

УДК 532.545

© 2018 г. **И.И. Потапов**, д-р физ.-мат. наук,
Д.И. Потапов
(Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск)

АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ УЧАСТКА Р. АМУР В ОКРЕСТНОСТИ ХАБАРОВСКА ЗА 2005-2007 ГГ.

На основе данных гидрографических промеров глубин реки Амур за 2005-2007 гг. построена цифровая модель донного и берегового рельефов р. Амур в районе Хабаровского водного узла. С помощью созданной модели проведен анализ руслового процесса для участка реки между островами Кабельный и Большой Уссурийский.

Ключевые слова: русловые процессы, береговая эрозия, цифровая модель местности, ретроспективный анализ, р. Амур.

DOI: 10.22250/isu.2018.58.150-156

Введение

В период с 2005 г. по 2007 г. ЗАО "Ленгипроречтранс" выполняло гидрологический мониторинг реки Амур, имеющий целью получение объективной информации об изменениях ее водноруслового режима под действием инженерных мероприятий в Хабаровском водном узле [1 – 3].

В результате проведения гидрологического мониторинга были получены натурные характеристики уровней воды, уклонов водной поверхности, распределения расходов по рукавам русла, а также данные по глубинам.

На основе полученных данных в работе построена цифровая модель местности для Хабаровского водного узла и выполнен анализ русловых процессов за период наблюдения.

1. Цифровая модель местности

Цифровая модель местности определялась данными гидрологического мониторинга, данными о физико-механических и гранулометрических характеристиках донного материала и данными о гидрологическом режиме оцифровывае-

мого участка реки.

Для построения цифровой модели применялся метод триангуляционного покрытия с определением уровней дна русла в вершинах триангуляционной сетки с последующим ее сгущением.

Физико-механические характеристики, хранимые для каждого узла триангуляционной сетки для выбранного участка реки, определялись следующими параметрами: углом внутреннего трения, средним диаметром частиц, пористостью и плотностью донного материала, а также экспериментально определенной шероховатостью дна по Маннингу [2]. Гидрологические данные, включающие в себя средние скорости и расход потока, также полученных из работ [1 – 3].

Одной из основных особенностей построенной цифровой модели является возможность анализа изменений донного рельефа за прошедшие периоды. Пример оцифрованного фрагмента Хабаровского водного узла в окрестностях острова Большой Уссурийский (на 2006 г.) приведен на рис. 1. Изолиниями показана глубина потока.

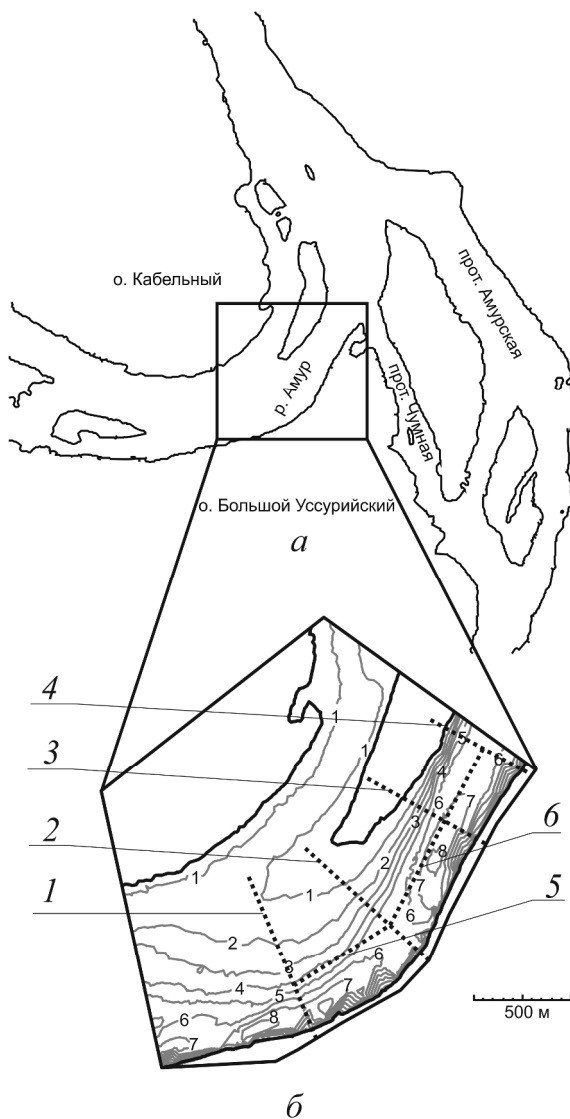


Рис. 1. Положение створов.

