

Расчёты основных гидрологических характеристик рек при возможных наводнениях с прогнозом зон потенциального затопления в условиях отсутствия данных гидрометрических наблюдений

**Орлянкин В.Н. Бубер И.А.
Научный Геоинформационный центр (НГИЦ РАН)**



Наводнение в Амурской области в 2013 г.

Проблемы долгосрочных прогнозов наводнений:

- ✧ Полное отсутствие наблюдательных пунктов Гидрометслужбы на большинстве рек Сибири, Дальнего Востока и Севера и в сухих долинах с временным водотоком в пустынных и полупустынных районах;
- ✧ Функционирование на многих реках только одиночных пунктов с коротким рядом наблюдений (в несколько лет);
- ✧ Аномально широкие поймы (особенно – покрытые лесом), на которых технически крайне сложно определить скорости течения и расхода воды
- ✧ Согласно СП 33-101-2003, при отсутствии данных гидрометрических наблюдений расчёты максимальных расходов и уровней воды возможны для рек с водосборами не более 20 000 км² в европейской части России и до 50 000 км² – в азиатской части, и невозможны для транзитных (бесприточных) участков рек с любым водосбором.

Цель проекта:

**Получение информации о возможных масштабах наводнений
в гидрологически слабо- и неизученных районах
для принятия превентивных мер снижения материального и
социального ущерба от аномально высоких паводков и половодий.**

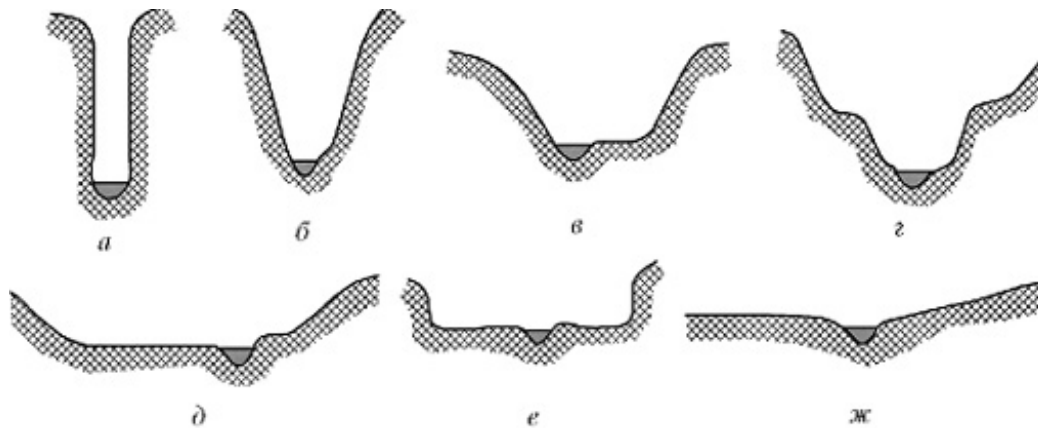


Наводнение в Комсомольске-на-Амуре

Задачи:

Разработать способы расчётов паводковых наивысших уровней и максимальных расходов воды рек при отсутствии гидрометрических наблюдений без ограничений:

- ❑ размеров водосборных бассейнов,
- ❑ характера речных долин,
- ❑ территориальной принадлежности,
- ❑ вероятности превышения (обеспеченности или повторяемости) уровней и расходов ($P\%$)



Типы речных долин:

- а — щель (каньон);**
- б — теснина, ущелье;**
- в — U-образная долина;**
- г — корытообразная долина;**
- д — трапецеидальная долина;**
- е — ящикообразная долина;**
- ж — неясно выраженная долина.**

- ## Исходные данные для расчёта гидрологических характеристик рек на основе материалов ДЗЗ и топографических карт

b , м – ширина русла реки в пойменных бровках на прямолинейных участках однорукавного русла (наиболее часто повторяемая);

$(B+b)$, м – сумма ширины поймы (B) и русла (b);

i – продольный уклон реки (доли единицы);

K – коэффициент меандрирования;

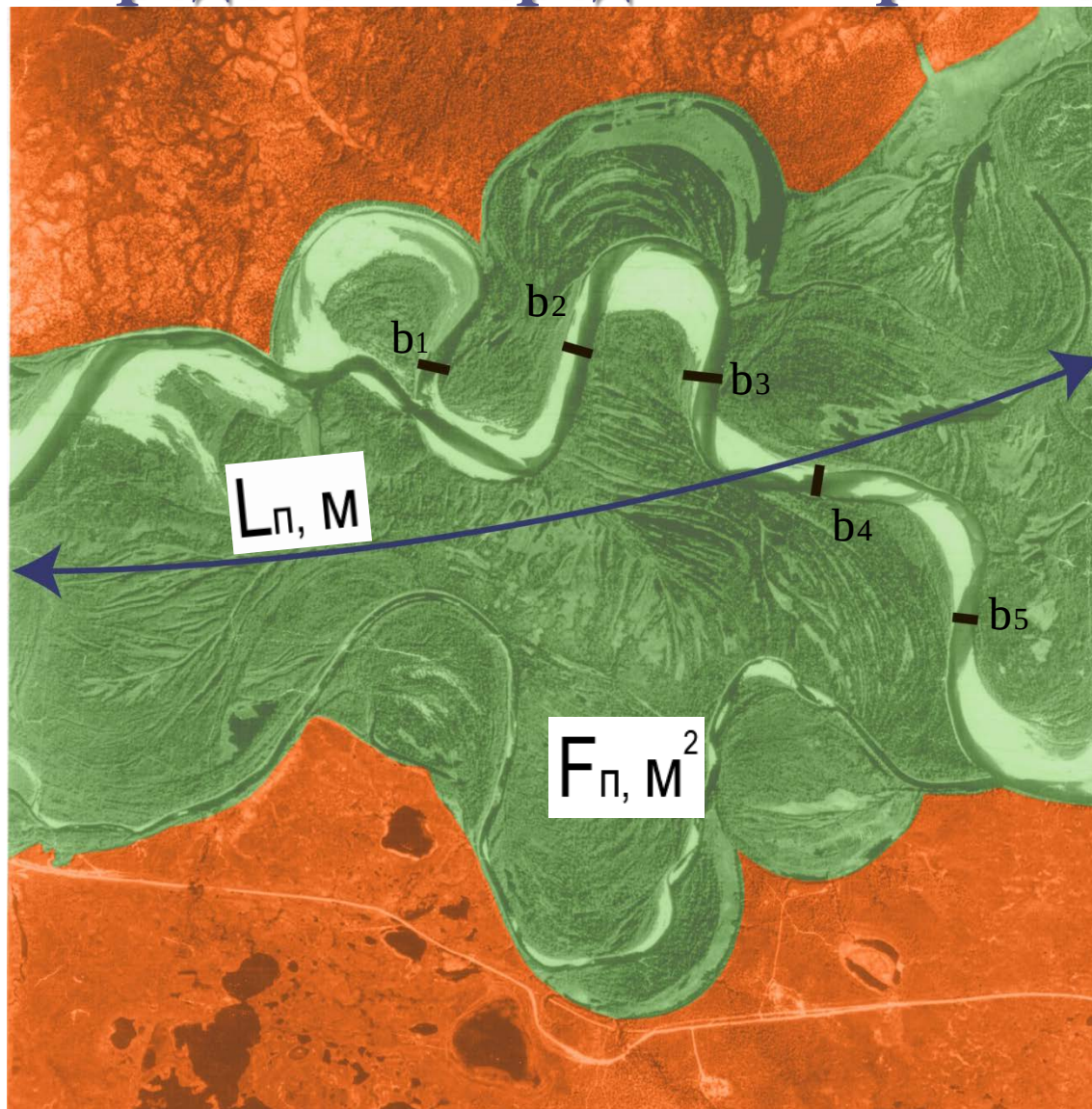
R , м – радиус кривизны руслового потока;

