УДК 504.064.2:502.2.08:551.4.044:528.854.2:519.876.5

ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ ВДОЛЬ РУСЛА МАЛОЙ РЕКИ ИРОВКА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Мазуркин П.М., Георгиева Я.О.

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru, yanageorgieva2017@yandex.ru

Спутниковые снимки р. Ировка позволили разработать методику проведения измерений координат русла (широта, долгота, высота) от истока до устья по характерным точкам, расположенным вдоль малой реки по её стрежню. Начальной точке в истоке реки дается нулевой ранг. По сути ранг заменяет расстояние по руслу реки. В среде (Карты высот, уклонов) северная широта и восточная долгота имеют погрешность измерения ±0,005 минуты, а высота над уровнем моря имеет погрешность ±0,5 м. Высота показывает средний рельеф берегов. Вдоль реки от истока до устья выбираются характерные точки. Ими становятся места с резко изменяющейся кривизной русла. Для измерений спутниковые снимки увеличивают, а затем передвигают на экране компьютера снимок от истока до устья. Затем курсором устанавливают точку в характерном месте русла по его стрежню. Из выскочившего окна выделяют три параметра и заносят в таблицу. Достоинством предлагаемой в статье технологии измерений координат точки вдоль русла малой реки по её стрежню является небольшая трудоемкость. В режиме «Топо» можно измерять координаты любой точки по границам водоразделов и внутри водосборного бассейна. Следующим достоинством также является наглядность объектов, находящихся слева или справа русла по берегам малой реки. Если еще учесть, что космические снимки приводятся в реальном режиме времени, то появляется практическая возможность изучения объектов и самой малой реки в динамике после многократных измерений.

Ключевые слова: малая река, космический снимок, русло, точки, координаты, измерения, методика

MEASUREMENT OF COORDINATES BY SATELLITE IMAGES ALONG THE CHANNEL OF THE SMALL RIVER IROVKA IN THE REPUBLIC OF MARI EL

Mazurkin P.M., Georgieva Ya.O.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola,
e-mail: kaf_po@mail.ru, yanageorgieva2017@yandex.ru

Satellite images of the Irovka River made it possible to develop a method for measuring the coordinates of the channel (latitude, longitude, altitude) from source to mouth at characteristic points located along the small river along its rod. The starting point at the source of the river is given a zero rank. In fact, the rank replaces the distance along the riverbed. In the environment (Maps of heights, slopes), the northern latitude and eastern longitude have a measurement error of ± 0.005 minutes, and the height above sea level has an error of ± 0.5 m. The height shows the average relief of the coast. Characteristic points are chosen along the river from source to mouth. They become places with sharply changing curvature of the channel. For measurements, satellite images are enlarged, and then the image is moved from the source to the mouth on the computer screen. Then the cursor sets the point in the characteristic place of the channel in its middle. Three parameters are selected from the pop-up window and entered into the table. The advantage of the technology proposed in the article for measuring the coordinates of a point along the bed of a small river along its rod is its small laboriousness. In the «Topo» mode, you can measure the coordinates of any point along the boundaries of the watershed and inside the catchment. Another advantage is the visibility of objects located on the left or right of the channel along the banks of a small river. If we take into account that satellite images are presented in real time, then there is a practical opportunity to study objects and the smallest river in dynamics after multiple measurements.

Keywords: small river, satellite image, channel, points, coordinates, measurements, technique

В 1969 г. были проведены первые эксперименты по геоморфологической интерпретации космических снимков. Идея об их использовании тогда была неожиданной. Применение космических снимков позволяет получать новую объективную качественную и количественную информацию, не обеспечиваемую другими методами, и, наконец, при современном ограниченном финансировании во многом сократить сроки работ [1].

По космическим снимкам возможно получать координаты (широта, долгота, высота от уровня Балтийского моря) любой точки на поверхности. По рекомендациям [2] при нажатии курсора на карту открывается информационное окно, показывающее координаты указанной точки. Нами предлагается на линии стрежня малой реки выбирать характерные точки от истока до устья и после проведения измерений составить таблицу исходных данных для последующего моделирования методом идентификации устойчивых закономерностей [3, 4].

В статье показана методика измерений. Цель – составить таблицу результатов измерений по трем координатам в характерных точках, определяемых по резкому из-

менению кривизны продольного профиля в плане, вдоль русла малой реки от истока до устья.

