УДК 556.536(282.256.21)

doi: 10.33933/2713-3001-2021-63-227-235

Методика описания речных излучин (на примере рек Ямала)

Д.И. Исаев¹, О.И. Иванова¹, А.И. Баскакова²

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, 79112541832@yandex.ru

² Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург

В настоящей статье предложены новая методика оценки параметров речных излучин и результаты использования методики при оценке руслового процесса рек полуострова Ямал. Необходимые параметры излучины предлагается получать на основе координат 5 опорных точек, выбираемых на средней линии излучины. По координатам этих точек можно рассчитать степень развитости излучины, оценить ее форму. Набор статистических характеристик меандр для участка реки позволит организовать мониторинг руслового процесса в условиях антропогенного или естественного изменения гидрологического режима. Выполнены поверочные расчеты по ряду рек Ямала.

Ключевые слова: русловой процесс, Ямал, меандры, параметры излучин.

Methodology for describing river bends (on the example of the Yamal rivers)

D.I. Isaev¹, O.I. Ivanova¹, A.I. Baskakova²

¹ Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

² State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia

The existing methods for calculating channel deformations in relation to significant stretches of rivers are based on very rough schematizations and assumptions that do not sufficiently take into account the morphological features of the object for which they are performed. This is the reason that modern methods for calculating channel deformations still do not fully meet the needs of practice. The successful solution of the problem of calculating and predicting channel deformations largely depends on the presence of clear ideas about how channel reformation occurs in nature, and not only in limited areas, but also in large areas, covering various interacting forms of channel formations and various types of river channels. This article presents a new technique for assessing the parameters of river bends and the results of using the technique in assessing the channel process of the rivers of the Yamal Peninsula. It is proposed to obtain the necessary parameters of a bend on the basis of the coordinates of 5 reference points selected on the center line of a meander. By the coordinates of these points, one can calculate the degree of development of the bend and evaluate its shape. A set of statistical characteristics of meanders for a river section will allow organizing monitoring of the channel process under conditions of anthropogenic or natural changes in the hydrological regime. Verification calculations have been performed for some of Yamal rivers.

Keywords: channel process, Yamal, meanders, meander parameters.

For citation: D.I. Isaev, O.I. Ivanova, A.I. Baskakova. Procedure for describing river meanders. *Gidrometeorologiya i Ekologiya*. Journal of Hydrometeorology and Ecology (Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University). 2021. 63: 227—235. [In Russian]. doi: 10.33933/2713-3001-2021-63-227-235

Введение

В типизации русловых процессов ГТИ [1, 2], закрепленной во всех нормативных документах, выделяются три типа меандрирования — свободное, незавершенное и ограниченное. Каждому типу характерна своя форма деформации излучин. Так, при свободном меандрировании плановые деформации связаны, прежде всего, с разворотом излучин относительно некоторых точек перегиба до момента прорыва, тогда как при ограниченном меандрировании излучины сползают вниз по течению, в целом сохраняя свою форму. При незавершенном меандрировании процесс разворота излучин прерывается образованием протоки. Следовательно, сама форма излучины позволяет судить о русловом процессе, идущем на участке реки.

Традиционно форму излучины принято характеризовать такими измерителями, как: шаг излучины, углы входа, выхода и разворота, степень развитости и пр. Наиболее часто [1—5] используют отношение длины излучины к ее шагу, которое характеризует степень развитости излучин. Р.С. Чалов [4] установил, что при $L/\lambda > 1,4$ развитие излучины прекращается.

Косвенно этот параметр учитывается в работах Н.Е. Кондратьева [6], который попытался связать его со скоростью деформации. Излучины по длине рек располагаются группами. Каждая группа излучин отделяется от смежной излучины прямыми вставками, длиной в 2—3 длины излучин. Количество излучин в группе обычно 3—5. В 66 % [2] случаев наиболее развитая излучина находится в начале группы. Количество групп и составляющих их излучин постоянны во времени (сохраняется 50—60 лет). В Государственном гидрологическом институте [7] была выполнена статистическая обработка морфометрических параметров излучин при свободном меандрировании. В Брянском Университете при описании типов излучин в соответствии с рис. 1 используют буквенные индексы.