n_p – коэффициент шероховатости русла;

n_{Π} – коэффициент шероховатости поймы;

$\bar{n}$ – средневзвешенный общий коэффициент шероховатости русла и поймы .

Схема дешифрирования границ поймы и определения средних ширин поймы B и русла b



$$b_p = \frac{\sum_1^n b}{n}$$

$$B_M = \frac{F_{п}}{L_{п}}$$

Расчёт коэффициентов шероховатости

Русла равнинных и полугорных рек

На перекатах

$$n_p = 0,05 \cdot (b \cdot i)^{0,5} + 0,018;$$

На плёсах

$$n_{\Pi} = [0,05 \cdot (b \cdot i)^{0,5} + 0,018] \cdot \left(\frac{b}{R} + 1\right)$$

Русло горных рек

$$n_p = 0,05 \cdot (b \cdot i)^{0,5} + 0,036$$

Пойма равнинных рек без леса

$$n_{\Pi} = 0,025 \left(\frac{\alpha^{\circ}}{90} + 1 \right) (0,1 \cdot \lg b + 1)$$

**Покрытая лесом пойма – по материалам ДЗЗ и таблицам:
СП 33-101-2003, Срибного и др.**

Общий средневзвешенный коэффициент шероховатости русла и поймы

$$\bar{n} = \frac{n_p \cdot b + n_{\Pi} \cdot B}{b + B}$$

- **Максимальные расходы 1% повторяемости**

$Q_{1\%} = (b/k_0)^{1,5} \pm 15\%$ – для беспойменных рек,

$$k_0 \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \text{ – льдистые суглинки} \\ 0,9-1,1 \text{ – рыхлые породы} \\ 0,7-0,8 \text{ – связные породы} \\ 0,5-0,6 \text{ – полускальные породы} \\ 0,3-0,4 \text{ – скальные породы} \end{array} \right.$$

$Q_{1\%} = 250(\bar{n} \cdot b)^{1,5} \pm 10\%$ – степные реки с покрытой лесом поймой

$Q_{1\%} = 150(\bar{n} \cdot b)^{1,5} \pm 10\%$ – таёжные реки с луговой поймой

$Q_{1\%} = 100(\bar{n} \cdot b)^{1,5} \pm 10\%$ – тундровые реки с поймой

Наивысшие уровни воды ($h, м$) 1% повторяемости

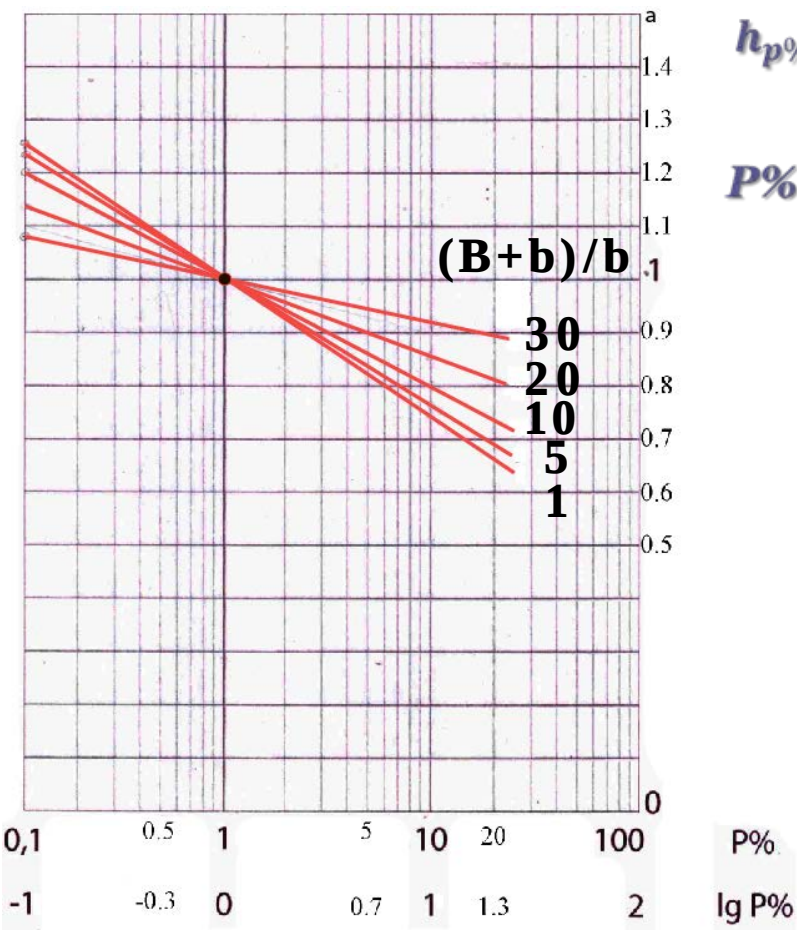
$$h_{1\%} = \frac{n_p^{0,6}}{k_0^{0,9}} \left(\frac{b}{i} \right)^{0,3} - \text{для беспойменных рек}$$

$$h_{1\%} = \frac{(\bar{n} \cdot b)^{0,6}}{[(B+b) \cdot i]^{0,3}} - \text{для пойменных рек}$$

$$\text{или} \quad h_{1\%} = \frac{(n_p \cdot b)^{0,6}}{[(B+b) \cdot i]^{0,3}} \cdot \left[1 + \frac{\left(\frac{B+b}{b} \right)^{0,3} - 1}{\left(1 + 0,5 \cdot K^{0,5} \cdot \frac{B}{b} \right)^{0,67}} \right]$$



Наивысшие уровни воды любой повторяемости ($h_{p\%}$)



$$h_{p\%} = h_{1\%} \cdot \left\{ 1 - \left[0.25 - 0.05 \cdot \left(\lg \frac{B+b}{b} \right)^3 \right] \cdot \lg P\% \right\}$$