В качестве демонстрации использования построенной цифровой модели местности далее проводится анализ русловых процессов участка р. Амур между островами Большой Уссурийский и Кабельный (рис. 1б).

Данные по значениям руслоформирующего расхода Q , средней скорости потока U и максимальной скорости потока U_{max} , реализующихся в основном русле р. Амур (рис. 1б) в период весенне-летнего паводка по годам, согласно работам по гидрологическому мониторингу [1 – 3] сведены в таблицу.

Год	Q , м ³ /с	U , м/с	U_{max} , м/с	T , сут.
2005	5300	0.88	1.23	63
2006	6900	0.9	1.3	61
2007	6530	0.9	1.27	65

Для анализа русловых деформаций на рассматриваемом участке реки (рис. 1б) были определены четыре поперечных (1 – 4) и два продольных (5, 6) створа. Створ №1 соответствует широкому входному участку русла, створы №2 и №3 – центральная часть рассматриваемого участка. Створ №4 – узкий выходной участок в районе слияния р. Амур и протоки Чумной. Створы №1-4 использовались для анализа донных и береговых деформаций русла реки. Створы №5 и №6 определены для анализа транзитного движения донных макроформ.

2. Анализ русловых процессов

Из анализа русловых процессов рассматриваемого участка на основе данных, полученных из цифровой модели, можно сделать следующий вывод. На рассматриваемом участке реки происходят значительные изменения донного и берегового рельефа русла.

Необходимо отметить, что характер русловых деформаций существенно зависит от участка русла.

Так, в створе №1 отступление берега в районе уреза воды составило порядка 10 м за год. В створе №2 имеет место наибольшая в рассматриваемом участке береговая эрозия – до 20 м за год. В створе №3 береговая эрозия уменьшается до 7-8 м за год. Береговая эрозия правобережной части русла №4 проявляется слабо. Эволюция левого берега русла наблюдается только в створах №3 и №4, что, принимая во внимание характер развития правого берега створов, предположительно может быть объяснено отжимом течения и влиянием впадающей в реку протоки Чумной.

Перейдем к более детальному рассмотрению русловых процессов в створах реки. На рис. 2 представлен продольный срез русла (створы №5 и №6), примерно совпадающий с фарватером реки, где по ось x – местная координата по сечениям

№5 и №6, здесь и далее ось y – уровень донной поверхности относительно отметки 88.55 м по Балтийской системе высот. Вертикальной пунктирной линией обозначена точка излома продольного сечения №5 на створе №2. Донные деформации на горизонтальной отметке 300м, между створами №1 и №2, за два года в связи с перераспределением расхода составили порядка полуметра. В 2007 г. наблюдается занесение образовавшегося в 2005, 2006 гг. понижения русла на отметке 800-1200 м в районе створа №3 и продолжает усиливаться тенденция аккумуляции донного материала на выходе из области.

