

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРОЕНИЯ РУСЛА РЕКИ СЕВЕРНЫЙ КЕБИР В САР

*Алсадек Елиас Садек, Аспирант кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [eliasalsadek@gmail.com](mailto:eliasalsadek@gmail.com)*

*Научный руководитель: Гурьев Алим Петрович, д.т.н., профессор кафедры инженерных конструкций ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [alim\\_guryev@mail.ru](mailto:alim_guryev@mail.ru)*

*Научный руководитель: Ханов Нартмир Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [khanov@rgau-msha.ru](mailto:khanov@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** Сложность процессов, происходящих при движении воды по речной долине, вызвало появление многочисленных теорий, позволяющих определить параметры устойчивых сечений русла и дать прогноз направленности этих процессов. Однако, количество факторов, влияющих на эти процессы, настолько велико, что пока нет возможности связать воедино их влияние на процессы, происходящие в речном русле.

**Ключевые слова:** русла, поймы, деформация, бровки, парабола.

В статье ставилась задача выявить некоторые закономерности строения русла, полезные для анализа и прогноза возможного развития руслоформирующих процессов. Анализ существующих, сформировавшихся устойчивых профилей поперечных сечений близок к параболическому очертанию, которое принято за расчетное и которое послужило основой для вывода расчетных зависимостей пропускной способности естественных водотоков [1].

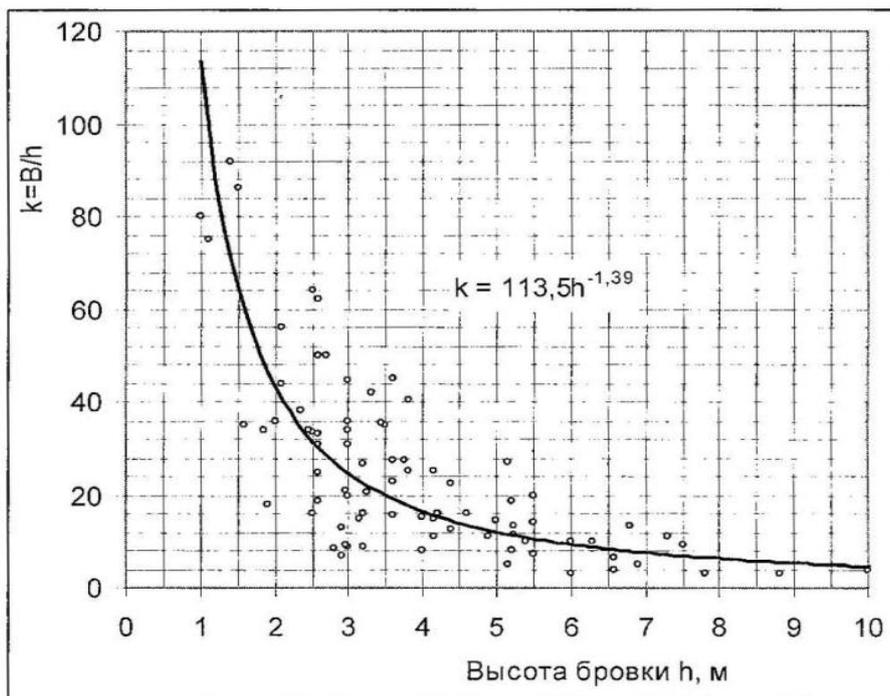
Степень устойчивости русла, находящегося в стадии выработки относительно устойчивых форм, Ржаницыным Н.А. рекомендовано определять по отношению ширины  $b$  по урезу русла к его глубине  $h$ . Здесь отношение  $k=b/h$  представляет собой показатель разработанности поперечного сечения [2].

$$k = \frac{B}{h} \quad (1)$$

На рисунке представлено изменение показателя разработанности поперечного сечения для 110 поперечников теодолитной съемки по фарватеру русла реки Северный Кебир от гидроузла до устья.

На графике изменения параметра «к» по длине реки прослеживается определенная закономерность изменения этого параметра. Эта закономерность заключается в последовательной чередующейся смене участков русла с узким ( $k < 10-15$ ) и распластанным ( $k > 25-30$ ) профилем сечения. Это связано с наличием и чередованием плесов и перекатов, которое характерно для рек с

развитым процессом руслообразования, дно которого сложено несвязным материалом в виде гряд. Этот вывод подтверждает и продольный профиль реки Северный Кебир, на котором прослеживается чередование плесов и перекатов.



**Рис. Зависимость показателя разработанности поперечного сечения  $k$  от высоты бровки**

Количественные характеристики диапазона изменения параметра сечения русла « $k$ », который расположен в пределах от 4 до 50-60, косвенно свидетельствует о физико-механических свойствах ложа русла.

Как известно [3], узкий устойчивый профиль имеют русла, сложенные из связного материала, типа тяжелых глин и суглинков (скальное основание в данном случае не рассматривается).

Уменьшение сил сцепления грунта приводит к уполаживанию профиля сечения, что характерно для менее связных грунтов типа средних и легких суглинков, крупно обломочного основания. Эти русла характеризуются параметром  $k = 15-25$ . Более распланные профили имеют русла в легких суглинках и песках, в которых параметр « $k$ » достигает величин порядка 40-50. Здесь следует отметить, что приведенные выше соображения относятся к руслам со значительной глубиной, поскольку при малых наполнениях сформировавшегося русла его нижняя часть относительно более пологая.