$P\%$ - процент повторяемости уровня воды

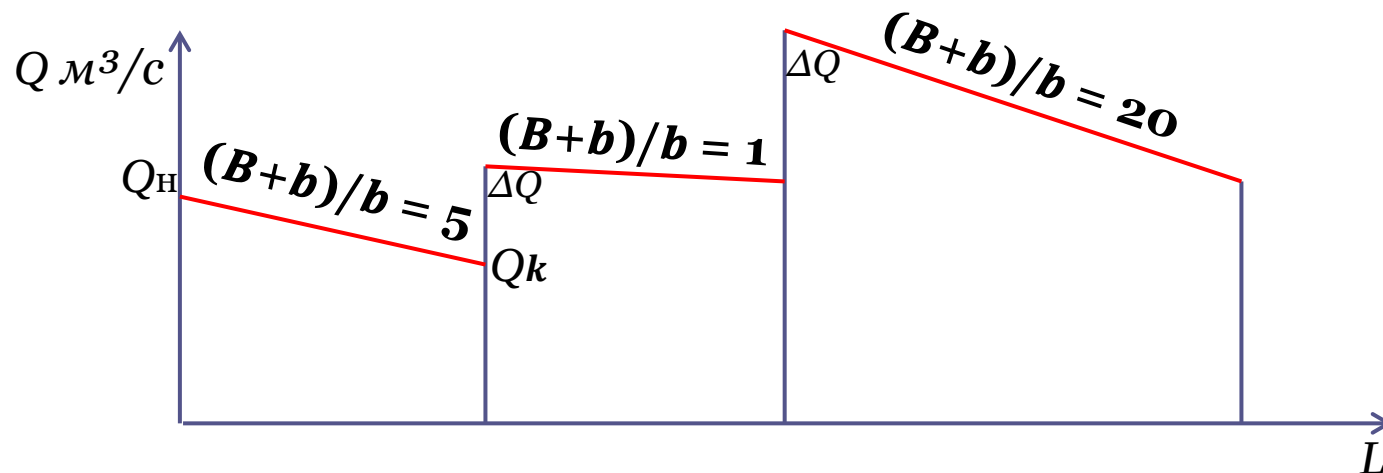


- Снижение расходов воды ($Q_{1\%}$, м³/с) на транзитных (бесприточных) участках рек**

$Q_k = Q_n(1 - 0,00003 \cdot L)$ – до выхода паводковых вод на пойму и на всех беспойменных реках

$Q_k = Q_n \left(1 - 0,00004 \cdot L \cdot \frac{B+b}{b}\right)$ – после выхода паводковых вод на пойму

где Q_n – расход воды в начале участка
 Q_k – в конце участка длиной L (км).