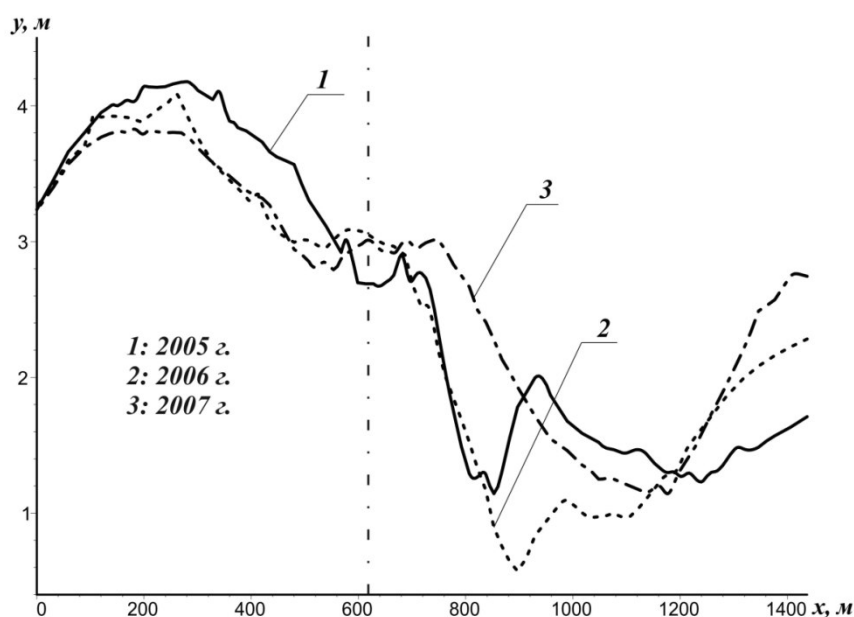


Рис. 2. Продольный срез по сечениям №5 и №6.

На рис. 3 представлен створ №1. Здесь и далее ось x – местная горизонтальная координата по створу в направлении от правого берега к левому. В створе №1 скорость отступления берега в точке А (примерное положение берегового уреза) составляет: 0.167 м/сут. и 0.189 м/сут. соответственно за руслоформирующие периоды 2005-2006 и 2006-2007 гг. Береговая эрозия выражена слабо, и в основном в зоне берегового уреза, из-за установившегося характера течения речного потока. Однако имеет место активный размыв глубоководной части русла, согласно выводам отчетов [2, 3] связанный с перераспределением расхода потока после строительства в 2005 г. переливных запруд в протоках Пемзенская и Бешеная, приведшего к возрастанию расхода, реализующегося через основное русло реки Амур до 2-9%. Данные за 2006 и 2007 гг. варьируют слабо.

В створе №2, представленном на рис. 4, скорость отступления берега в точке А составляет 0.349 м/сут. и 0.394 м/сут., в точке В – 0.985 м/сут. и 0.314 м/сут. соответственно за руслоформирующие периоды 2005-2006 и 2006-2007 гг. Уровень дна в глубоководной осевой части створа варьирует слабо. Происходит наиболее активное отступление берега острова Большой Уссурийский, что объясня-

ется наибольшей кривизной русла и максимальными придонными касательными напряжениями, возникающими в районе рассматриваемого створа.

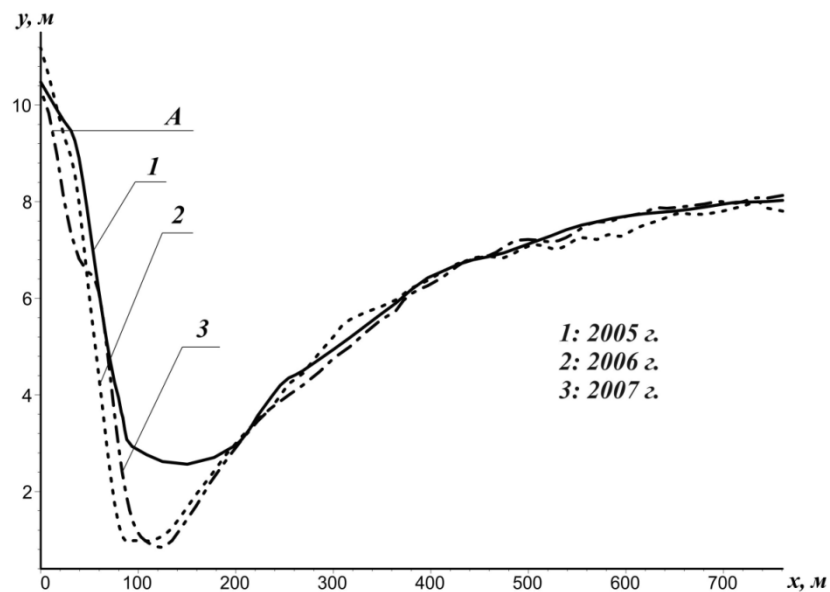


Рис. 3. Створ №1.