Поскольку для анализа возможных деформаций профиля реки имеют решающее значение большие расходы, обеспеченностью  $P=10\%$  и менее, которые начинают формировать форму и размеры русла (руслоформирующие расходы), то при дальнейшем анализе учитывался диапазон изменения параметра сечения русла при расходах  $Q=753 \text{ м}^3/\text{с}$  для обеспеченности  $P=10\%$ ,  $Q=1020 \text{ м}^3/\text{с}$  с обеспеченностью  $P=5\%$  и  $Q=1800 \text{ м}^3/\text{с}$  с обеспеченностью  $P=1\%$ . Для выявления возможности аппроксимации поперечных сечений русла реки

Северный Кебир параболической кривой, имеющей уравнение

$$B = 2bh^m \quad (2)$$

было проанализировано 18 сечений с большими глубинами в пределах бровок.

#### **Определение показателя разработанности поперечного сечения**

Определение параметров параболы "b" и "m" выполнялось по следующей методике. Если прологарифмировать уравнение (2), то в логарифмических координатах получим уравнение прямой линии:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{B}{2}\right) &= \ln b \\ &= \ln h \end{aligned} \quad (3)$$

Если взять две точки на кривой замеренного поперечного сечения русла с не нулевыми координатами  $h_1, x_1$  и  $h_2, x_2$ , где  $x$  - расстояние от оси сечения до рассматриваемой точки, то получим выражения для определения коэффициентов "m" и "b":

$$m = \frac{\ln(x_1) - \ln(x_2)}{\ln(h_1) - \ln(h_2)} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{x_1}{h_1^m} \\ &= \frac{x_2}{h_2^m} \end{aligned} \quad (5)$$

Аппроксимация профиля устойчивого русла выполнялась параболой, проходящей через бровку в верхней точке профиля, дно сечения и через одну из характерных точек профиля таким образом, чтобы площадь поперечного сечения аппроксимированного сечения соответствовала площади поперечного сечения естественного русла.

Обработка материалов в XL резко упрощает процесс подбора оптимальных параметров коэффициентов, поскольку изменения одной из пар координат ( $h, x$ ) немедленно изменяет положение аппроксимирующей кривой, что даёт возможность с минимальной затратой времени получить максимальное приближение аппроксимирующей кривой к очертаниям поперечного сечения по данным топографической съёмки.

Поскольку река в плане сильно меандрирует, то повсеместно в пределах криволинейных участков развиты характерные формы русла: обрывистые берега у вогнутого берега и пологие пляжного типа у выпуклого. Поэтому, для анализа форм сечений на криволинейных участках принималась во внимание половина русла, примыкающая к крутому берегу, которая является определяющей при разработке русла потоком. Для прямолинейных участков использовалось полное сечение русла. Ширина "B" поперечного сечения принималась на максимальной отметке бровки.

Параметры проанализированных сечений охватывают диапазон изменения глубин от 2,5 до 7,3 м, а параметр сечения  $B/h$  от 6,05 до 49.

Такая упрощенная аппроксимация, как вписывание параболы по трём точкам, дает удовлетворительную сходимость принятой предпосылки, а подбор параметров параболы, например, по методу наименьших квадратов или принципу правдоподобия, не существенно изменил бы эти параметры, значительно усложнив при этом обработку данных.

Обобщение результатов обработки основных морфологических параметров поперечных сечений приведено в таблице.

Таблица

**Параметры поперечных сечений русла реки Северный Кебир**

| Расстояние от устья реки X, км | Отметка Дна, м | Параметры параболы |      | Средний диаметр Отложений Русла $d_{50}$ , мм |
|--------------------------------|----------------|--------------------|------|---|
|                                |                | b                  | m    |   |
| 0                              | -2.3           | -                  | -    | 64.9  |
| 1.48                           | -1.85          | 17.5               | 0.35 | 46.8  |
| 1.84                           | -2.3           | 14.6               | 0.71 | 43.5  |
| 3.35                           | -2.2           | 5.9                | 0.73 | 33.7  |
| 3.34                           | -2.2           | 10                 | 0.65 | 33.7  |
| 4.53                           | -1             | 47.2               | 0.51 | 29.3  |
| 5.33                           | -0.3           | 45.3               | 0.52 | 27.5  |
| 7.13                           | 0.4            | 14.4               | 0.54 | 25.6  |
| 9.83                           | 3.4            | 35                 | 0.35 | 25.2  |
| 10.53                          | 4.3            | 13                 | 1.17 | 25.2  |
| 14.43                          | 8.9            | 45.1               | 0.51 | 23.9  |
| 19.78                          | 15.45          | 11.3               | 0.32 | 18.9  |
| 21.43                          | 18.7           | 27                 | 0.43 | 17.3  |
| 22.63                          | 21.3           | 19.1               | 0.27 | 16.1  |
| 24.53                          | 24             | 39.6               | 0.49 | 14.0  |
| 25.88                          | 28.3           | 44.2               | 0.55 | 3.0   |

#### Библиографический список

1. Павловский Н.Н. Гидравлический справочник ОНТИ. 1937.
2. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Госгидрометеиздат. Л. 1960.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. -М., Физматгиз, 1958.

УДК 502/504

#### **ВОЗДЕЙСТВИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОБИОРЕМЕДИАЦИИ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

*Чердакова Алина Сергеевна, доцент кафедры географии, экологии и природопользования ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», a.cherdakova@365.rsu.edu.ru*