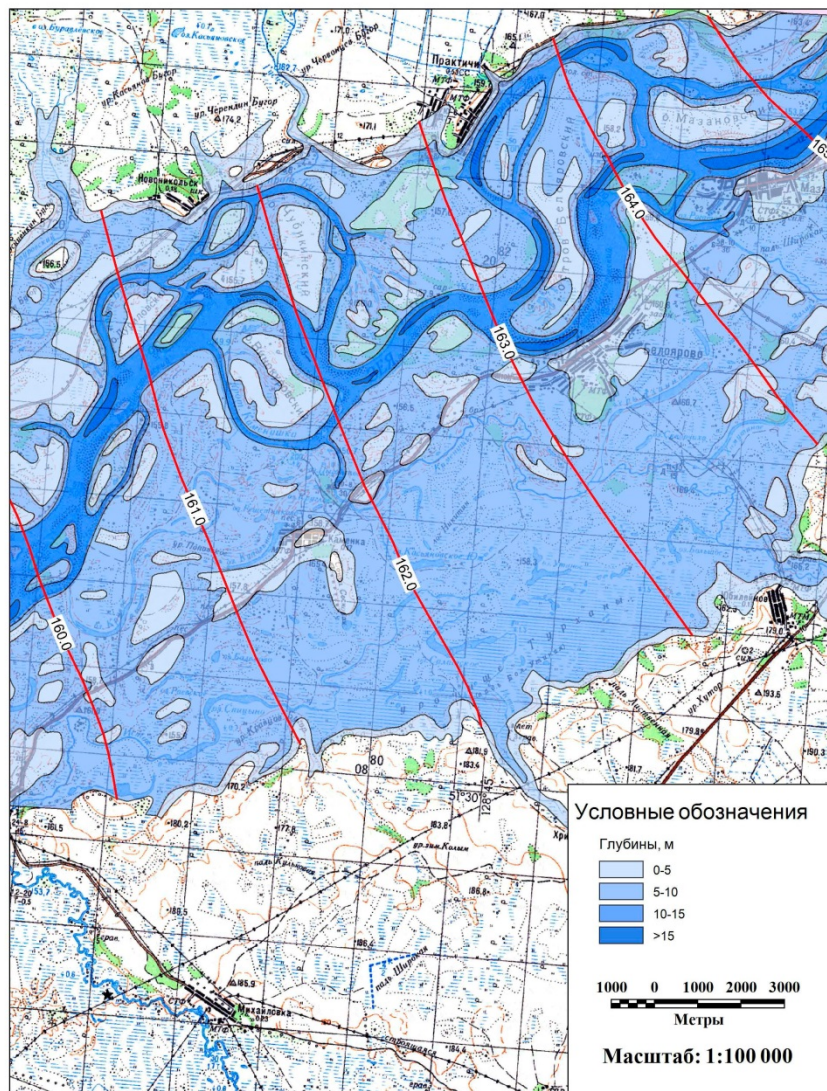


Выводы

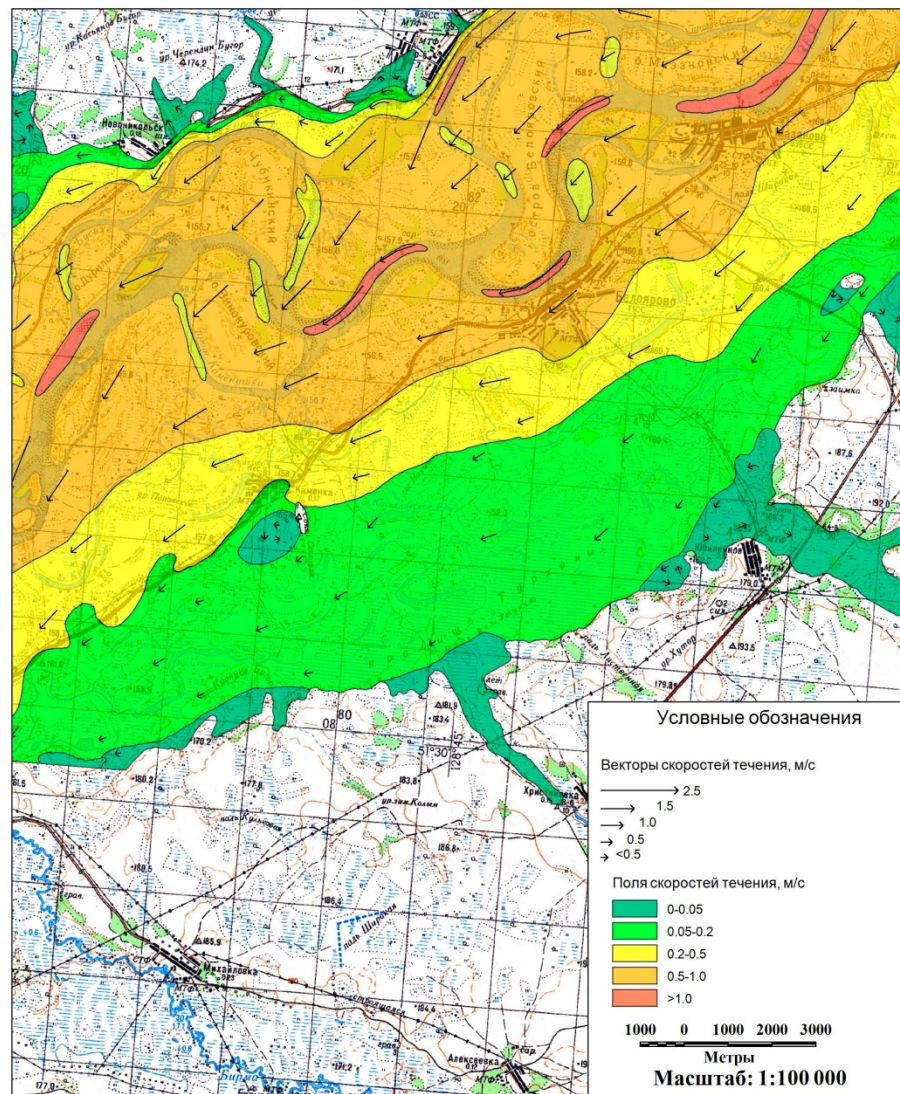
Разработанные способы расчёта наивысших уровней и глубин воды в реках при отсутствии гидрометрических наблюдений позволяют построить:

- ❑ Карты зон затопления и глубин при любой повторяемости (обеспеченности) паводка или половодья**
- ❑ Карты скоростного поля течений (с векторами течений)**
- ❑ Карты зональности гидродинамического воздействия и ледового напора (т/ кв. м)**
- ❑ Карты проектируемых гидротехнических сооружений, снижающих ущерб от наводнений.**

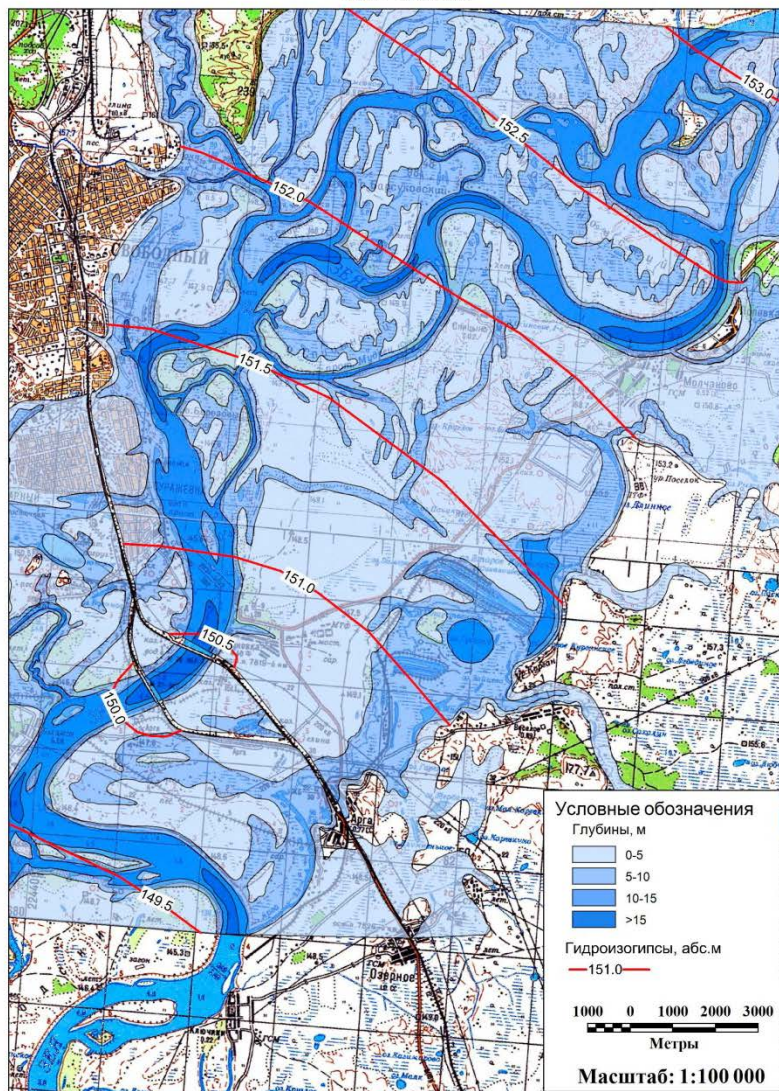
Карты зоны затопления и глубин воды
в пик паводка 1% обеспеченности
Долины реки Зей Мазановского участка
М 1: 100 000



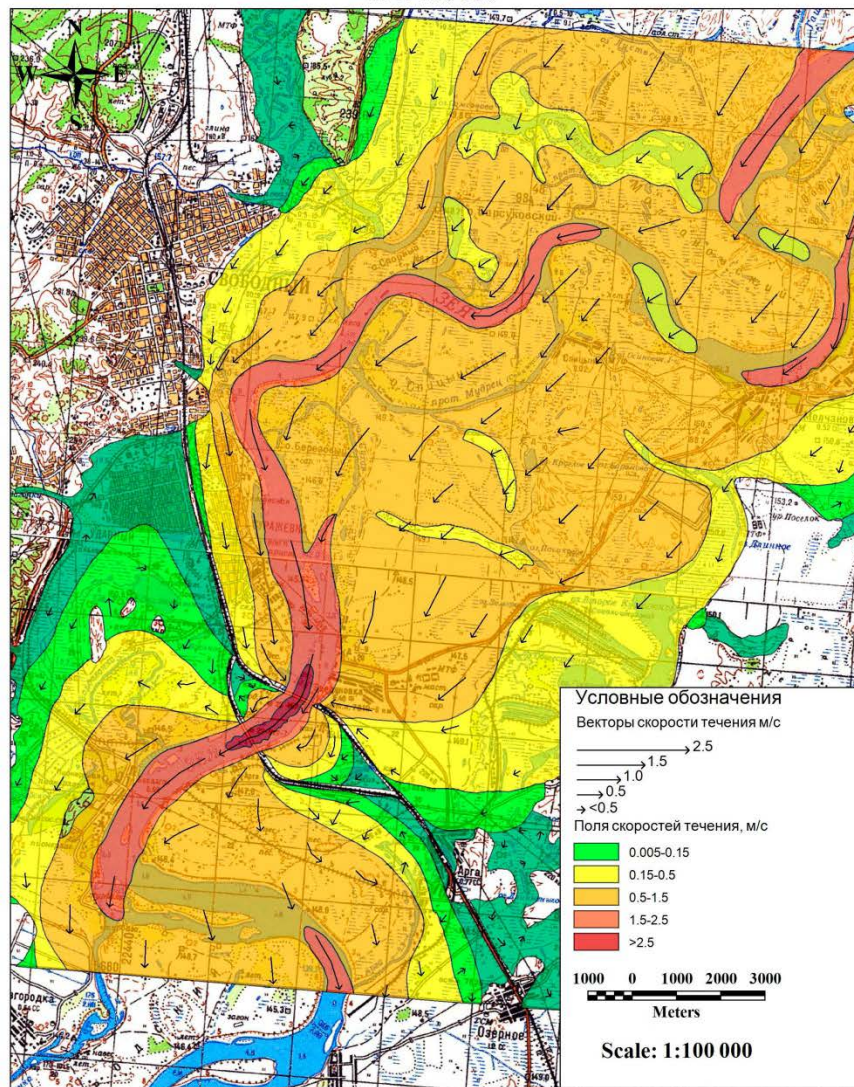
Карта поля скоростей водного потока
пик паводка 1% обеспеченности Мазановского участка долины реки Зей
М 1: 100 000



