

1960. С.356–366. [Перепечатано в: Ковалев С.А. Избранные труды. Смоленск, 2003. С. 111–120].

2. Кудрявцева М.О. «Вы когда-нибудь попрошайничали? – Да, однажды...» // Уйти, чтобы остаться: Социолог в поле: сб. статей / Под ред. В. Воронкова и Е. Чикадзе. СПб., 2009. С. 46–64.
3. Нефедова Т.Г. Российские дачи в разном масштабе пространства и времени // Демоскоп Weekly. 2015. № 657-658. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2015/0657/tema01.php>
4. Воронков В.М. Размышления о полевом исследовании (вместо введения) // Уйти, чтобы остаться: Социолог в поле: сб. статей. СПб., 2009. С. 5–16.

---

© Харченко С.В.

### Гармоническое разложение цифровой модели рельефа<sup>12</sup>

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия,  
[har4enkkoff@rambler.ru](mailto:har4enkkoff@rambler.ru)

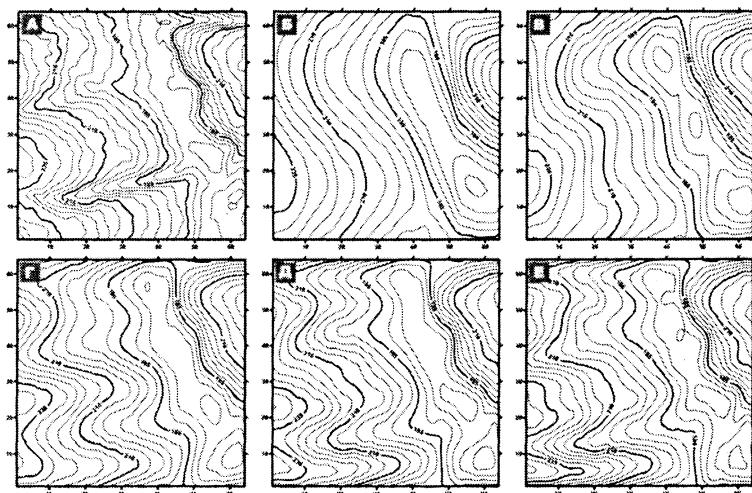
Частотный анализ форм земной поверхности в ряде случаев оказывается мощным инструментом выявления неявной регулярности в рельефе. Примеров разложения данных о топографическом устройстве какого-либо участка территории нашей планеты на гармонические функции – немного [1–4 и др.]. Большинство таких примеров акцентируются на анализе двумерных массивов данных, где одна из координат – значение высоты, другая – расстояние от начала профилей.

В настоящей работе дадим пример гармонического разложения «поля» рельефа, основываясь на данных SRTM 1" и методе быстрого преобразования Фурье. Используемый метод характеризуется рядом ограничений, основное из которых – подвергаемый разложению ряд должен иметь длину, равную степени «двойки» ( $2^a$ ). В данном случае ограничились анализом ЦМР (цифровой модели рельефа), содержащей по 64 строки и столбца. Разрешение модели приведено к значению ~49,5 м. Проводилось независимое разложение каждого столбца, затем – каждой строки. Разложение по строкам, в первую очередь, позволяет увидеть периодичность в изменении отметок высот при движении вдоль строк (по широте), разложение по столбцам лучше описывает периодичность поверхности при движении вдоль меридиана. В результате для всех этих рядов были получены параметры синусоид разной частоты, которые, будучи учтены все (по 32 синусоиды и постоянная составляющая), позволяют полностью восстановить исходную топографическую поверхность.

---

<sup>12</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-17-10008)

Для демонстрации выбран участок на территории г. Курска в форме квадрата со стороной ~3200 м. В центрально-восточной части контура с севера на юг протягивается долина р. Кур, в которую с обоих бортов под углами, близкими к прямым, открывается ряд крупных балок (рис. 1А). Относительная ортогональность в строении рельефа участка (а именно балочно-долинной сети) благоприятствует использованию гармонического анализа. Максимальная длина «волн», выявляемых в рельефе на матрице таких размеров (64\*64) этим методом – 3200 м, минимальная – 100 м. Т.е. даже при наличии в рельефе периодического «сигнала» с большими или меньшими длинами волн — быть выявлены они не могут.



*Рис. 1. Исходный рельеф (А) и его аппроксимация все более полными наборами гармонических функций (Б – Е)*

Та степень качества, с которой первыми  $N$  гармониками будет описан реальный рельеф, зависит от выбора направления прохода (по строкам/столбцам) и направления ориентировки основных положительных или отрицательных форм рельефа. Если направление прохода перпендикулярно направлению простирания крупных форм рельефа – ЦМР восстанавливается с приемлемой точностью уже первыми функциями. Напомним, что всем набором гармоник ЦМР восстанавливается однозначно вне зависимости от направления прохода при разложении Фурье. Часто, однако, полный набор гармоник использовать затруднительно (при большой длине рядов) и, кроме того, бывает невозможно определить какое-то явно преобладающее направление простирания форм рельефа. В этом случае предлагается каждой ячейке восстановленной ЦМР присваивать среднее из

значений высот, вычисленных по первым N гармоникам при проходе по строкам и по столбцам.

