УДК 551.435.04

РУСЛОВАЯ МОРФОДИНАМИКА РЕКИ ИРКУТ ЗА ПОСЛЕДНИЕ СОРОК ЛЕТ (ВЕРХНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ)

Опекунова М.Ю., Силаев А.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: opek@mail.ru

В статье представлены результаты первого этапа исследований в рамках выполнения проекта по мониторингу за береговыми деформациями рек Верхнего Приангарья. Рассмотрены основные типы русловых плановых деформаций р. Иркут (приток реки Ангары) в пределах Иркутско-Черемховской равнины. С помощью картографических данных систематизированы основные морфологические и морфометрические характеристики, а также получены актуальные количественные данные о распространении морфодинамических типов русла р. Иркут в пределах равнинно-платформенной области (Верхнее Приангарье). Широкопойменный русловой тип с вынужденными излучинами, пойменными, одиночными простыми и сложными типами разветвлений, занимает 60,4 (93,3%), из них участки с пойменным типом разветвления – 15 км (24%), на остальном участке развит адаптированный тип русла. На основе этих данных составлена карта распространения морфодинамических типов русла. С помощью методов геоинформационного картографирования определены наиболее мобильные участки русел и основные типы горизонтальных деформаций русел. Для этого сопоставлялись разновременные геоизображения (космические снимки, топографические карты) русла реки Иркут, производились измерения основных морфометрических параметров излучин, их морфодинамические типы и стадии развития. Наиболее значительные изменения планового рисунка русла произошли в пределах участка (с. Максимовщина – пос. Горького) с пойменно-русловым разветвлением. Выявлено, что основные деформации русла связаны с отмиранием и переформированием поперечных проток, соединяющих правый и левый рукава. Таким образом, целесообразно организовать мониторинговые наблюдения за русловыми и береговыми деформациями, а также изменениями компонентов ландшафта именно на этих участках.

Ключевые слова: река Иркут, Верхнее Приангарье, геоморфологические исследования, картографирование морфодинамических типов русел, русловые горизонтальные деформации, геоинформационный картографический метод

CHANNEL MORPHODYNAMICS OF THE IRKUT-RIVER FOR THE LAST FORTY YEARS (UPPER PRIANGARIE)

Opekunova M.Yu., Silaev A.V.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: opek@mail.ru

The article presents the results of the first stage of research in the framework of the monitoring project for coastal deformations of the Upper Priangarie. The main types of channel plan deformations p. Irkut (tributary of the Angara River) within the Irkutsk-Cheremkhovo Plain. Within the framework of the research, the main morphological and morphometric characteristics of the Irkut channels river within the flat-platform region (Upper Priangarie) are systematized. Quantitative data on the distribution of morphodynamic types of river beds p. Irkut. For the Irkut within the plain-platform part of the flow is characterized by the development of this type of channel. The wide floodplain type with adapted meanders, floodplain, single simple and complex bifurcations occupies 60.4 (93.3%), of which channels with floodplain braided type – 15 km (24%), the adapted type of channels occupies 6,7%. On the basis of these data, a map of the distribution of morphodynamic channel types was compiled. Using the methods of geoinformation mapping, the most mobile sections of channels and the main types of horizontal deformations of channels are determined. For this purpose, different geoimages (space images, topographic maps) of the Irkut river channel were compared, the main morphometric parameters of the bends, their morphodynamic types and stages of development were measured. The most significant changes in the planned pattern of the channel occurred within the site (Maksimovshchina village – Gorky settlement) with floodplain-channel branching. It is revealed that the main deformations of the channel are associated with the dying and reformation of the transverse branches connecting the right and left anabranches. Thus, it is advisable to organize monitoring of channel and bank deformations, as well as changes in landscape components in these sections.

Keywords: Irkut-river, the Upper Priangarie, geomorphological studies, mapping of morphodynamic types of channels, channel horizontal deformations, geoinformation cartographic method

Верхнее Приангарье является территорией долговременного освоения человеком. В современный период промышленного этапа развития территория испытывает повышенную техногенную нагрузку, возникает необходимость мониторинга функционирования естественных геосистем (либо вновь созданных техногеосистем) для рационального использования ресурсов, а также с целью прогнозирования и предотвращения неблагоприятных последствий, связанных как с естественными проявлениями процессов, так и с теми, которые могут быть спровоцированы деятельностью человека. Выделенные наиболее динамичные участки пойменно-руслового комплекса намечены для организации мониторинговых наблюдений за береговыми деформациями и изменениями ландшафтной структуры.

