



**ДЕГЕМБАЕВА Н.К., ИСМАИЛОВ Н.Ы., БАЙБАГЫШОВ Э.М.,
ОРОЗАЛИЕВА Г.Ж., АБИДИНОВ Б.З.**

^{1,3}Нарынский государственный университет имени С.Нааматова,
Нарын, Кыргызская Республика

²КГУСТА им. Н.Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

**DEGEMBAEVA N.K., ISMAILOV N.Y., BAIBAGYSHOV E.M.,
OROZALIEVA G.J., ABIDINOV B.Z.**

¹Naryn State University named after S. Naamatov , Naryn, Kyrgyz Republic

²KSUCTA n.a. N.Isanov, Bishkek,

dknadira@gmail.com, nur_ismailove@mail.ru , nsu0896@yahoo.de,
specialorder2019@gmail.com, abidinov1997@gmail.com

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ПОЙМЕННЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ НАРЫН (КЫРГЫЗСТАН)

GEOMORPHOLOGICAL STRUCTURES OF THE FLOODPLAIN AREAS OF THE NARYN RIVER (KYRGYZSTAN)

Дарыялар жайылган жерлердин экологиялык абалы ар кандай структуралык бирдиктердин көп саны менен бааланат. Бул экологиялык функцияны камсыз кылуу жана дарыялардын экосистемаларынын туруктуулугун жогорулатуу үчүн маанилүү. Учурдагы геоморфологиялык процесстерди түшүнүү үчүн жайылмадагы жана анын террасалык бетиндеги флювиалдык жана гидрологиялык өзгөрүүлөргө жерди пайдалануунун өзгөрүшүнүн таасири маанилүү. Суу ташкындын бетинде бүдүрлүүлүктүн күчөшү жана чөкмөлөрдүн топтолушу дарыянын агымынын бир калыпта бөлүштүрүлүшүнө ыңгайлуу. Дарыянын нугунун өзгөрүү динамикасын изилдөө үчүн Кыргызстандын Нарын районундагы Эмгек-Талаа жана Ак-Тал айылдарынын мисалында алыскы жана жакынкы калктуу конуштар тандалып алынган. Ландшафттын өзгөрүшүн изилдөө үчүн изилдөө аймактарынын картасын түзүү үчүн спутниктен тартылган сүрөттөр колдонулган. Өзгөртүүлөрдү баалоо жайылма дарыялардын структурасын калыбына келтирүү планын андан ары иштеп чыгуу үчүн зарыл. Изилдөөнүн натыйжалары башкаруу варианттары боюнча маалымат берет жана жергиликтүү бийлик органдарына жаратылыш ресурстарын комплекстүү башкарууда жардам берет.

Өзөк сөздөр: дарыялардын жайылмалары, дарыялардын морфодинамикасы, дарыялардын геоморфологиясы, Нарын дарыясы, Орто Азия.

Экологическое состояние пойм оценивается высоким количеством различных структурных единиц. Это важно для обеспечения экологической функции и повышения устойчивости речных экосистем. Влияние изменений в землепользовании на речные и гидрологические изменения в пойме и ее террасовой поверхности важно для понимания текущих геоморфологических процессов. Увеличение шероховатости и накопление отложений на поверхности поймы благоприятно для равномерного распределения речного потока. Для изучения динамики изменения русла реки были выбраны участки исследования вдали и вблизи населенных пунктов, на примере села Эмгек-Талаа и Ак-Тал Нарынской области Кыргызстана. Для изучения изменений ландшафта использовались спутниковые снимки для составления карты исследуемых территорий. Оценка изменений необходима для дальнейшего развития восстановительного плана структуры пойменных рек. Результаты исследования предоставят информацию о вариантах управления и окажут помощь местным властям в комплексном управлении природными ресурсами.



Ключевые слова: поймы, морфодинамика, геоморфология реки, река Нарын, Центральная Азия.

The ecological state of floodplains is estimated by a high number of different structural units. This is important for ensuring the ecological function and increasing the sustainability of river ecosystems. The impact of land use change on fluvial and hydrological changes in the floodplain and its terraced surface is important for understanding current geomorphological processes. The increase in roughness and the accumulation of sediments on the surface of the floodplain is favorable for the uniform distribution of the river flow. To study the dynamics of changes in the riverbed, study sites were selected far and near settlements, using the example of the village of Emgek-Talaa and Ak-Tal in the Naryn region of Kyrgyzstan. To study changes in the landscape, satellite images were used to map the study areas. Assessment of changes is necessary for the further development of the restoration plan for the structure of floodplain rivers. The results of the study will provide information on management options and assist local authorities in the integrated management of natural resources.

Key words: floodplains, morphodynamics, river geomorphology, Naryn River, Central Asia.

