в которой в каждой ячейке растра (пикселу) соответствует действительная абсолютная высота. После скачивания раст предварительно обрабатывается с помощью инструментов ArcToolBox ArcGIS 10.4.1: изображение обрезается по контуру бассейна (инструмент “Обрезка растра”). Так же по космоснимку должны быть выделены эрозионная сеть и линейные гидрографические объекты. Направления тальвегов и водотоков должны совпадать с направлением стока [9].

Для создания уточненной ЦМР исходные данные обрабатывались с помощью инструмента “Topo to Raster” модуля Spatial Analyst программного комплекса ArcGIS 10.4.1.

Данная модель рельефа будет служить основой для расчетов индексов, характеризующих с различных сторон эрозионные процессы.

Достаточно широкое применение для исследований, связанных с рельефом [9] и водным режимом, получили специальные формализованные показатели, количественно отражающие те или иные факторы. Для оценки вероятности эрозионных процессов было выбрано 4 индекса: TWI, TRI, LSF, SPI.

TWI - топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index), также известный как составной топографический индекс (CTI), устойчивый индекс влажности. Индекс отображает потенциальную влажность бассейна и представляет собой натуральный логарифм отношения дренажной площади к тангенсу крутизны склона.

TRI - индекс расчлененности рельефа (Terrain Ruggedness Index) является одним из основных факторов, влияющих на энергию потока, емкость поверхностного накопления влаги, скорость стока и маршрутизацию в масштабе водосбора, и выражает величину перепада высот между соседними ячейками в растре.

LSF - относительный показатель эрозии, учитывающий уклон поверхности и площадь водосборного бассейна (эрозионный потенциал рельефа). Считается индикатором способности водного потока вызывать эрозию.

SPI - индекс мощности потока (Stream Power Index). Этот индекс может быть использован для описания потенциальной эрозии потока в данной точке поверхности.

Индексы рассчитывались с помощью встроенных модулей программы QGIS, по данным уточненной модели рельефа SRTM.

Так же были оцифрованы типы землепользования, а именно:

- водраздельный лес;
- пойменный лес;
- селитебные территории;
- гидрография;
- с/х угодья.

Были совмещены структуры землепользований, элементарные бассейны.

Для каждого получившегося участка были вычислены средние значения каждого индекса с помощью функции «Зональная статистика» и на основе полученных данных был проведен анализ.

В ходе анализа было выделено 3 категории, в зависимости от того, насколько территории подвержены эрозионным процессам.

Подвержены сильной эрозии: территории бассейнов 1 порядка, находящиеся на водораздельных лесах и территории бассейнов 1 порядка сельскохозяйственных угодий, на что указывают значения всех индексов, особенно индексы TRI и LSF. В целом на территории наихудшие значения показывает индекс SPI. Индекс TWI имеет значения чуть выше среднего в пределах данных территорий.

Подвержены средней эрозии: территории бассейнов 1-4 порядка, находящиеся на пойменных лесах, бассейны 2-7 порядка, находящиеся на водораздельных лесах и селитебные территории с 1-3 порядком бассейна, так же все территории сельскохозяйственных угодий, кроме тех, которые находятся в пределах бассейнов 1 порядка. Индекс TWI показывает средние значения на всех этих территориях. Худшие показатели индекса TRI и LSF находятся в пределах водораздельных лесов и сельскохозяйственных угодий. Индекс SPI имеет средние значения на данной территории.

Подвержены слабой эрозии: территории 5-7 порядка бассейнов, находящиеся в пределах пойменных лесов, селитебные территории с 4-7 порядком бассейна, а так же все территории, занимающие гидрографию, независимо от порядка бассейна. На данных территориях индексы TRI и LSF имеют самые низкие показатели, а индексы TWI и SPI находятся в пределах средних значений.

В целом, чем меньше порядок бассейна, тем показатели эрозионных индексов на территории выше.

Из типов землепользования эрозионным процессам наиболее подвержены сельскохозяйственные угодья. Данные территории требуют особых условий эксплуатации: правильное для данной географической зоны и местности соотношение угодий (пашни, леса, луга), тщательность обработки почвы, а также её удобрение, распашка строго поперек склона, устройство защитных валов, дополнительное оборудование склоноукрепляющих лесополос, введение севооборотов с преобладанием многолетних трав.

Защита земель сельскохозяйственного назначения от водной и ветровой эрозии с введением системы противоэрозионных мероприятий являются особо важным аспектом в обеспечении плодородия пахотных земель и рационального и эффективного их использования. Центральное место при решении этих вопросов отводится землеустройству, посредством которого намечается комплекс противоэрозионной организации территории, которая основывается на технологических требованиях системы земледелия.

Заключение.

Таким образом, можно сказать, что применение геоинформационных технологий в исследованиях бассейнов рек является актуальным и перспективным. В рамках бассейнового подхода реализуется множество задач из разных областей геологии, геоморфологии, гидрологии, почвоведения, гидробиологии, геохимии и других наук. Благодаря внедрению геоинформационных систем и технологий появляется больше возможностей для отражения, анализа, моделирования и оценки географических объектов. В совокупности с традиционными методами такие исследования дают необходимый результат. Использование специальных индексов, основанных на цифровых моделях рельефа, является важным средством индикации эрозионных процессов, позволяет анализировать уже существующие негативные явления, прогнозировать возможные в будущем эрозионные процессы и предполагать меры для

предотвращения их развития.

Список использованных источников.

1 Калинин, В.Г. Применение геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях: монография / В.Г. Калинин, С.В. Пьянков. – Пермь: ООО “Алекс-Пресс”, 2010. – 217 с.

2 Михайлов, В.Н. Гидрология: Учебник для вузов / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – М.: Высш. шк., 2007. – 463 с.

3 Давыдов, Л.К. Общая гидрология / Л.К. Давыдов, А.А. Дмитриева, Н.Г. Конкина. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 463 с.

4 Хортон, Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии / Р.Е. Хортон; пер. с англ. Д.Л. Арманд, В.А. Троицкого; под ред. М.А. Великанова. – М.: Иностран. лит., 1948. – 158 с.

5 Философов, В.П. О значении порядков долин и водораздельных линий при геолого-географических исследованиях / В.П. Философов // Вопросы морфометрии. – Саратов: Изд-во СГУ, 1967. В. 2. – С. 4-6.

6 Кудрицкий, Д.М. Картометрические работы: Учеб. Пособие / Кудрицкий Д.М. - Л.: Ленингр. политехн. Ин-т, 1978. - 80 с.

7 Курлович, Д.М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учеб.-метод. пособие / Д.М. Курлович. – Минск: БГУ, 2013. – 191 с.

8 Картографическая модель бассейновых геосистем малых рек водосбора реки Лены / О.П. Ермолаев [и др.] // Учен. зап. Казан. Ун-та. Сер. Естеств. науки., 2018, Т. 160, кн. 1. – С. 126-144.

9 Федоров, А.В. Исследование линейной эрозии путем создания уточненной цифровой модели рельефа на основе SRTM (на примере территории Хвалынского района Саратовской области) / А.В. Федоров, П.А. Шлапак, Д.А. Муженский. – Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 20. № 1. – С. 36-40.