Цель исследования. Исследование посвящено актуальной проблеме рационального природопользования, выявления видов трансформаций пойменно-русловых комплексов при различных видах хозяйственной деятельности. В рамках выполнения первого этапа работ ставились следующие задачи:

1) получение актуальной информации о распространении морфодинамических типов русла и некоторых морфологических характеристиках пойменно-русловых комплексов р. Иркут в пределах равнинно-платформенной территории на основе анализа картографических данных;

2) выявление наиболее динамичных участков пойменно–русловых комплексов для последующего мониторинга береговых деформаций, на основе анализа разновременных данных дистанционного зондирования Земли и топографических карт.

Материалы и методы исследования

Территория исследования расположена в пределах платформенной части верхнего течения р. Ангары, включая участок нижнего течения крупного левого притоков р. Иркут (рис. 1). Длина р. Иркут – 488 км, площадь бассейна составляет 15000 км^2, большая ее часть лежит в горной части. Согласно карте геоморфологического районирования [1] территория исследования почти полностью находится в пределах юго-восточной области Среднесибирского плоскогорья, во внутренней подобласти хорошо развитых нетектонических структур в пределах Иркутско-Черемховской равнины Присаянского прогиба.

Большая часть территории относится к району с оптимальным атмосферным увлажнением (индекс сухости равен 0,45–1,00), умеренно теплым летом (более 1000 °С), умеренно суровой малоснежной зимой со средними температурами воздуха в январе выше – 30 °С, максимальной высотой снежного покрова менее 50 см. Среднегодовая температура января – 24–26 °С, июля 16–18 °С, годовая сумма осадков 300–400 мм с максимумом в июле и минимумом в марте [1]. Район исследования расположен на стыке полей распространения кембрийских песчаниково-алевролитовых карбонатных и известняково-доломитовых и юрских песчаниковых и песчаниково-галечниковых отложений. Днища долин выполнены неогеновыми и четвертичными галечниками и песками.

Основными факторами в развитии русла и формировании поймы является гидрологический режим реки и сток руслообразующих наносов, включающий в себя стоки влекомых и взвешенных наносов. Бассейн р. Иркут в нижнем течении относится к Приангарскому равнинному лесостепному и лесному маловодному району [2]. Для рек этого района характерен преимущественно снеговой тип питания, с преобладанием наибольшего стока в период весеннего половодья (апрель – май) и летнего паводка (июль). Изменение мутности воды и расходов взвешенных наносов на реках Верхнего Приангарья хорошо согласуется с годовым ходом расходов воды. Максимальные среднемесячные расходы и мутность наблюдаются в летний период (июль) и изменяются от 310 до 2200 г/м^3.

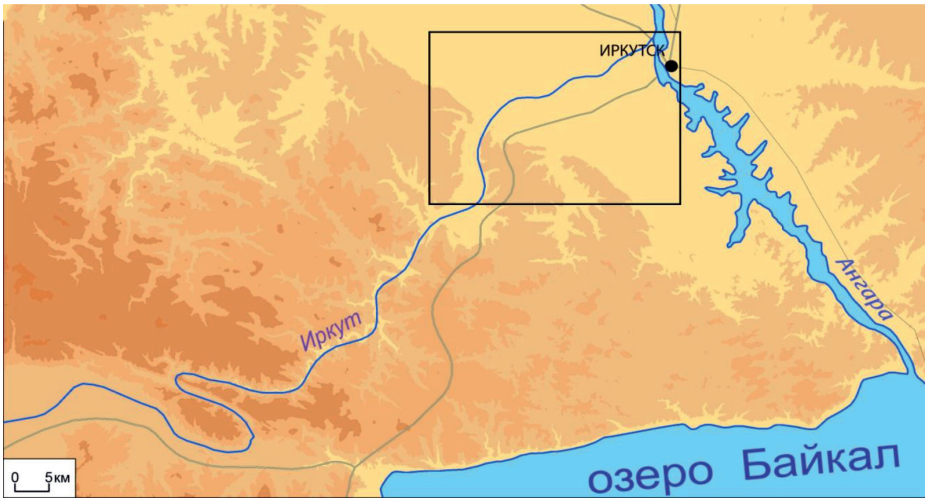

Рис. 1. Территория исследования

Теоретическую основу работы составили подходы и принципы картографирования русловых процессов, классификации и выделения морфодинамических русловых типов, эволюции русловых излучин [3–5].