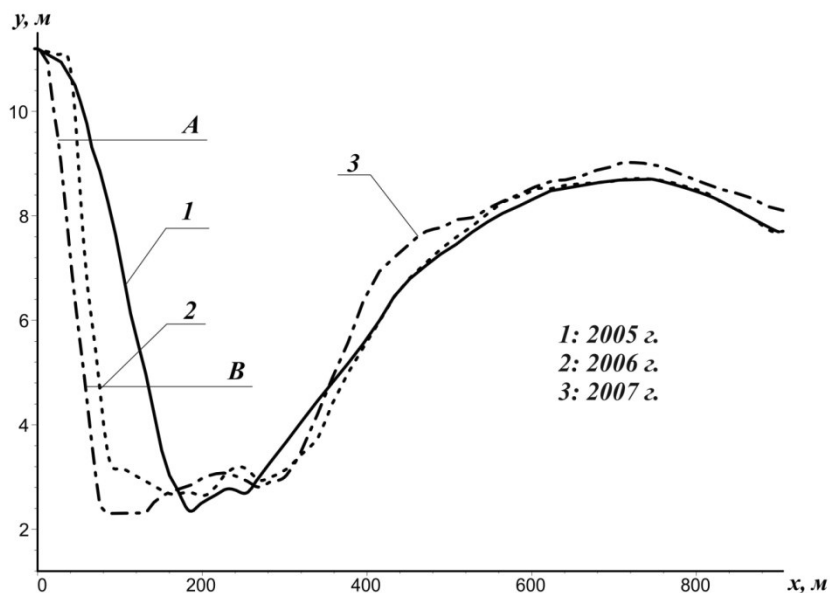


Рис. 4. Створ №2.

В створе №3 (рис. 5) наблюдается активная эрозия правого берега острова Большой Уссурийский. Скорость отступления берега в районе уреза (точка А) составляет, с учетом длительности паводкового руслоформирующего периода, в который происходят наиболее активные эрозионные процессы, 0.133 м/сут за руслоформирующий период 2005-2006 гг. и 0.124 м/сут. за руслоформирующий период 2006-2007 гг. Скорость отступления берега в точке В составляет 0.235 м/сут. и 0.635 м/сут. соответственно. Также имеет место активная эрозия дна русла в данном створе. Профиль левого берега в створе №3 меняется слабо.

Створ №4, представленный на рис. 6, относится к узкому выходному участку рассматриваемой области, до впадения протоки Чумной в реку Амур. Ввиду

установившегося характера течения потока в данном сечении эрозия правого берегового склона происходит слабее по сравнению с криволинейным средним участком и широким входным. Однако наблюдается подъем уровня дна в среднем на 0.5 м/год в районе фарватера, что может объясняться движением по участку донной волны (рис. 2).

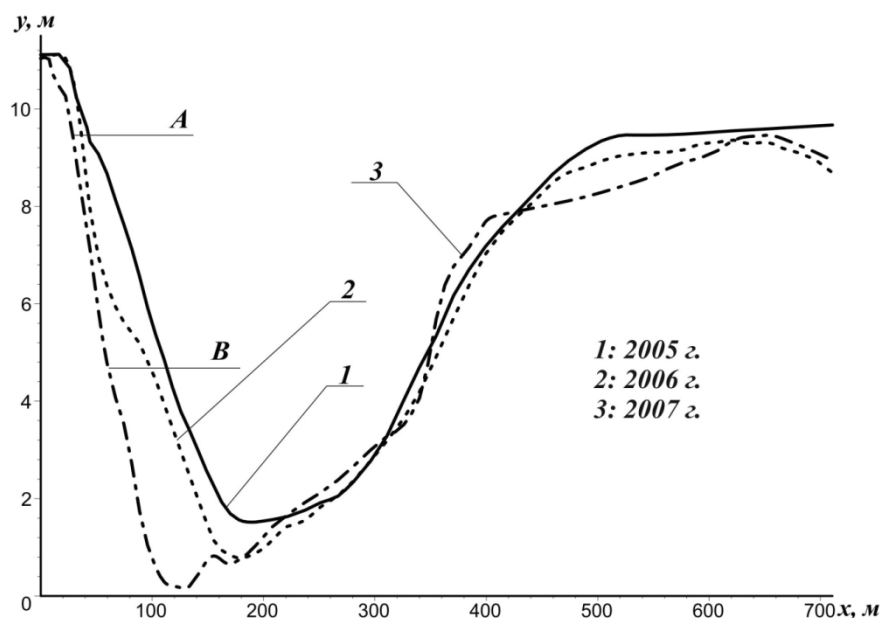


Рис. 5. Створ №3.