Введение. Формирование пойм сопровождается непрерывным обменом материала между пойменными и русловыми отложениями [2, 20]. Потенциальной способностью поймы является снижение пика стока [2, 5, 17]. Кроме того, важно изучить гидрологическое воздействие в результате изменения землепользования [23]. Изменения растительного покрова сравнительно также влияют на перенос наносов [6, 15]. Поэтому землепользование на пойменной территории и изменение состава растительности являются важными факторами, влияющими на процессы в речной системе.

Исследования по пониманию развития рельефа реки важны и дают разъяснения по отдельным случаям исследуемой речной системы. Геоморфологический облик речной системы, в основном, зависит от гидрологических условий прерывистого, короткого и постоянного стока, а также от наличия наносов. Эти факторы важны для определения последствий и механизмов краткосрочных гидрологических изменений [13]. Анализ местоположения границ залегания помогает интерпретировать над структурой реки в нижнем течении. Флювиальный состав отложений помогает отобразить изменения реки в рамках таких процессов, как гидравлические, климатические, тектонические и деятельность человека [29]. Частота и величина наводнений приводит к формированию определенного типа речных берегов.

Антропогенное воздействие на естественные пойменные экосистемы увеличивает объем водной эрозии. Вырубка лесов делает пойму более восприимчивой и уязвимой к эрозии берегов, снижает стабилизирующее влияние пойменной растительности [25]. Наибольший потенциал для природных опасностей, связанных с эрозией берегов, имеют участки, где происходит вырубка пойм вблизи населенных пунктов. Местные жители используют топливную древесину, лесоматериалы и строительные материалы. Кроме того, они используют поймы для выпаса скота с осени до поздней весны. Последствиями антропогенного воздействия являются не только увеличение риска наводнений, но и повышение подверженности берегов рек эрозии.

Геоморфологическая динамика реки Нарын происходит в поймах естественным образом. Эти процессы в речной системе проявляются как аккреция и эрозия речного берега. В настоящее время исследования сосредоточены на поймах зарегулированных рек, чтобы способствовать восстановлению их до более естественного состояния [8,10,19,24]. Существующие исследования реки Нарын касаются изучения ледников [4, 21], изменений в гидрологическом цикле и управлении водными ресурсами [3, 4], а также трансграничных вопросов, связанных с гидроэнергетическими каскадами вниз по реке [12]. Существует недостаток информации о природном характере геоморфологии реки Нарын. Изучения естественной динамики пойм реки Нарына отражены в двух исследованиях [7, 9]. Основной

целью данного исследования является анализ диапазона процессов формирования пойм реки Нарын во времени. Для этого мы анализируем миграцию путей берегов реки с помощью визуального дешифрирования снимков Landsat.

Методы и материалы. Объект исследования: Водосборная территория реки Нарын расположена в северо-западной части Центрального Тянь-Шаня. Река Нарын - главный приток Сырдарьи, являющейся основным питателем Аральского моря. Данная река обеспечивает не только ирригацию, но и электроэнергетику Кыргызстана, а также влияет на сельскохозяйственное и экономическое состояние соседних стран. Она начинается от слияния двух рек Большой и Малый Нарын, питаемых ледниками Ак-Шийрак Центрального Тянь-Шаня. Большая часть объема ее воды собирается с гор и течет в горной долине Внутреннего Тянь-Шаня. Климатические условия Нарына характеризуются континентальным климатом с холодной, продолжительной зимой и коротким летом. По данным метеостанции Нарын среднегодовая температура за 1999-2016 годы составляет 4,3 °С. Самый холодный месяц - январь со средней температурой - 16,4 °С, а самый теплый - июль со средней температурой 17,1 °С. Среднегодовое количество осадков составляет около 303 мм. Интенсивное выпадение осадков происходит весной и летом.

Основной сток реки Нарын происходит в результате таяния снега и ледников. Интенсивность весеннего половодья наблюдается в июне и длится до сентября. В целом, около 2 % площади бассейна занимают ледники гор Центрального Тянь-Шаня, и их вклад в объем стока в половодье значителен [4, 21]. Водосборный бассейн используется для сельскохозяйственной деятельности и включает в себя возвышенности, склоны холмов, пастбища, сельскохозяйственные и городские земли.

Нарын демонстрирует разнообразную морфологию вдоль своего течения с узкими ущельями прямо вверх по течению от Токтогульского водохранилища. В качестве объекта исследования были выбраны пойменные участки реки Нарын (Рис. 1).