Для выявления границ русла Иркута, а также определения основных типов русловых деформаций отдельных участков за последние сорок лет в 1977, 1995 и 2017 гг. использовались космические снимки Landsat (MSS, 5 TM, ETM+, OLI, TIRS) и топографические карты (М 1: 100 000). При визуальном дешифрировании использовались различные комбинации каналов, прямые и косвенные признаки (четкие очертания, линейные границы и т.п.) [6], уточненные данными полевых исследований. Для достоверности анализа русловых деформаций использовались снимки с датами съемки в четко выраженную летне-осеннюю меженную фазу, исключая периоды летних паводков, которые для р. Иркут проходят в последнюю декаду июня – первую декаду июля и последнюю декаду июля – первую декаду августа. В дальнейшем при сопоставлении полученных границ русла в трех временных срезах были выявлены и оценены изменения в морфологии русла и деформации русловых излучин. Привязка, оцифровка и анализ разновременных картографических слоев проводились с помощью ГИС-пакета MapInfo.

Результаты исследования и их обсуждение

В пределах платформенного участка длина реки составляет около 60 км, а площадь – 1080 км^2, падение – 0,72‰. Был проведен анализ распределения морфодинамических русловых типов, основные количественные и морфологические характеристики пойменно-русловых комплексов. В 1,5–2 км вверх по течению отс. Шаманка река после выхода из горной области приобретает преимущественно широкопойменный тип русла. Общая протяженность этого участка составляет 61,5 км. Участок начинается с прямолинейного отрезка, большую часть занимает разветвленно-извилистое русло с одиночными, односторонними и пойменно-русловыми разветвлениями. Типы излучин в основном сегментные пологие, крутые и развитые; петлеобразные и адаптированные с коренным берегом вдоль привершинной части. Характеристики морфодинамически однородных участков русла р. Иркут с. Шаманка до устья представлены в таблице.

Для р. Иркут в пределах равнинно-платформенной части течения характерно развитие широкопойменного руслового типа с вынужденными излучинами, пойменными, одиночными простыми и сложными типами разветвлений, такой тип русла занимает 60,4 (93,3 %), причем на участки с пойменным (двурукавным) типом разветвления приходится 15 км (24 %), на остальном участке развит адаптированный тип русла.

Систематизация морфодинамических данных позволила получить актуальные данные о распространении морфодинамических типов русла реки, выявить наиболее пригодные участки для организации мониторинга за береговыми деформациями.

Для оценки динамики русел с помощью геоинформационного картографирования нами использовались разновременные космоснимки, топографические карты. Произведены измерения основных морфометрических параметров излучин: длина (l), шаг (L), радиус кривизны излучины (r), стрела прогиба (h), ширина русла (bp). Также определены основные параметрические коэффициенты l/L (степень развитости излучины), r/h (показатель формы излучины), соотношение длины к стреле прогиба (l/h), соотношение шага к стреле прогиба (L/ h), соотношение радиуса кривизны к ширине русла (r/bp) и морфодинамические типы излучин. Определение морфодинамических типов излучин, особенности их деформации и трансформации, а также изменение морфометрических показателей являются основой для выявления специфики развития русла на различных участках.

Векторизация и последующее сопоставление слоев позволило выявить основные участки, на которых происходили деформационные преобразования (рис. 2). Было выявлено, что наиболее динамичным изменениям отличаются следующие элементы русла: участки вогнутых берегов излучин, острова (увеличение и уменьшение площади), размыв и наращивание берегов, отмирание поперечных проток. Процентное изменение коэффициента развитости излучин (l\L) с 1977 по 2017 гг. варьирует в пределах от 1 до 22 %. Анализ динамики площади пойменного массива (в 1977 г. площадь равна 9,748 км^2, в 1995 г. – 9,730, в 2017 г. – 10,230 км^2), расположенного внутри двух рукавов, показывает незначительное его увеличение за счет отмирания поперечных проток. Наиболее значительные изменения произошли на участках, где было переформирование поперечных излучин либо второстепенных проток.