Вместе с подъемом уровня дна также наблюдается расширение русла за счет эрозии косы, представляющей левый береговой склон сечения, что может быть объяснено отжимом течения к левому берегу в месте впадения Чумной протоки в Амур и ростом расхода, реализующегося через основное русло реки Амур на рассматриваемом участке.

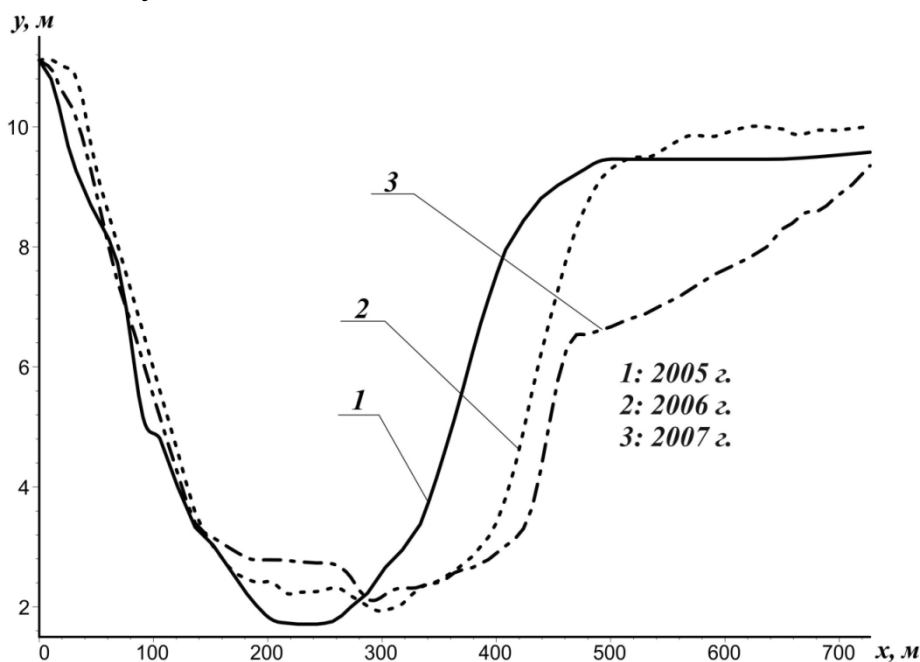


Рис. 6. Створ №4.

Заключение

Построена цифровая модель донного и берегового рельефов р. Амур в районе Хабаровского водного узла; оцифрованный участок реки содержит информацию об изменениях рельефа ее русла.

С помощью построенной модели выполнен анализ русловых деформаций для участка р. Амур между островами Кабельный и Большой Уссурийский. Анализ русловых изменений показывает, что их динамика предоставляет возможность использования построенной цифровой модели для верификации различных русловых моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о научно-исследовательской работе. Государственный мониторинг р. Амур в районе строительства объектов инженерной защиты левого берега в Хабаровске. – СПб.: ЗАО "Ленгипроречтранс", 2005.
2. Отчет о научно-исследовательской работе. Государственный мониторинг р. Амур в районе строительства объектов инженерной защиты в Хабаровске. – СПб.: ЗАО "Ленгипроречтранс", 2006.
3. Отчет о научно-исследовательской работе. Государственный мониторинг р. Амур в районе строительства объектов инженерной защиты в Хабаровске. – СПб.: ЗАО "Ленгипроречтранс", 2007.

Статья представлена к публикации членом редколлегии С.И. Смагиным.

E-mail:

Потапов Игорь Иванович – potapov2i@gmail.com;

Потапов Дмитрий Иванович – shineon91@mail.ru.