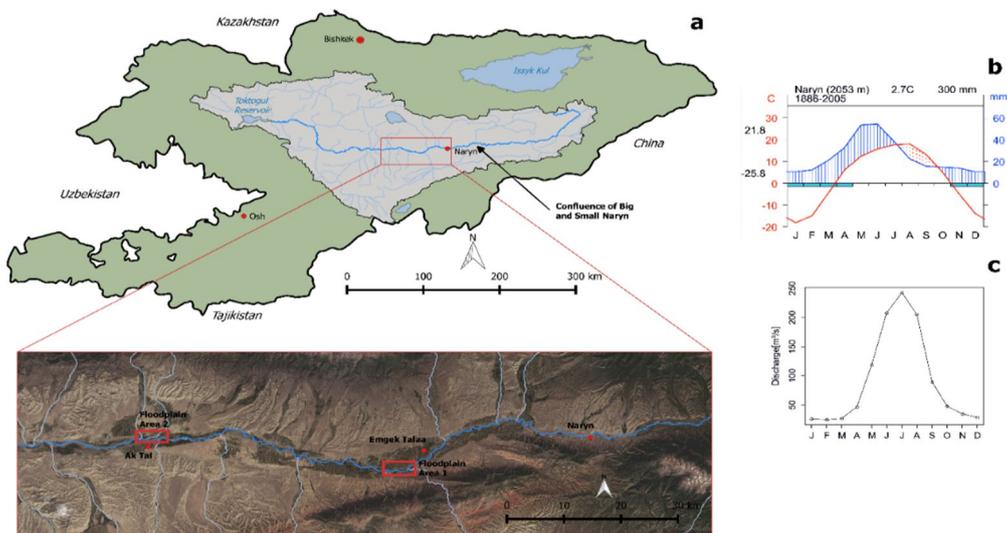


Рис. 1. Территория исследования:

а - обзор региона, б - климатическая диаграмма города Нарын, с - гидрограф города Нарын.

Для исследования изменения латеральной миграции пойм на расстоянии и вблизи населенных пунктов были выбраны два района исследования, которые мы назвали пойменными участками 1 и 2 соответственно.

Методология нашего исследования включает анализ цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM-1 и снимков Landsat. Эти наборы данных можно бесплатно получить в Геологической службе США (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). ЦМР использовалась для получения подробного топографического описания длины реки и участков берегов. Анализ ЦМР включает разграничение водораздела для выделения длины ручья с распределением высот в водосборе реки, а также использование модулей r.stream в ГИС GRASS [18]. Географическое



положение точки водораздела для данного исследования расположено от верхних гор Тянь-Шаня до Токтогульского водохранилища.

Для изучения миграции каналов здесь мы использовали разновременные данные Landsat с 1972 по 2015 год. Для покрытия территории нашего исследования требуется одного снимка Landsat. Мы выбрали снимки, сделанные в сезон половодья (июль и август) с достаточно малой облачностью. Подробную информацию об использованных снимках можно найти в таблице 1.

Таблица 1 - Изображения, использованные для данного исследования

Дата приобретения	Сенсор
28.07.1972	MSS
14.07.1977	MSS
04.08.1994	TM
14.07.2000	TM
15.08.2015	OLI

Изменения берегов рек были оцифрованы вручную с использованием ложной цветовой композиции снимков. Для Landsat 5 (TM) мы использовали комбинацию 7-5-3, а для Landsat 8 (OLI) - 7-6-4. В этой комбинации водные объекты становятся хорошо видны. Анализ был проведен в ArcGIS и MS Excel.

Для анализа изменений берегов бокового русла мы использовали метод Кумму и др. [22]. Мы разделили реку на подречки длиной 1 км, как показано на рис. 2 и 3. В результате такой сегментации получилось 8 (пойменная территория 1), соответственно 5 сегментов (пойменная территория 2). Для этого анализа мы измерили изменения расположения берегов реки за пять временных шагов. Эрозия и аккумуляция были оценены для левого и правого берега отдельно.

Результаты. Геоморфологический облик от верхнего до среднего течения реки Нарын характеризуется различными формами форсированных террас и разветвлений речных участков (Рис. 6). Развитие топографических поверхностей во время крупных паводков способствует отложению донных наносов на отмелях среднего русла. Структура геоморфологических единиц показала высокую динамику за последние более чем 43 года. Современная структура поймы может быть описана как блуждающее русло реки с расширенными отмелями и островами, ограниченное прерывистой высокой террасой. На участке с 2 по 7 на Рис. 2 положение русла реки сместилось к правому берегу реки, следуя за увеличением энергии потока.

Исследованные пойменные участки имеют прерывистое образование высоких террас (Рис. 3). В центральной части долины образовались острова, разделенные несколькими гравийными полосами (Рис. 3). Большие отклонения и скорость течения приводят к переносу рекой огромного количества взвешенных наносов [11]. Основное осаждение состоит из взвешенных и донных наносов во время паводков. По морфологии исследованные пойменные территории разделены на малые и большие острова. Острова и береговые части покрыты небольшими пионерными лесами (Рис. 3). Здесь представлены различные типы растительности, такие как тополевые и ивовые леса, заросли облепихи и виды тамариска.