Морфодинамические типы русла р. Иркут на участке с. Шаманка – устье (общая протяженность – 61,5 км)

Номер участка	Морфодинамически однородный участок, в скобках протяженность в км	Общая характеристика пойменно-руслового комплекса
1. Адаптированный тип русла (участок с. Шаманка – с. Моты, протяженность – 4,1 км)		
1.1.	Прямолинейное русло (2,1)	Ширина долины – 6–7 км, ширина русла – 150–200 м, ширина поймы – до 500 м, высота – 4 м. Коэффициент развитости излучины 1,03. На поверхности поймы размещены населенные пункты
1.2.	Излучина динамической оси (2,1)	
2. Широкопойменный тип русла с односторонней поймой (участокс. Моты – с. Введенщина, протяженность – 18 км)		
2.1	Разветвленно-извилистое русло (8,6)	Ширина долины до 5 км, ширина русла – 150–300 м, ширина поймы – до 3,2 км, высота – 4–6 м. Типы русловых разветвлений – одиночные простые и одиночные сложные. Развиты излучины сегментного типа (пологие и развитые). Излучины в основном вписанные. Шаг излучин – 1,3–2,4 км, коэффициент развитости излучин 1,12–1,63. На поверхности поймы размещены населенные пункты
2.2.	Прямолинейный неразветвленный отрезок (1,7)	
2.3.	Прямолинейный разветвленный участок (5,6)	
2.4.	Разветвленно-слабоизвилистое русло (2,1)	
3. Широкопойменный тип русла с двусторонней поймой (участок с. Введенщина – п. Баклаши)		
3.1.	Разветвленно-извилистое русло (8,6)	Ширина долины – до 15 км, ширина русла – 170–270 м, ширина поймы – до 6 км. Типы разветвлений – одиночные простые, одиночные сложные. Излучины: сегментные (пологие, развитые, крутые), петлеобразная, адаптированные (вынужденные, касающие вершиной коренного берега). Шаг излучин – 1,1–2,1 км, коэффициент развитости излучин 2,4–3,6. Поверхность поймы нарушена карьерами, мелиоративными каналами. На поверхности поймы размещены населенные пункты
4. Широкопойменный тип русла с адаптированными (вынужденными) излучинами (участок п. Баклаши – с. Максимовщина, протяженность – 10,8 км)		
	Широкопойменный разветвленно-извилистый тип русла с адаптированными излучинами	Ширина долины – до 15 км, ширина русла – 170–270 м, ширина поймы – 0,9–1,1 км Типы русловых разветвлений – одиночные простые, одиночные сложные, односторонние. Излучины: сегментные (развитые, пологая), синусоидальные адаптированные (вынужденные, касающиеся вершиной коренного берега). Шаг излучин – 0,6–1,2 км, коэффициент развитости излучин 1,25–2,25. В шпорах излучин развита пойма сегментно-гривистого типа. Поверхность поймы нарушена карьерами, мелиоративными каналами, на отдельных участках возведены дамбы. На поверхности поймы размещены населенные пункты, промышленные объекты
5. Широкопойменный тип русла (с. Максимовщина – устье, протяженность – 20)		
5.1.	Пойменно-русловое разветвление Максимовщина – пос. Горького (15)	Ширина долины – до 15 км, ширина русла – 170–270 м, ширина поймы – до 2,5 км.. Типы разветвлений – пойменные, одиночные простые, одиночные сложные, односторонние. Излучины: сегментного, петлеобразного типов. Шаг излучин – 1,1–2,1 км, коэффициент развитости излучин 1,1–2,5. Пойма осложнена карьерами, мелиоративными каналами. В пределах г. Иркутска русло частично спрямлено, возведена дамба
5.2.	Разветвленно-извилистое русло (участок пос. Горького – устье) (5)	

В пределах западного участка произошло отмирание протоки, соединяющей правый и русло одиночного разветвления в левом рукаве, а также искривление русла правой протоки в нем же (в 1977 г. наблюдается одна сегментная пологая излучина, в 2017 г. – две: сегментная развитая и петлеобразная). В пределах центральной части рассматриваемой территории произошло отмирание пойменной протоки излучины правого рукава. Наиболее значительные переформирования произошли на восточном участке, где за счет отмирания поперечной протоки произошло оформление и спрямление части русла левого рукава.