Приведенные примеры показывают, что морфометрические параметры излучин активно используются в разработке теории русловых процессов. Однако, сочетание линейных, угловых и относительных параметров существенно затрудняет массовую обработку характеристик излучин для всей реки и группы рек региона.

Цель работы состоит в разработке методики описания речных излучин, позволяющей вскрывать закономерности их развития.

Материалы и методы

Нами предлагается следующая схема определения параметров излучин (рис. 1).

Излучина описывается пятиугольником с основными точками: 1 и 5 — точки перегиба излучины, точки 2 и 4 характеризуют ширину излучины B , а точка 3 максимально удалена от точек перегиба. Таким образом, расстояние 1—5 точно соответствует шагу излучины λ , сумма длин 1—2, 2—3, 3—4, 4—5 близка к длине излучины L , а площадь пятиугольника пропорциональна площади излучины S . Отношение L/λ характеризует степень развитости излучины, а B/λ — относительную полноту. Соотношением длин сторон 1—3 и 3—5 можно характеризовать скошенность излучины относительно середины шага (рис. 2).

Рис. 1. Схема определения параметров излучин:

1 и 5 — точки перегиба излучины; 2 и 4 характеризуют ширину излучины;
3 — максимально удалена от точек перегиба.

Fig. 1. Scheme for determining the parameters of the meander:

1 and 5 — bend points of inflection; 2 and 4 characterize the width of the bend;
3 — as far as possible from the bend points.

Рис. 2. Основные измерители излучин (пояснения обозначений сделаны по тексту статьи).

Fig. 2. Basic metres of the meander (explanations of designations are made in the text of the article).

Для получения указанных характеристик достаточно иметь плоские географические координаты точек 1—5.

Нами была выполнена оценка точности аппроксимации длины излучины (м) пятиугольником. Для излучин со степенью развитости от 1,31 до 3,06 была определена длина излучин по осевой линии русла и суммарная длина линий по точкам 1—2—3—4—5. Относительная погрешность результатов измерений по предлагаемой методике составила 2,5—5,7 %.

Анализ параметров излучин на реках Ямала

Работа по установлению основных характеристик излучин была выполнена для 10 рек Ямала: Харасавей, Мордыяхи, Надойяхи, Юндыяхи, Тивтейяхи, Пухуцяхи, Пыякосеяхи, Пясядыяхи, Хардьяхи и Яхадьяхи.

Выбор объектов исследования связан с интенсивным освоением газовых и нефтяных месторождений на территории Ямала, что требует высокого качества гидрологического обеспечения. Однако Ямал до настоящего времени остается крайне слабоизученной территорией, на которой даже нет постоянной гидрологической сети. По нему очень мало картографической информации за прошлые годы, а открытые спутниковые фотосъемки и аэрофотосъемки производились только с 80-х годов прошлого века. Полученные по ним снимки имеют разрешение, недостаточное для точного установления закономерностей морфометрического строения рек.

На рис. 3, в качестве примера, приведен участок со средним течением р. Тивтейяхи.

Рис. 3. Меандры р. Тивтейяхи (на полуострове Ямал) в среднем течении.

Fig. 3. Meanders r. Tivteyakha (on the Yamal Peninsula) in the middle course.

Рис. 5. Типы излучин [3]:

а) сегментные; б) петлеобразные; в) синусоидальные; г) прорванные; д) заваленные.

Fig. 5. Types of meanders [3]:

а) segment; б) loop-shaped; в) sinisoidalny; г) broken through; д) inclined.

Рис. 6. Гистограмма распределения полноты излучин рек полуострова Ямал.

Fig. 6. The histogram of the meander completeness distribution of rivers of the Yamal Peninsula.

Рис. 7. Гистограмма распределения вытянутости излучин рек полуострова Ямал.

Fig. 7. Meander elongation distribution histogram of rivers of the Yamal Peninsula.

от 0,6 до 1. Это значит, что большинство излучин имеет сегментную форму. Доля таких излучин от общего числа составляет 62 %.