Анализ речных геоморфологических особенностей по снимкам Landsat поймы обеспечивает детальное понимание миграции русла. Изменчивость мощности потока вдоль неустойчивых берегов приводит к изменению русла на правом берегу реки Нарын. На рисунке 4 показан диапазон изменения русла реки по всей длине до пойменных участков 1 и 2. Характер эрозии и отложения наносов на разных стадиях течения в период затопления

формирует пойму. Сравнение ширины русла и картины длины реки показывает диапазон динамики в русле реки. Также изображена подробная информация об эволюции меандров и плетеных структур. Для понимания динамики изменения русла, исследованного в верхней зоне главного притока Большой и Малый Нарын, ниже представлен Рис. 4.

Для определения мест на пойменных участках, где происходила эрозия и аккумуляция, мы использовали метод, предложенный в работе Кумми и др. Площади эрозии скорости движения берегов построены в зависимости от расстояния вдоль берегов реки на двух пойменных участках. Результаты расчета указаны в табл. 2 и 3 для правого и левого берегов выбранных участков вдоль реки Нарын.

Изменения в расположении берегов за каждый период времени представлены на рис 2 и 4. Анализ за 1972-2015 гг. показывает среднее увеличение берегов на 0,8 м/год и эрозию на 0,4 м/год для пойменного участка 1. Средний рост берега составляет 0,6 м/год на левом берегу и 1,0 м/год на правом берегу для участка поймы 2. Также средняя скорость эрозии составляет 0,5 м/год и 0,3 м/год соответственно. Значительная аккумуляция правого берега реки произошла в 1972-1977 годах, но в левобережье эрозия была значительно больше, чем в другие периоды.

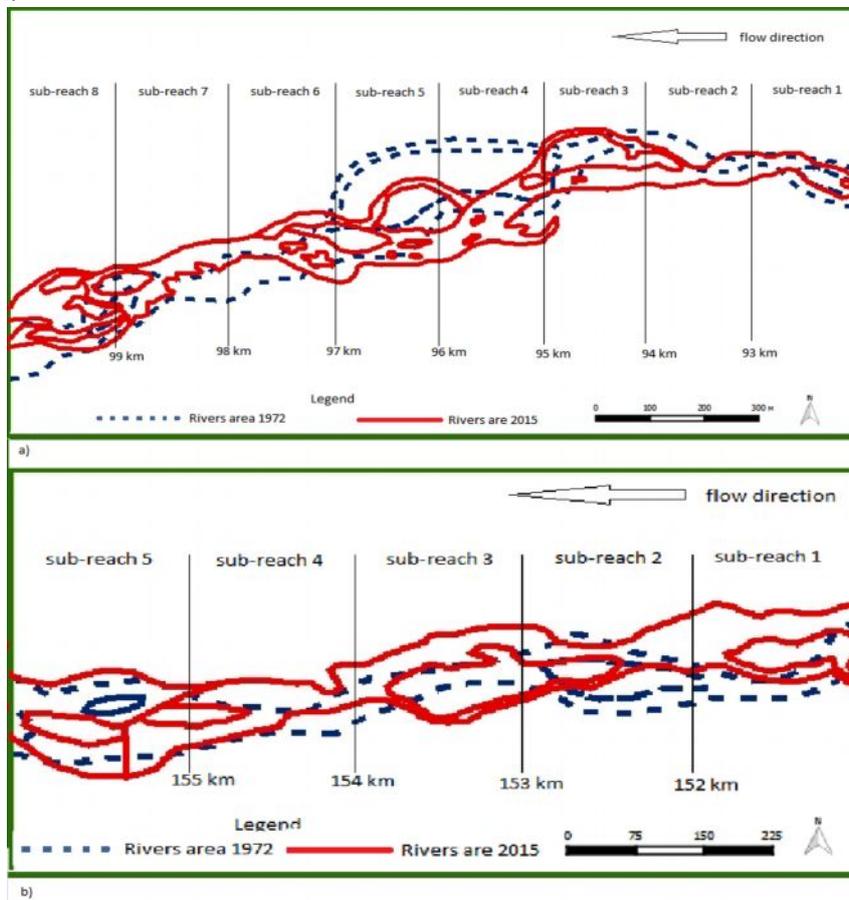
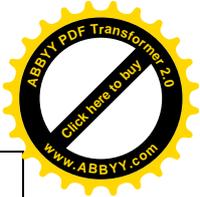


Рис. 2. Разделение пойменных территорий 1 (a) и 2 (b) на границы подречий для анализа латеральной миграции [9]

Таблица 2 - Среднегодовые скорости эрозии и аккумуляции берегов (м/год) на пойменном участке 1 за 1972-2015 гг. Скорости эрозии и аккумуляции были проанализированы отдельно для левого и правого берегов реки

	1972-1977		1972-1994		1972-2000		1972-2006		1972-2015	
	Левый берег	Правый берег								
Аккумуляция (м/год)	1,636	3,948	0,304	0,070	0,566	0,313	0,290	0,278	0,277	0,231



Эрозия (м/год)	2,142	0,559	0,009	0,403	0,052	0,138	0,008	0,212	0,180	0,208
----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



Рис. 3. Структура геоморфологических единиц пойменного участка 1 вдоль реки Нарын

Таблица 3 - Среднегодовые скорости эрозии и аккумуляции берегов (м/год) на пойменном участке 2 за 1972-2015 гг. Скорости эрозии и аккумуляции были проанализированы отдельно для левого и правого берегов реки.