Умеренное овражное расчленение (0,02–0,05) характерно для междуречий рек Большой, Малой Кокшаги и Илети на территории Марий Эл. Средняя лесистость составляет 34 %, распаханность – 51 %, крутизна склонов – около 2,5 °, глубина местных базисов эрозии – 103 м. Отсутствие оврагов приурочено к более четверти всех бассейнов, как правило сильно залесенных и расположенных в подзоне южной тайги в Марийском Полесье [5].

По классификации методом Варда [6] малых водосборов по четырем морфометрическим характеристикам, определяющим энергию рельефа (средняя высота, вертикальная расчлененность, густота овражно-балочной сети и средний уклон) р. Ировка является элементарным водосбором. В дальнейшем предполагается устанавливать соотношение обрабатываемых (пашня), слабонарушенных (пастбища) и ненарушенных (лес, луг) земель для минимизации темпов смыва почв и сокращения доли наносов.

Продольный профиль реки в естественных условиях характеризуется, как правило, неравномерным распределением уклона. Его можно рассматривать в разных пространственно-временных масштабах: всей реки от истока до устья или конкретного участка реки, в пределах которого существуют некоторые особые условия для режима стока воды и наносов [7]. В статье рассматривается вся малая река Ировка от истока до устья, в стрежне русла которой выделено 290 характерных точек.

Материалы и методы исследования

Ировка – река в России, протекает в Республике Марий Эл, в Параньгинском, Куженерском и Моркинском районах (рис. 1) вдоль восточной стороны Вятского увала. По нашей классификации [4] река Волга получает нулевой ранг, а её приток река Илеть – ранг 1. Поэтому приток Илети река Ировка получает ранг 2, у неё имеются собственные притоки с рангами 3. На мелкомасштабных снимках возможно выделение на притоках Ировки еще более мелких притоков с рангами 4.

Сведения о реке (рис. 2), о притоках и свойствах были взяты из интернета. Правые притоки: Унжа, Кокшерка, Шойка, Изюмка, а левым притоком является речка Шеменер. В пойме малой реки Ировки находится семь озер.

Тогда получается, что по классификации [8] р. Ировка относится к четковидным руслам.

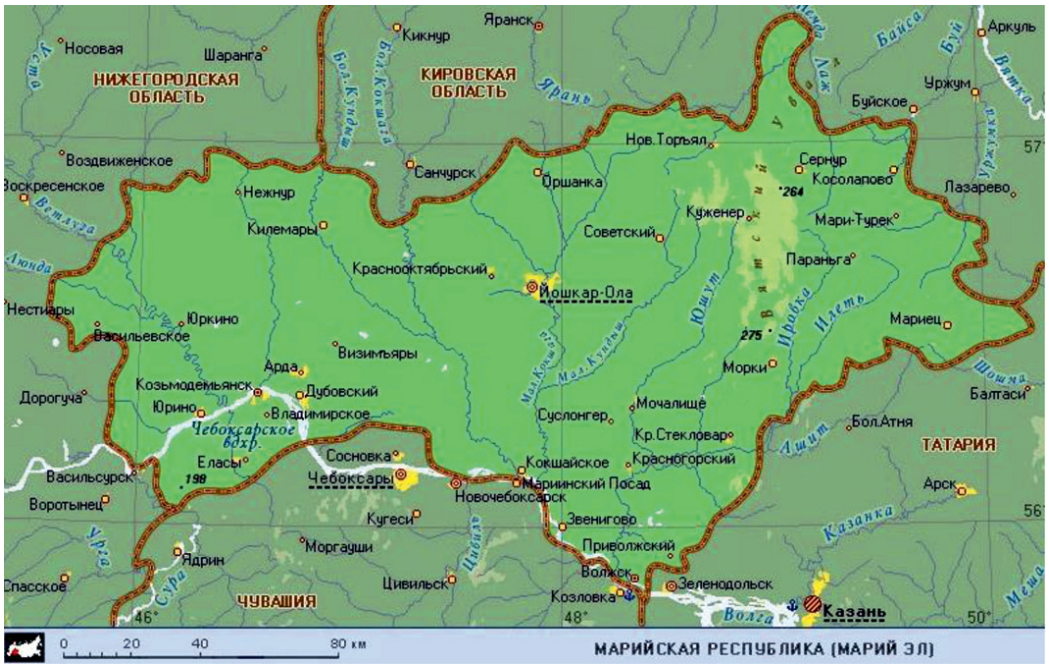


Рис. 1. Река Ировка
(Слайд 5. https://infourok.ru/prezentaciya-prilozhenie-k-nod-moya-malaya-rodina-1383082.html)

Рис. 2. Река Ировка [2]: С-Ю

Четковидные русла малых рек характеризуются сопряженным чередованием озеровидных расширений и соединяющих их узких проток. Весьма распространенным типом русел малых рек являются четковидные извилистые русла, анализ морфологии которых может внести некоторую ясность в развитие представлений о механизмах формирования. Извилистая форма четковидных русел характерна для малых рек [8].