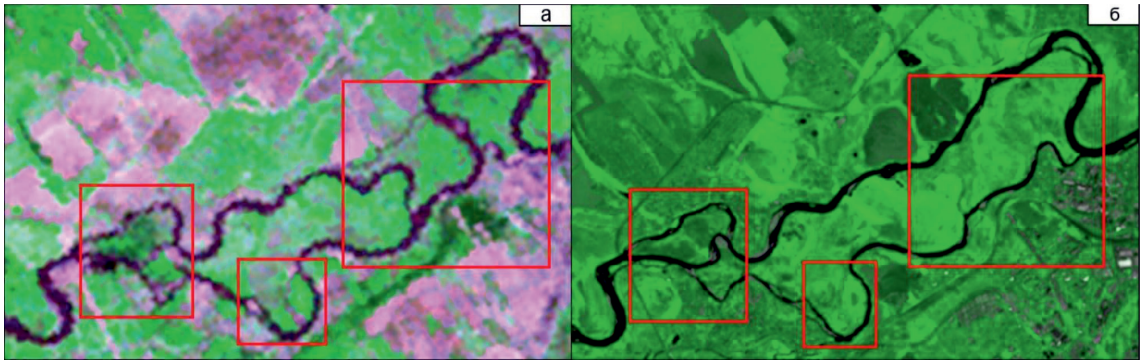

Рис. 2. Наиболее динамичные участки русла р. Иркут (в красных прямоугольниках) на участке с. Максимовщина – устье за период 1977–2017 гг. Условные обозначения: а) снимок 1977 г., б) снимок 2017 г.

Заключение

Анализ различных картографических и дистанционных данных, собственный фактический материал авторов позволил провести типизацию морфодинамических типов русла р. Иркут в пределах равнинно-платформенной части его течения и составить актуальную карту их распространения. Данный этап обработки геоизображений послужил основой для следующего шага: выделения наиболее мобильных (изменчивых) участков русла, для чего был использован метод сопоставления разновременных снимков.

Анализ разновременных снимков позволил выявить наиболее мобильные участки русла. В двух случаях это пойменные разветвления с излучинами и в левом и правом рукавах, соединенными второстепенными протоками. Еще один участок – излучина в правом рукаве, осложненная развитием и отмиранием второстепенных проток. Выявлены основные типы [4] горизонтальных деформаций русел: в пространстве – это формы проявления местного (переформирование излучин) и локального (изменения в пределах элементов излучин, отмирание поперечных проток при пойменных разветвлениях, увеличение и уменьшение площади островов, размыв и наращивание берегов) уровней.

Таким образом, такие динамичные участки являются наиболее перспективными для мониторинга за береговыми и русловыми деформациями, а также за изменениями и динамикой компонентов ландшафта. Данные исследования показали необходимость, и перспективность использования метода геоинформационного картографирования при изучении морфодинамики русел рек, выявлении ключевых участков для мониторинга береговых деформаций и динамики пойменно-русловых комплексов на подготовительном уровне.

Исследование выполнено в рамках тем Плана НИР Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (№ 0347-2016-0001 и № 0347-2016-0003), при частичной поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 17-45-388070-р-а.

Список литературы / References

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития / Ред. совет: В.В. Воробьев и др. М.: Иркутск: типография «Географ», 2004. 90 с.

The Atlas. Irkutsk region: ecological conditions of development / Ed. advice: V.V. Vorobiev et al. Moscow: Irkutsk: printing house «Geographer», 2004. 90 p. (in Russian).

2. Зонов Б.В., Шульгин М.Ф. Гидрология рек бассейна Братского водохранилища. М.: Наука, 1966. 168 с.

Zonov B.V., Shulgin M.F. Hydrology of the rivers of the Bratsk reservoir basin. Moscow: Nauka, 1966. 168 p. (in Russian).

3. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2: Морфодинамика речных русел. М.: Издательство КРАСАНД, 2011. 960 с.

Chalov R.S. Ruslovedenie: Theory, Geography, Practice. T. 2: Morphodynamics of river beds. M.: Publishing house KRASAND, 2011. 960 p. (in Russian).

4. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Изд-во ООО «Крона», 2009. 684 с.

Chernov A.V. Geography and geoecological state of the rivers and floodplains of the rivers of Northern Eurasia. M.: Krona, 2009. 684 p. (in Russian).

5. Little P.J., Richardson J.S., Alila Y. Channel and landscape dynamics in the alluvial forest mosaic of the Carmanah River valley, British Columbia, Canada. Geomorphology. 2013. Vol. 202. P. 86–100. DOI: 10.1016/j.geomorph.2013.04.006.

6. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM + [Электронный ресурс]. URL: http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html (дата обращения: 01.07.2018).

Interpretation of combinations of data channels Landsat TM / ETM + [Electronic resource]. URL: http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html (date of access: 01/07/2018) (in Russian).