	1972-1977		1972-1994		1972-2000		1972-2006		1972-2015	
	Левый берег	Правый берег								
Аккумуляция (м/год)	4,263	0,000	0,251	0,327	0,810	0,410	0,306	0,526	0,222	0,112
Эрозия (м/год)	0,420	2,216	0,009	0,294	0,029	0,241	0,100	0,100	0,000	0,145

На Рис. 5 представлен гидрограф Нарына. Сезонный цикл характеризуется максимальным расходом в июле, который начинает уменьшаться с сентября. Изменение климата приводит к повышению температуры и, как следствие, к снижению сохранности ледников. На территории бассейна реки Нарын покрытие ледниками составляет около 2%, они обнажаются на восточной стороне гор [4, 21]. Во время паводков происходит поступление наносов, и скорость осаднения в русле может увеличиваться.

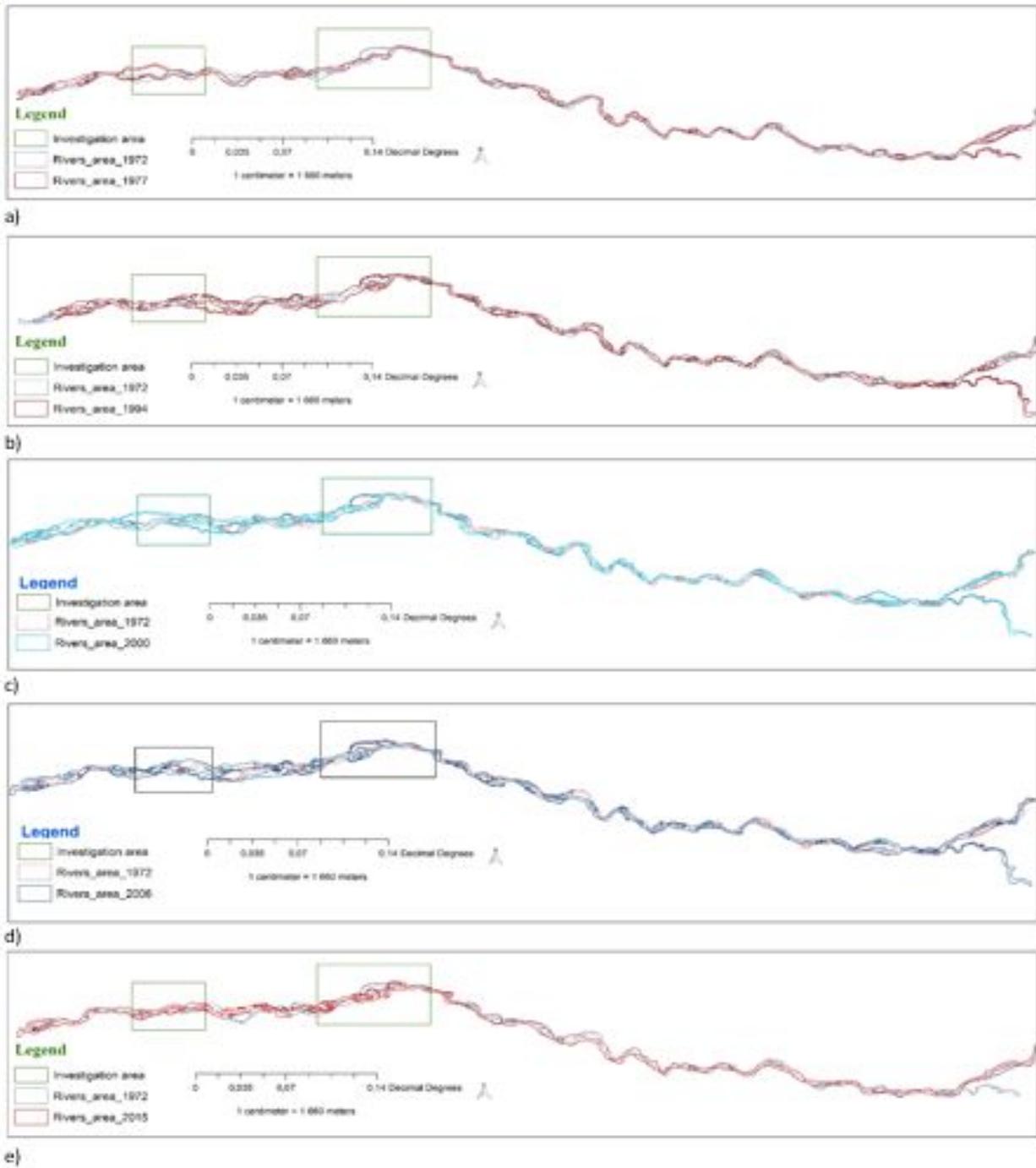


Рис. 4. Латеральная миграция путей реки Нарын за 1972-1977(a), 1972-1994(b), 1972-2000(c), 1972-2006(d) и 1972-2015(e) гг.