В результате, с учетом каждой следующей функции (с все меньшей длиной волны) величины вертикальных ошибок-несогласий между исходной и восстановленной ЦМР уменьшаются. А темпы этого уменьшения напрямую зависят от того, насколько велик вклад в строение топографической поверхности колебаний низких частот (длинных волн). На рис. 2 показано, как с изменением числа N (кол-во учтенных первых гармоник) меняется распределение вертикальных ошибок восстановленных ЦМР, при разложении исходной модели по столбцам (1C – 6C), строкам (1R – 6R) и при взятии из разложений по столбцам/строкам средних высот (1M – 6M) в каждой точке.

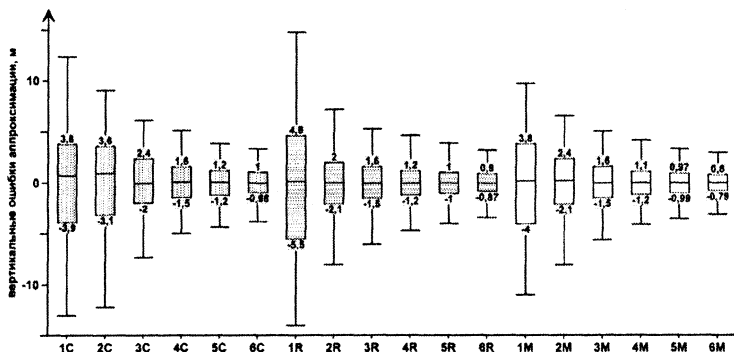


Рис.2. Распределения вертикальных ошибок (м) аппроксимации цифровой модели рельефа первыми N гармониками. Цифра показывает количество использованных первых гармоник, буква — тип исходных данных (разложение столбцов, строк ЦМР или среднее для них)

Обращают на себя внимание два принципиальных аспекта: 1) наименьшие величины ошибок, в основном (!), характерны при взятии средних высот из результатов двух разложений. Следовательно, средние отметки высот можно принимать как наиболее надежно описывающие реальную поверхность. 2) резкое уменьшение величин ошибок происходит при добавлении 3 по счету гармоники при разложении по столбцам и 2 гармоники при разложении по строкам. Т.е. на выбранном для демонстрации участке основное влияние на строение поверхности оказывают субмеридиональные колебания с длиной волны чуть менее 1100 м, и субширотные колебания с длиной волны около 1600 м. Во втором случае — это деление территории на две неравные части долиной р. Кур, в первом — балочное расчленение участка.

## Литература

1. Бусалаев И.В. Применение обобщенного гармонического анализа для характеристики рельефа земной поверхности водосборов // Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства. Вып. 2. Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1964. С. 191–202.
2. Ласточкин А.Н., Одесский И.А. Гармонический анализ гипсометрических профилей с целью выявления волнообразных деформаций // Геоморфология. 1970. №2. С. 78–88.
3. Pike R.J., Rozema W.J. Spectral analysis of landforms // Annals of the Association of American Geographers. 1975. Vol.65 (December), N.4. Pp. 499–516.
4. Rayner J.N. The application of harmonic and spectral analysis to study of terrain // Spatial Analysis in Geomorphology / R.J.Chorley. London: Methuen&Co Ltd., 1972. Pp. 283-302.

---

© Шаймерденова А.М.

### Гидрологический режим устьевой области реки Урал

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва,  
Россия, altynay\_sh@mail.ru

Гидрологический режим водных объектов показывает закономерное изменение их состояния во времени и пространстве, под действием различных факторов. Состояние водных объектов устьевой области р. Урал требует детального анализа и оценки, так как она играет исключительно важную роль в воспроизводстве ценных видов рыб как кормовая база и как место гнездования для многочисленных видов птиц. Кроме того, устьевая область реки Урал широко используется в рекреационных целях, для водоснабжения населенных пунктов и орошаемого земледелия.

Целью данной работы является анализ изменений гидрологического режима реки Урал в пределах его устьевой области.

Урал является трансграничной рекой, протекающей по территории России и Казахстана. Урал является рекой с неравномерным стоком, со значительными внутригодовыми и многолетними колебаниями. Среднегодовое количество стока реки в устьевой области составляет 7,2 км<sup>3</sup>. Основное его формирование происходит на территории России. Климатические условия, характерные для сухих степей и полупустынь РК – это малое количество осадков в жаркий летний и суровый зимний периоды. Большая часть стока, около 65-75%, проходит в короткий весенний период. После строительства водохранилищ на территории России (крупнейшее из них – Ириклинское, с полной емкостью 2,16 км<sup>3</sup>), сток стал более зарегулированным. Изменение водности реки Урал во многом зависит от климатических флуктуаций, и уменьшение стока реки в последние годы является результатом уменьшения осадков. На климатический фактор также