По р. Ировка и Илеть проходит сплавной маршрут № 124 длиной 197 км до Волги.

Исток реки находится у деревни Данилово в 9 км к северо-западу от села Параньга. Река течёт на юг, протекает мимо деревень Ирмучаш, Яндимирово, Ирнур, Портянур, Шойдум, Нижняя, Семисола, Алмаметьево, Канал, Юрдур, Мари-Кужеры. Река Ировка протекает в двух километрах восточнее крупного посёлка Морки. Впадает в р. Илеть ниже деревни Мари-Кужеры в 10 км к юго-востоку от села Морки.

В 1950–1960 гг. река Ировка была полноводной и весной сильно разливалась. Во время весеннего разлива по ней ходил катер. Работал лесосплав, и по ней сплавляли бревна. Ныне в засушливые годы она местами превращается в ручей, около истока имеет пересыхающие участки. Ировка очень живописная река. У нее песчаные косы, омуты и затоны с кувшинками, бобровые запруды, обрывы, поросшие корабельными соснами.

Ранг = 0
N56°44.75' E49°20.09'
Высота: 148 м

Ранг = 1
N56°44.73' E49°20.20'
Высота: 141 м

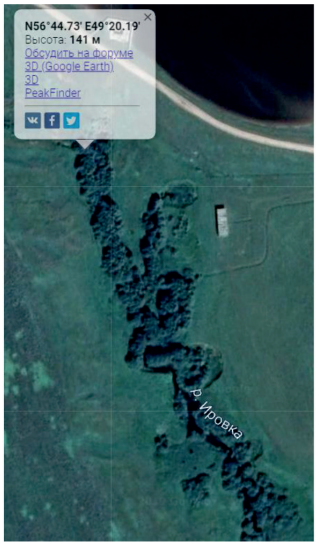


Рис. 3. Исток и вторая точка малой реки Ировка

Рис. 4. Характерные точки на излучине малой реки Ировка

Вначале на космическом снимке (рис. 3) выделяется исток.

Начальной точке даем ранг 0. По сути ранг заменяет расстояние вдоль русла реки. Северная широта и восточная долгота имеют погрешность измерений ±0,005 минуты, а высота над уровнем моря ±0,5 м. При этом высота на снимке показывает средний рельеф у обоих берегов.

Вдоль реки от истока до устья выбираются характерные точки (рис. 4). Как правило, ими становятся места в горизонтальных изломах реки с резко изменяющейся кривизной русла в плане.

На рис. 4 показаны три характерные точки. Первая точка принята при повороте на 90° русла реки, а вторая точка расположена также на повороте 90^0 на восток.

На рис. 5 показаны три характерные точки прохождения русла реки Ировка по озеру. Первая точка принята до входа водотока в озеро. Вторая точка принята в месте впадения малой реки в озеро. Затем третьей точкой принята середина входа от озера в продолжение русла малой реки Ировка.

Из этого примера видно, что от истока до устья реки Ировка характерных точек извилистого русла намного больше 290. Поэтому учитывались только крупные изменения радиуса кривизны русла по стрежню. В итоге русло реки Ировка разделилось на 289 промежутков со средней длиной 69000 / 289 = 239 м.

На рис. 6 показаны две характерные точки около устья реки Ировка. Последней характерной точкой становится середина створа впадения Ировки в реку Илеть.

Как видно из всех рисунков, для измерений спутниковые снимки увеличивают, а затем передвигают снимок постепенно на экране компьютера от истока до устья. Затем курсором устанавливают точку в характерном месте русла по его стрежню. Из данных в окошке выделяют три параметра (широта, долгота и высота) и заносят в таблицу. Сверху фото показаны значения этих трех параметров точки.

В такой же последовательности проводят измерения в характерных точках водосборных бассейнов после нажатия слева вверху на космическом снимке на кнопку «Топо».