Негативное воздействие изменения климата на водные ресурсы проявляется в увеличении стока и повышении уровня воды в реках в весенний период (рис. 1 б, в) и ускорении таяния ледников. Кроме того, увеличивается интенсивность осадков (кратковременных) и учащаются экстремальные погодные ситуации. Изменение гидрологического режима снежных и ледниковых рек изменяет характеристики опасностей и рисков в высокогорных регионах. Поэтому последствия этих антропогенных воздействий - это не только риск наводнений и эрозия берегов (Рис. 2 и 4). Также страдает омоложение и семенное размножение древесных пойменных видов (Рис. 3). Однако сохранение биоразнообразия и поддержание функций лесной экосистемы имеют большое значение для смягчения последствий изменения климата.

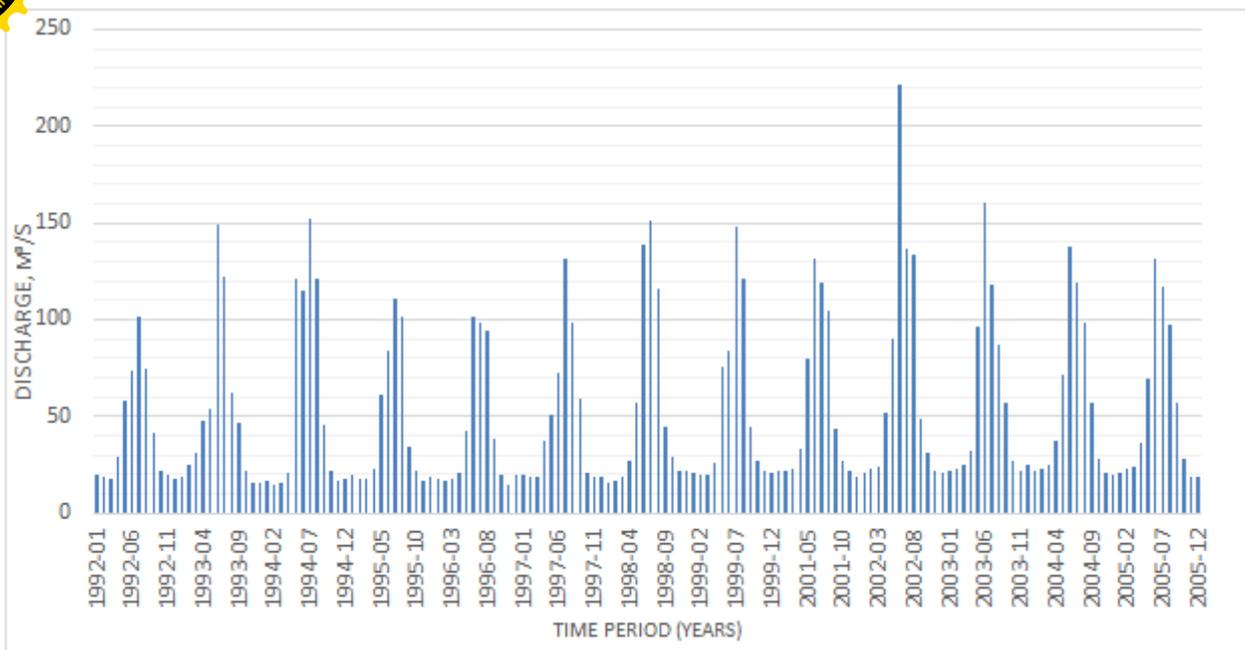


Рис. 5. Долгосрочный гидрограф реки Нарын за 1992-2005 гг. Гидрологические данные получены с сайта (https://www.bafg.de/GRDC/EN/01_GRDC/13_dtbse/database_node.html [Доступ 2018].

Обсуждение. Неизменная динамика рек представлена разнообразными формами, такими как перекатами, островками и рукавами. На некоторых участках реки значительная эрозия происходит вблизи населенных пунктов на поймах, что создает определенный потенциал для природных опасностей. В любом случае водная эрозия изменяет русло реки. Во время паводков пойма несколько раз затопливается. Снижение уровня воды после наводнения и отложение осадков приводит к развитию новых пойм и их изменению с течением времени. Изгиб береговых участков во время паводков принимает наносные отложения. Постепенно эта деятельность смещает тальвег заплетаящейся реки и изменяет водный поток. В некоторых местах наблюдается овражная эрозия, угрожающая пойме.