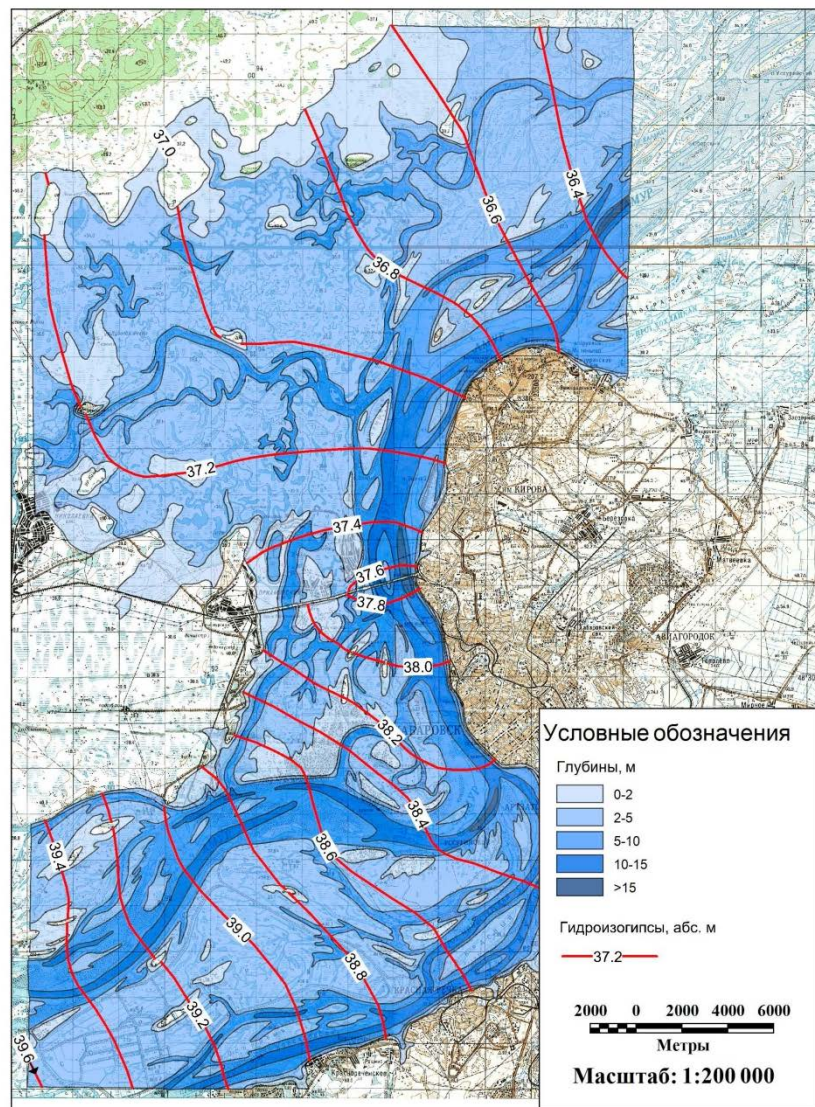
Карта глубин зоны затопления
в пик паводка 1% обеспеченности
Свободнинского участка в пойме реки Зейя
М 1: 100 000



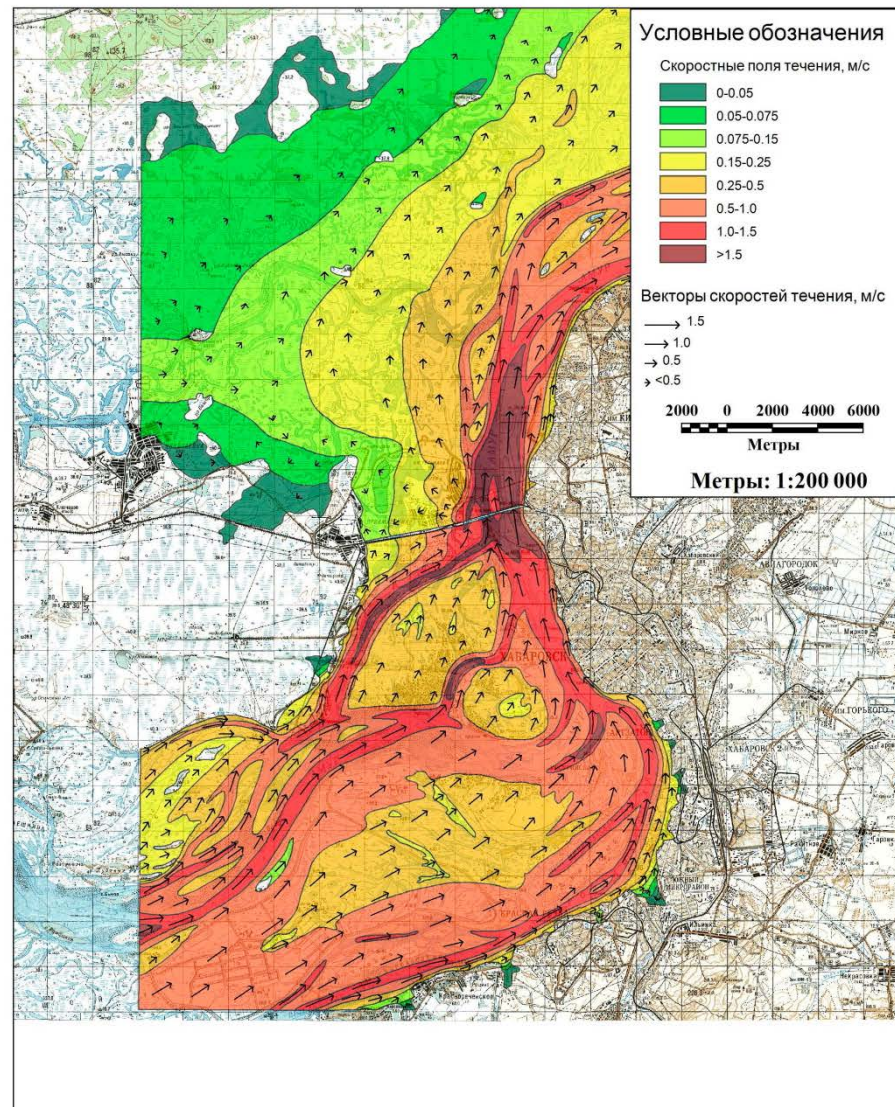
Карта скоростного поля водного потока
в пик паводка 1% обеспеченности
Свободненского участка долины реки Зейя
М 1: 100 000