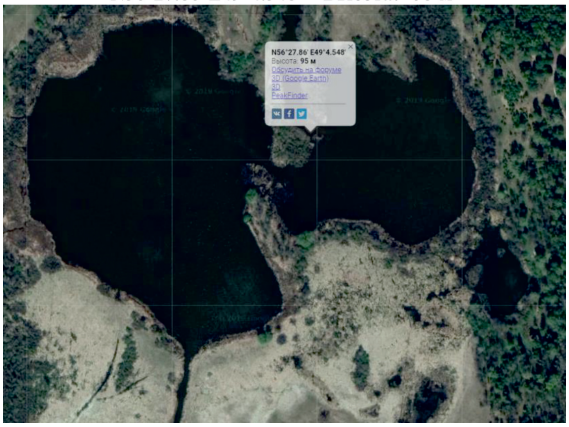
Результаты исследования и их обсуждение

Характерные точки выбираются визуально относительно быстро. При этом повышается наглядность снимка под углом 90^0: видна растительность и другие объекты, например строения и огороды по сторонам реки.

В сравнении с любыми электронными картами спутниковые снимки отличаются оперативностью и возможностью быстрого измерения координат любой принятой точки. При этом на снимках измерения проводятся с очень малой трудоемкостью, так как не требуется составлять электронные карты. Однако по сравнению с картой в ГИС Панорама 11 с горизонталями, при относительно высокой трудоемкости процесса измерений. На карте с горизонталями высоту рельефа русла можно измерять с погрешностью ±0,05 м, что на порядок выше по сравнению с космическим снимком.

N56°28.04' E49°4.587' **Высота:** 97 м

N56°27.86' E49°4.548' **Высота:** 95 м



N56°27.72' E49°4.412' **Высота:** 95 м

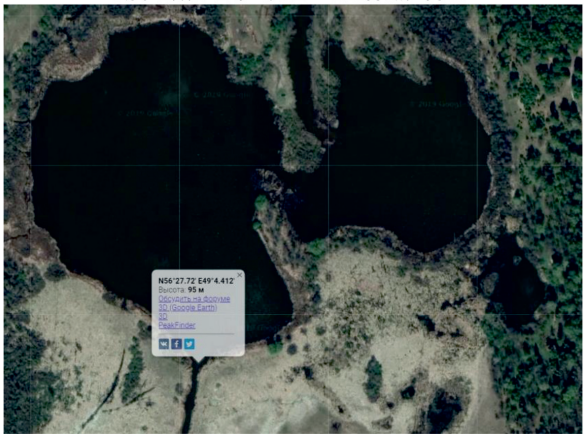


Рис. 5. Характерные точки русла реки внутри водоема

Ранг = 288 N56°20.88' E49°4.735' **Высота:** 91 м

Ранг = 289 N56°20.86' E49°4.717' **Высота:** 89 м

Рис. 6. Характерные точки в устье реки Ировка

Координаты характерных точек продольного профиля русла малой реки Ировка

№ п/п	Измеренные данные			Данные относительно реки Ировка		
	Северная широта	Восточная долгота	Высота над морем, м	Север-Юг α, минута	Долгота β, минута	Высота от устья *h*, м
1	N56°44.75'	E49°20.09'	148	0	17.39	59
2	N56°44.73'	E49°20.20'	141	0.02	17.50	52
3	N56°44.56'	E49°20.32'	137	0.19	17.62	48
4	N56°44.55'	E49°20.37'	137	0.20	17.67	48
…	…	…	…	…	…	…
287	N56°20.92'	E49°4.670'	93	23.83	1.97	4
288	N56°20.91'	E49°4.719'	93	23.84	2.019	4
289	N56°20.88'	E49°4.735'	91	23.87	2.035	2
290	N56°20.86'	E49°4.717'	89	23.89	2.017	0

В таблице даны результаты измерений по выпискам из всплывающего окна при нажатии курсором на выбранную точку. Затем русло реки Ировка принимается за географический объект с местными приведенными координатами. Поэтому по течению реки от истока до устья устанавливается ось абсцисс, начиная от нуля в точке истока. В этом случае местная широта образуется в направлении Север – Юг с началом в истоке реки Ировка. Из фактических широт вычитается вначале 56°, а затем 20.86 минут для последней точки в устье. После этого сменой отрицательного знака получается ось абсцисс α в пределах от 0 до 23.89 минут.

Местная восточная долгота образуется после вычитания 49°, а затем выбирается западная точка № 255 с новой долготой 2.772 минуты. Из всех значений для 290 точек вычитаем 2.7 и получаем начало местной восточной долготы 0.072 минуты. Тогда река Ировка находится в прямоугольнике 23.89 минут длиной и 18.89 минут шириной. Можно перевести минуты в метры. Однако для моделирования подходят данные и в минутах.