Зависимость полноты излучин от их выраженности приведена на рис. 8. Данный график зависимости $B/\lambda = f(L/\lambda)$ наглядно показывает линейный характер зависимости полноты излучин от их развитости, которая характеризуется высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 0,85$.

Рис. 8. График зависимости полноты излучин от развитости рек полуострова Ямал.

Fig. 8. Graph of dependence of the completeness of meanders on the severity of rivers of the Yamal Peninsula.

Заключение

В настоящей работе приведены результаты обработки излучин рек полуострова Ямал предложенным выше методом. Данный метод показал хорошие результаты, он удобен при обработке спутниковых снимков, а также позволяет представлять речные излучины как числовые ряды, которые можно подвергать статистической обработке.

В работе по рядам чисел, полученных при обработке предлагаемым методом, были рассчитаны такие характеристики, как характеристики вытянутости, полноты и развитости. Оценка данных характеристик показала, что для рассматриваемых рек полуострова Ямал характерны сегментные и петлеобразные виды излучин.

Метод может быть рекомендован для оценки речных излучин.

Список литературы

1. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Сنيщенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 272 с.
2. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
3. Гладков Г.Л., Чалов Р.С., Беркович К.М. Гидроморфология русел судоходных рек. СПб.: Изд-во ГУМРФ им адм. С.О. Макарова, 2016. 432 с.
4. Маккавеев Н.И. Сток и русловые процессы. М.: Изд. МГУ, 1971. 116 с.
5. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд. МГУ, 1979. 264 с.
6. Кондратьев Н.Е. Русловые деформации в меандрирующих руслах // Труды ГГИ. 1954. Вып 44 (98). С. 5—13.
7. Попов И.В. Методологические основы гидроморфологической теории руслового процесса: Избранные труды. СПб.: Нестор-История, 2012. 304 с.

References

1. Kondratyev N.E., Popov I.V., Snishchenko B.F. *Osnovy hydromorfologicheskoy teorii ruslovykh processov*. Fundamentals of the hydromorphological theory of the channel process. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982: 272 p. [In Russian].
2. Chalov R.S., Zavadsky A.S., Panin A.V. *Rechnye izluchiny*. River bends. Moscow: Publishing house of Moscow University, 2004: 371 p. [In Russian].
3. Gladkov G.L., Chalov R.S., Berkovich K.M. *Gidromorfologiya rusel sudohodnykh rek*. Hydromorphology of the channels of navigable rivers. St. Petersburg: Publishing house of the GUMRF named after S.O. Makarova, 2016: 432 p. [In Russian].
4. Makkaveev N.I. *Stok i ruslovyye processy*. Runoff and channel processes. Moscow: Ed. Moscow State University, 1971: 116 p. [In Russian].
5. Makkaveev N.I., Chalov R.S. *Ruslovyye processy*. Channel processes. Moscow.: Ed. Moscow State University, 1979: 264 p. [In Russian].
6. Kondratyev N.Ye. Channel deformations in meandering channels. *Trudy GGI*. Proceedings of the State Institute of Geology. 1954, 44 (98): 5—13. [In Russian].
7. Popov I.V. *Metodologicheskie osnovy gidromorfologicheskoy teorii ruslovykh processov*: Methodological foundations of the hydromorphological theory of the channel process. St. Petersburg: Publishing house Nestor-History, 2012: 304 p. [In Russian].

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 07.12.2020

Принята к публикации после доработки 17.05.2021

Сведения об авторах

Исаев Дмитрий Игоревич, канд. геогр. наук, доцент, заведующий кафедрой водно-технических изысканий, РГГМУ, 79112541832@yandex.ru.

Иванова Оксана Игоревна, студент, РГГМУ.

Баскакова Анастасия Ивановна, аспирант, Государственный гидрологический институт.

Information about authors

Isaev Dmitry Igorevich, PhD (Geogr. Sci), Associate Professor, Head of the Department of Water Engineering Surveys, RSHU, 79112541832@yandex.ru.

Ivanova Oksana Igorevna, student, RSHU.

Baskakova Anastasia Ivanovna, postgraduate student, State Hydrological Institute.