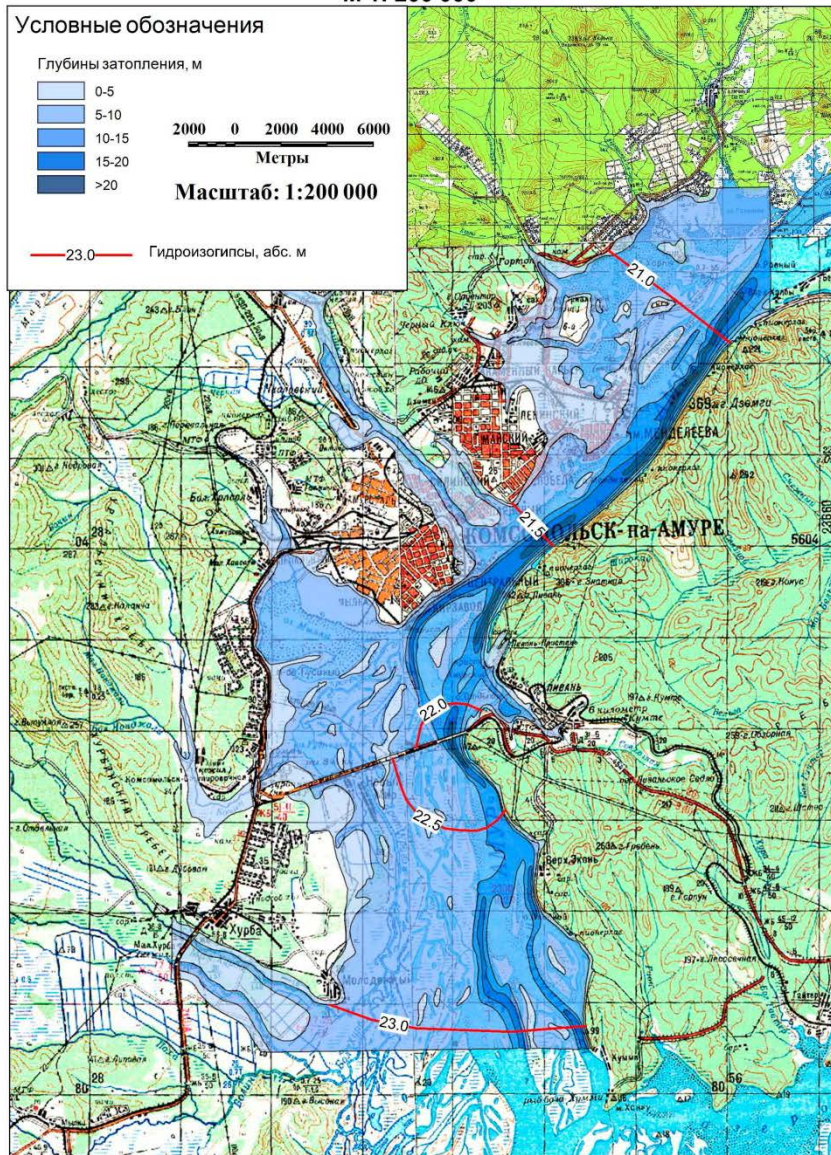
Карта зоны затопления и глубин воды
в пик паводка 1% обеспеченности Хабаровского участка долины реки Амур
1: 200 000



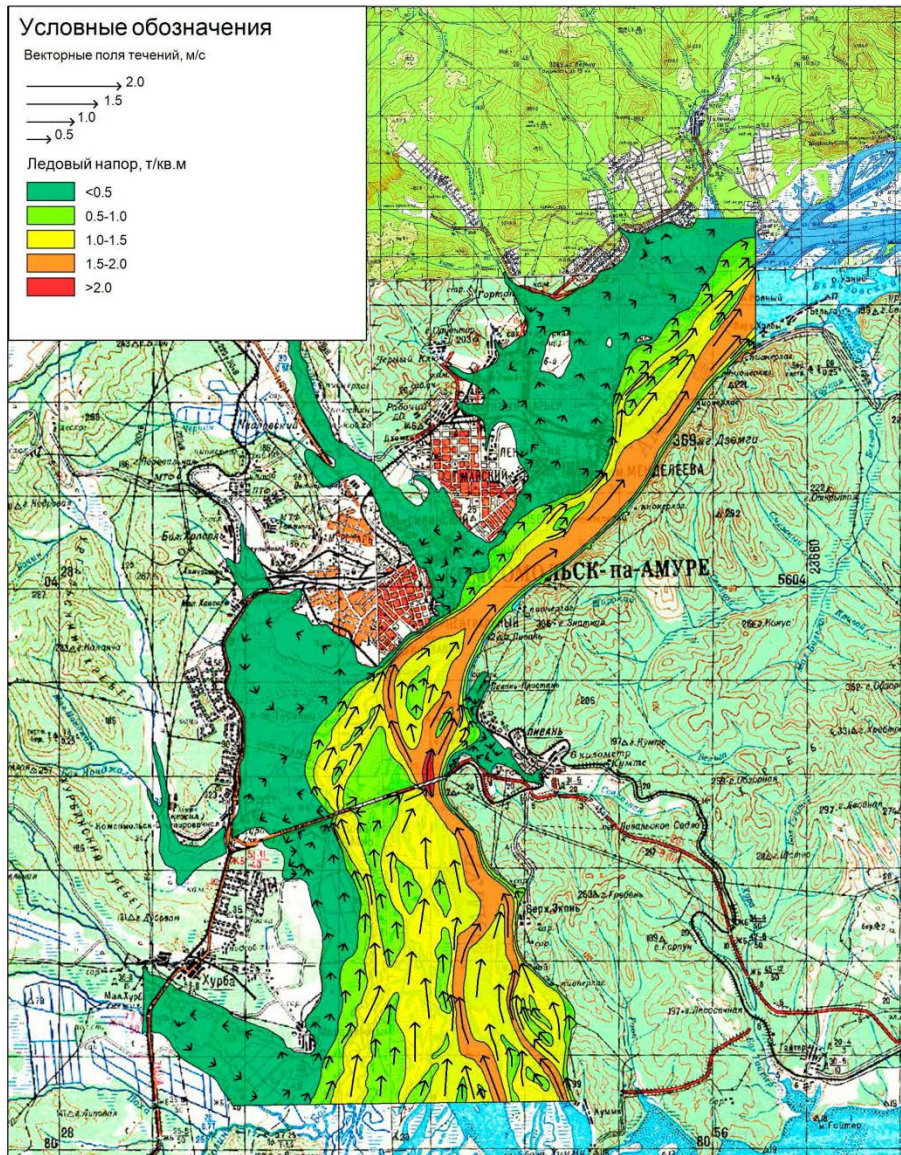
Карта скоростного поля течений
в пик паводка 1% обеспеченности Хабаровского участка долины реки Амур
1: 200 000