Миграция русла по всей длине реки Нарын характеризуется как разнонаправленная, как показано на Рис. 4. Направление миграции зависит от того, где вогнутая эрозия берега наиболее заметна. Одной из причин миграции реки через эрозию берегов и русла является увеличение стока, вызванное усилением таяния ледников в результате изменения климата [26]. Хагг и др. отметили, что годовой сток в бассейне Большого Нарына увеличился на 3,7 мм за десятилетие. Это связано с избытком воды, обеспеченным деградацией ледников, которые вносили около 8% годового стока во второй половине 20-го века. Исследованиями Хагг и др. Установлено, что в настоящее время объем ледника составляет 26,0-33,3 км³. В общей сложности 6,6-8,4 км³ (20%) были потеряны с середины 20-го века. Водный эквивалент в размере 5,9-7,6 км³ трансформировался в избыточный сток и способствовал формированию не менее 7,3-9,2% общего стока за рассматриваемый период [14].

Границы участков на Рис. 2 отражают измененные балансы стока и наносов в нижнем течении реки. Согласно данным Торндайкрафт и др. речные русла демонстрируют комбинированные эффекты миграции, врезания и аттерификации в самых разных пространственных и временных масштабах [29]. Важно учитывать влияние изменения климата, антропогенного воздействия и тектонических движений для интерпретации речных процессов, связанных с различными формами седиментации и эрозии. Как показано на рисунках 2, 3 и 4, характер речной деятельности определяется формами рельефа отложений, такими как отмели и острова. Эти геоморфологические единицы могут служить потенциальной средой обитания для пойменной растительности.



Скорость движения берегов правой и левой сторон пойменных территорий составляет в среднем 0,8 м/год за один год. Антропогенная нагрузка на пойму, такая как заготовка древесины, добыча гравия или выпас скота, а также изменение климата усиливают миграцию берегов. Паводки играют ключевую роль в переформировании переноса наносов и, следовательно, русла реки Нарын. Увеличение скорости течения воды и глубины потока в период половодья сопровождается переносом взвешенных наносов. Эти осадки откладываются в пойменной части и накапливаются на ее берегах в русле реки. Воздействие человека на пойменные территории приводит к значительной потере растительности и земли с берегов русла. Устойчивое управление пойменными лесами снижает разрушительные свойства горных рек, поскольку растительность уменьшает силу потока и увеличивает сопротивление водной эрозии [16, 27]. Вода замедляется с изменением глубины воды в пойме, и поток встречает сопротивление со стороны шероховатости ее поверхности.

Заключение. Пойма регулирует сток воды и тем самым предотвращает возникновение наводнений ниже по течению. Изучение и понимание роли пойменной экосистемы в речном потоке помогает прогнозировать экстремальные ситуации, связанные с наводнениями, и заранее предупреждать об их возникновении. Восстановление естественной функции пойм увеличивает растительный покров, способствует возможности береговых участков накапливать отложения наносов. Эти мероприятия способствуют повышению устойчивости местного населения к водной эрозии в период паводков. Во время половодья пойма распределяет сток в русловые структуры и регулирует течение реки, что важно для борьбы с водной эрозией. Кроме того, избыток наносов в реке влияет на качество воды.

Рекомендации по устойчивому использованию лесов пойменных территорий, которые решались с местными сообществами на тренингах, были следующими: разработка правил регулирования использования лесов, организация местного лесопитомника, назначение ответственного лица, контролирующего использование лесов и ротацию участков в лесопользовании.

Благодарность. Авторы выражают благодарность за возможность проведения данного исследования, которое было выполнено в рамках проекта EcoCAR (www.ecocar-centralasia.com) при поддержке фонда Volkswagen.

Список литературы

1. Гидрологические данные реки Нарын по всемирному центру поверхностных вод Global Runoff Data Centre (GRDC) (https://www.bafg.de/GRDC/EN/01_GRDC/13_dtbse/database_node.html) [получено 2018].
2. Маккавеев Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы и рельеф русла реки [Текст]: учебное пособие / Н.Маккавеев. – Москва: 1998. - 286 с.
3. Шатманов О.Т. Водные ресурсы Кыргызской Республики. [Текст] / О.Т.Шатманов, Ж.Г. Жанбирова, З.Ж. Турсымбекова, Т.Х. Каримов // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом”. - Новосибирск: 2016. - №3. - 187 с.
4. Aizen V, Aizen E, Melack J. 1995. Climate, snow cover, glaciers, and runoff in the Tien-Shan, Central Asia. *Water Resources Bulletin* 31:1113-1129.
5. Brandt S. 2000. Prediction of downstream geomorphological changes after dam construction: a stream power approach. *International Journal of Water Resources Development* 16:343–367.
6. Benjarkar R, Egger G, Jorde K, Goodwin P, Glenn N (2011) Dynamic floodplain vegetation model developed for the Kootenai River, USA. *Journal of Environmental Management* 92:3058-3070.
7. Betz, F., Lauer mann, M., Cyffka, B. 2021. Geomorphological Characterization of Rivers Using Virtual Globes and Digital Elevation Data: A Case Study from the Narын River in Kyrgyzstan. *International Journal of Geoinformatics*, 17(1), 47–55. <https://doi.org/10.52939/ijg.v17i1.1707>