Данные таблицы затем подвергаются моделированию методом идентификации [3, 4] устойчивыми законами. Для трех параметров вначале выявляются ранговые распределения, а после этого проводится факторный анализ с учетом парных отношений.

Заключение

Применение спутниковых снимков позволяет оперативно изучать малые реки и составлять таблицы координат характерных точек русла для последующего статистического моделирования. В ближайшем будущем появится возможность построения 3D вида для пространственного анализа водосборного бассейна. Это позволит на космических снимках изучать эрозию почвы на склонах, на водоохранной зоне и водозащитной полосе по четырем берегам, а также выявлять разрушения берегов малой реки. На космических снимках будет возможным также изучать распределение классов почвенного покрова ООН в охранной зоне малой реки.

Достоинством предлагаемой технологии измерений координат характерной точки, определяемой по изменению кривизны русла в плане, вдоль русла малой реки по её стрежню, является малая трудоемкость. В режиме «Топо» можно измерять координаты любой точки по границам водоразделов и внутри водосборного бассейна. Достоинством является наглядность объектов, находящихся по берегам малой реки. Если еще учесть, что космические снимки приводятся в реальном режиме времени, то появляется практическая возможность изучения объектов и параметров самой малой реки в динамике после многократных измерений.

Список литературы / References

1. Асоян Д.С. Первые шаги в аэрокосмическом зондировании Земли в Институте географии РАН // Геоморфология. 2019. № 1. С. 103–108. DOI: 10.31857/S0435-428120191103-108.

Asoyan D.S. The first steps in the earth aerospace remote sensing in the Institute of Geography RAS // Geomorphology. 2019. № 1. P. 103–108 (in Russian).

2. Карты высот, уклонов. [Электронный ресурс]. URL: http://votetovid.ru/#56.201192,48.95536,17z,51v30l (дата обращения: 02.11.2019).

Maps of heights, slopes. [Electronic resource]. URL: http://votetovid.ru/#56.201192,48.95536,17z,51v30l (date of access: 02.11.2019) (in Russian).

3. Мазуркин П.М., Зверев В.И., Толстухин А.И. Статистическая гидрология: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. 274 с.

Mazurkin P.M., Zverev V.I., Tolstukhin A.I. Statistical Hydrology: A Training Manual. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2002. 274 p. (in Russian).

4. Иванов А.А., Мазуркин П.М. Экологическая оценка водосборов малых рек (на примере Республики Марий Эл). Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 108 с.

Ivanov A.A., Mazurkin P.M. Ecological assessment of catchments of small rivers (on the example of the Republic of Mari El). Yoshkar-Ola: MarGTU, 2007. 108 p. (in Russian).

5. Ермолаев О.П., Рысин И.И., Голосов В.Н. Картографирование овражной эрозии на востоке русской равнины // Геоморфология. 2017. № 2. С. 38–51. DOI: 10.15356/0435-4281-2017-2-38-51.

Ermolaev O.P., Rysin I.I., Golosov V.N. Mapping assessment of gully erosion in the east of the russian plain // Geomorphology. 2017. № 2. P. 38–51 (in Russian).

6. Мальцев К.А., Шарифуллин А.Г. Морфологическая классификация малых водосборов в речных бассейнах освоенных равнин // Геоморфология. 2017. № 3. С. 76–87. DOI: 10.7868/S0435428117030075.

Maltsev K.A., Sharifullin A.G. Morphological typology of small catchments in river basins on cultivated plains // Geomorphology. 2017. № 3. P. 76-87 (in Russian).

7. Беркович К.М., Злотина Л.В., Турыкин Л.А. Особенности развития продольного профиля реки Оки в условиях антропогенных нарушений русла // Геоморфология. 2016. № 3. С. 3-11. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-3-11.

Berkovitch K.M., Zlotina L.V., Turykin L.A. The features of the Oka river longitudinal profile de-velopment under the anthropogenic disturbances of the river bed // Geomorphology. 2016. № 3. P. 3–11 (in Russian).

8. Тарбеева А.М. О происхождении четковидной формы русел малых рек криолито-зоны // Геоморфология. 2018. № 1. С. 88–95. DOI: 10.7868/S043542811801008X.

Tarbeeva A.M. On the Origin of Beaded River Channels Shape in the Permafrost Zone // Geomorphology. 2018. № 1. P. 88–95 (in Russian).