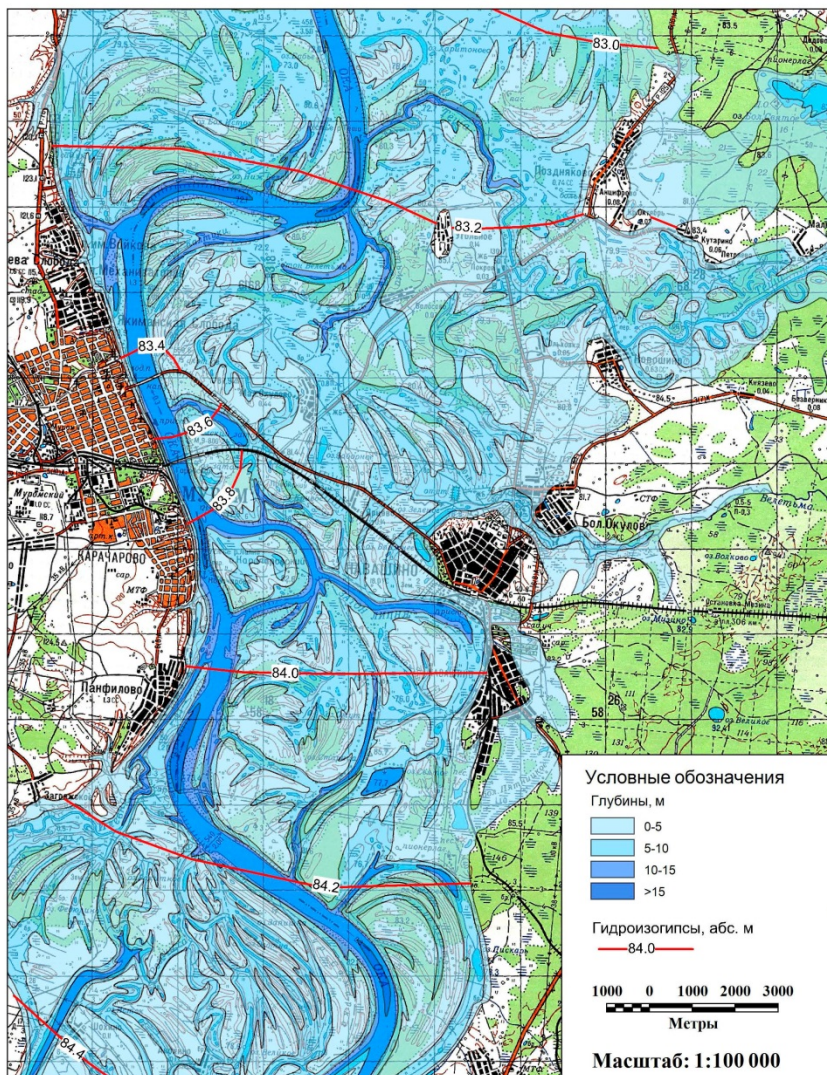
Карта зоны затопления и глубин воды
в пик паводка 1% обеспеченности Комсомольского участка
долины реки Амур
М 1: 200 000



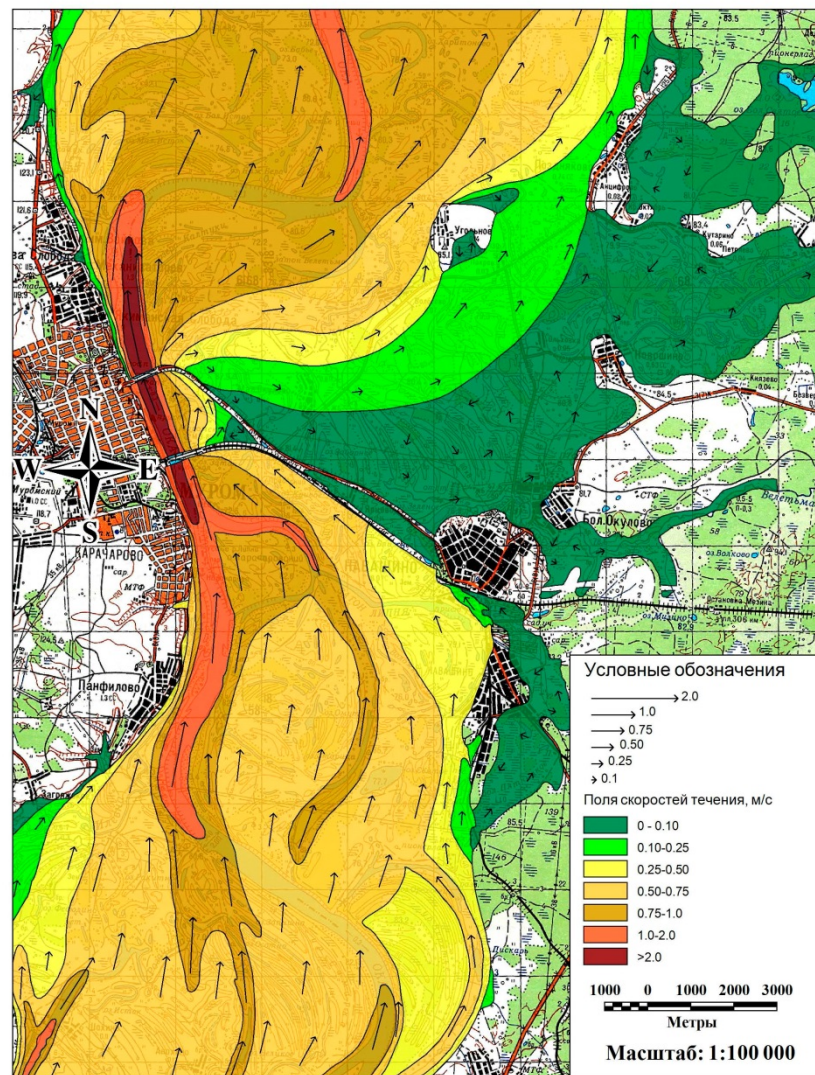
Карта поля скоростей водного потока
в пик паводка 1% обеспеченности
Комсомольского участка долины реки Амур
М 1: 200 000