8. Collins B, Montgomery D. 2002. Forest development, wood jams, and restoration of floodplain rivers in the Puget lowland, Washington. Doi: 10.1046/j.1526-100X.2002.01023.x Accessed 2016
9. Degembaeva N., Baibagyshov E., Betz F., Cyffka B., Lauermaun M., Ayipov B. 2020. Floodplain areas along the Naryn River in Kyrgyzstan: assessment of hydrological and climate changes, and its dynamics. https://edoc.ku.de/id/eprint/25576/1/Degembaeva_Naryn_River_2020.pdf
10. Downs P, Thorne C. 2000. Rehabilitation of a lowland river: Reconciling flood defense with habitat diversity and geomorphological sustainability. *Journal of Environmental Management* 58: 249-268.
11. Fryirs K, Brierley G. 2013. *Geomorphic analysis of river systems: an approach to reading the landscape*. Ltd Publication John Wiley&Sons, West Sussex, UK.
12. Giese, E.; Sehring, J.; Trouchine, A. (2004): Zwischenstaatliche Wasserkonflikte in Zentralasien. Discussion Papers/ Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung, No. 18. [in German]
13. Gregory K, Macklin M, Walling D. 2006b. Past hydrological events related to understanding Global Change: an ICSU research project. *Catena* 66: 2–13.
14. Hagg W, Mayer C, Lambrecht A, Kriegel D, Azizov E. 2013. Glacier changes in the Big Naryn basin, Central Tian Shan. *Global and Planetary Change* 110: p.40–50
15. Harrison L, Keller E (2007) Modelling forced pool-riffle hydraulics in a boulder-bed stream, southern California. *Geomorphology* 83:232–248.
16. Hupp C. 1992. Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization: a geomorphic perspective. *Ecology* 73:1209-1226.
17. Hupp C, Pierce A, Gregory B (2009) Floodplain geomorphic processes and environmental impacts of human alteration along coastal plain rivers, USA. *Wetlands* 29:413–429.
18. Jasiewicz, J.; Metz, M. (2011): A new GRASS tool kit for hortonian analysis of drainage networks. *Computers and Geosciences* 37(8), 1162-1173. DOI: 10.1016/j.cageo.2011.03.003
19. Junker B, Buchecker M. 2007. Aesthetic preferences versus ecological objectives in river restorations. *Landscape and Urban Planning* 85: 141-154.
20. Kenneth N. Brooks. 2003. *Hydrology and the management of watersheds*. Blackwell Publishing Professional. Ames, Iowa.
21. Kriegel et al. 2012 Changes in glacierisation, climate and runoff in the second half of the 20th century in the Naryn basin, Central Asia. *Global and Planetary Change* 110. p.51-61.
22. Kumm M, LuX, Rasphone A, Sarkkula J, Koponen J. 2008. Riverbank changes along the Mekong river: remote sensing detection in the Vientiane-Nong Khai area. *Quaternary International* 186:100–112.
23. Merritt D, Wohl E. 2003. Downstream hydraulic geometry and channel adjustment during a flood along an ephemeral, arid-region drainage. *Geomorphology* 52:165–180.
24. Schiemer F, Baumgartner C, Tockner K. 1999. Restoration of floodplain rivers: the ‘Danube restoration project’. *Regulation River: Restoration Management* 15: 231-244.
25. Simon A, Collison AJC. 2002. Quantifying the mechanical and hydrological effect of riparian vegetation on streambank stability. *Earth Surface Processes and Landforms* 27: 527-546.
26. Sommer R, Glazirina M, Yuldashev T, Otarov A, Ibraeva M, Martynova L, Bekenov M, Kholov B, Ibragimov N, Kobilov R, Karaev S, Sultonov M, Khasanova F, Esanbekov M, Mavlyanov D, Isaev S, Abdurahimov S, Ikramov R, Shezdyukova L, Pauw E. 2013. Impact of climate change on wheat productivity in Central Asia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 178:78– 99.
27. Tabacchi E, Correll D, Hauer R, Gilles P, Planty-Tabacchi A, Wissmar R. 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology* 40:497-516.
28. Tockner K, Schiemer F, Ward J. 1998. Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems. *Aquatic Conserv: Mar.Freshw.Ecosyst.* 8:71-86.
29. Thorndycraft V, Benito G, Gregory K. 2008. Fluvial geomorphology: A perspective on current status and methods. *Geomorphology* 98: 2–12.