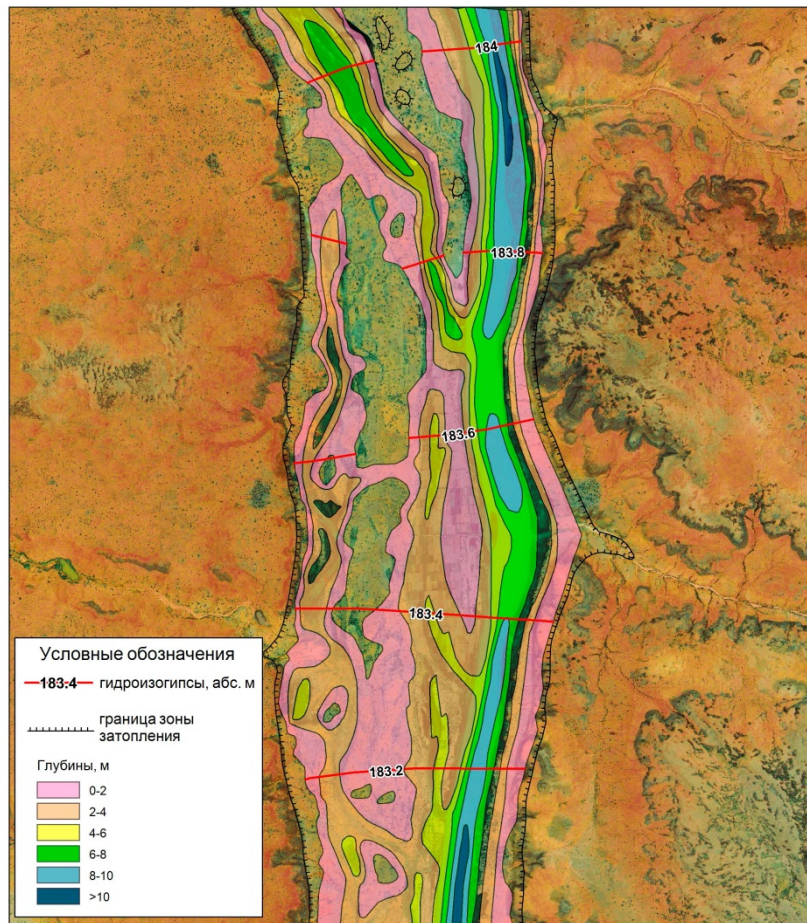
Карта зоны затопления и глубин воды
в пик половодья 1% обеспеченности
Муромского участка долины реки Ока
1:100 000



Карта скоростного поля течения
в пик половодья 1% обеспеченности
Муромского участка долины реки Ока
1:100 000



Карта зоны затопления и глубин воды в реке Нигер
в пик паводка 10% обеспеченности

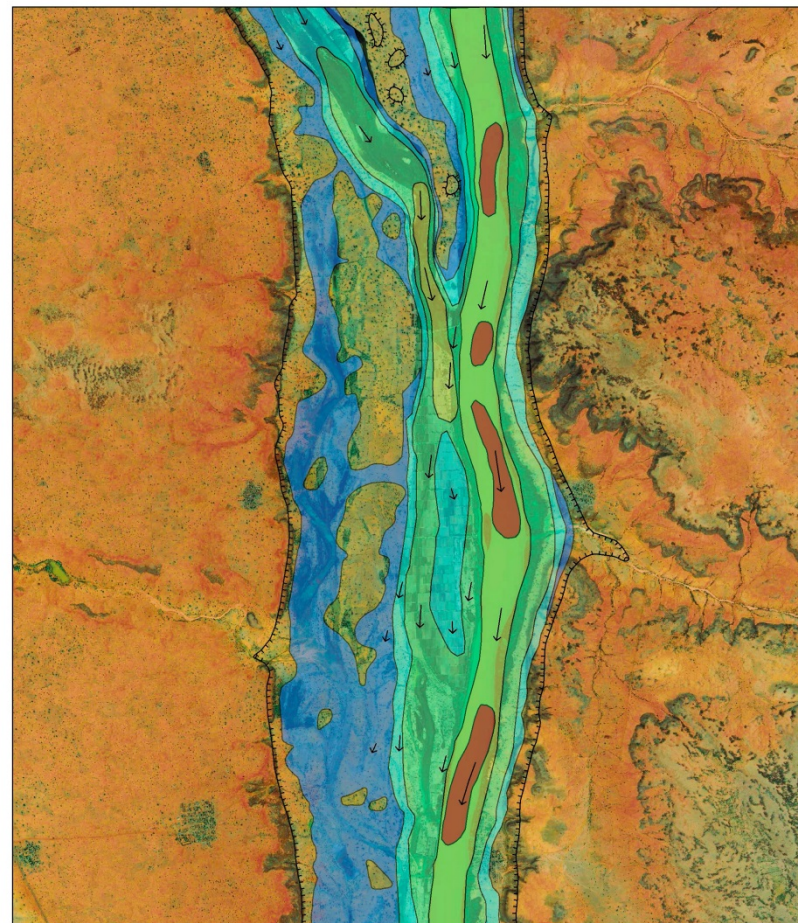


500 0 500 1000 1500

Метры

Масштаб: 1:50 000

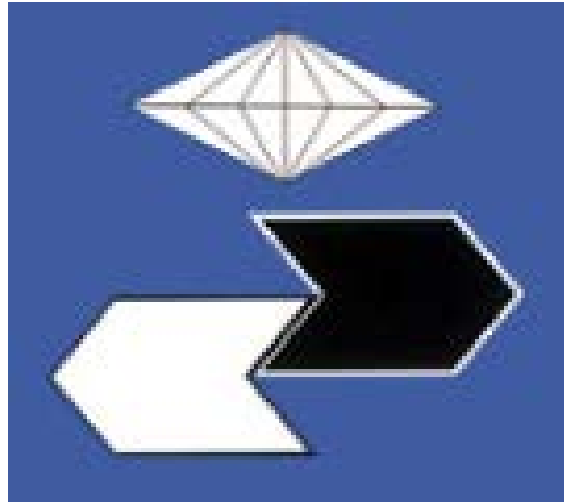
Карта расчётных полей скоростей течения реки Нигер
в пик паводка 10% обеспеченности



500 0 500 1000 1500

Метры

Масштаб 1:50 000



Благодарим за внимание!

Научный Геоинформационный Центр РАН

Адрес: 119019, г. Москва, ул. Новый Арбат, 11, стр. 1

Тел. 8(495)695-67-52

E-mail: *vadim.orlyankin@yandex.ru*

teabuber@gmail.com