

# Восстановление ежедневных уровней воды на гидропостах альтиметрии по среднесуточным измерениям отдаленных наземных гидропостов

Врублевский М.В., Лупян Е.А., Бурцев М.А.

*Институт космических исследований РАН*

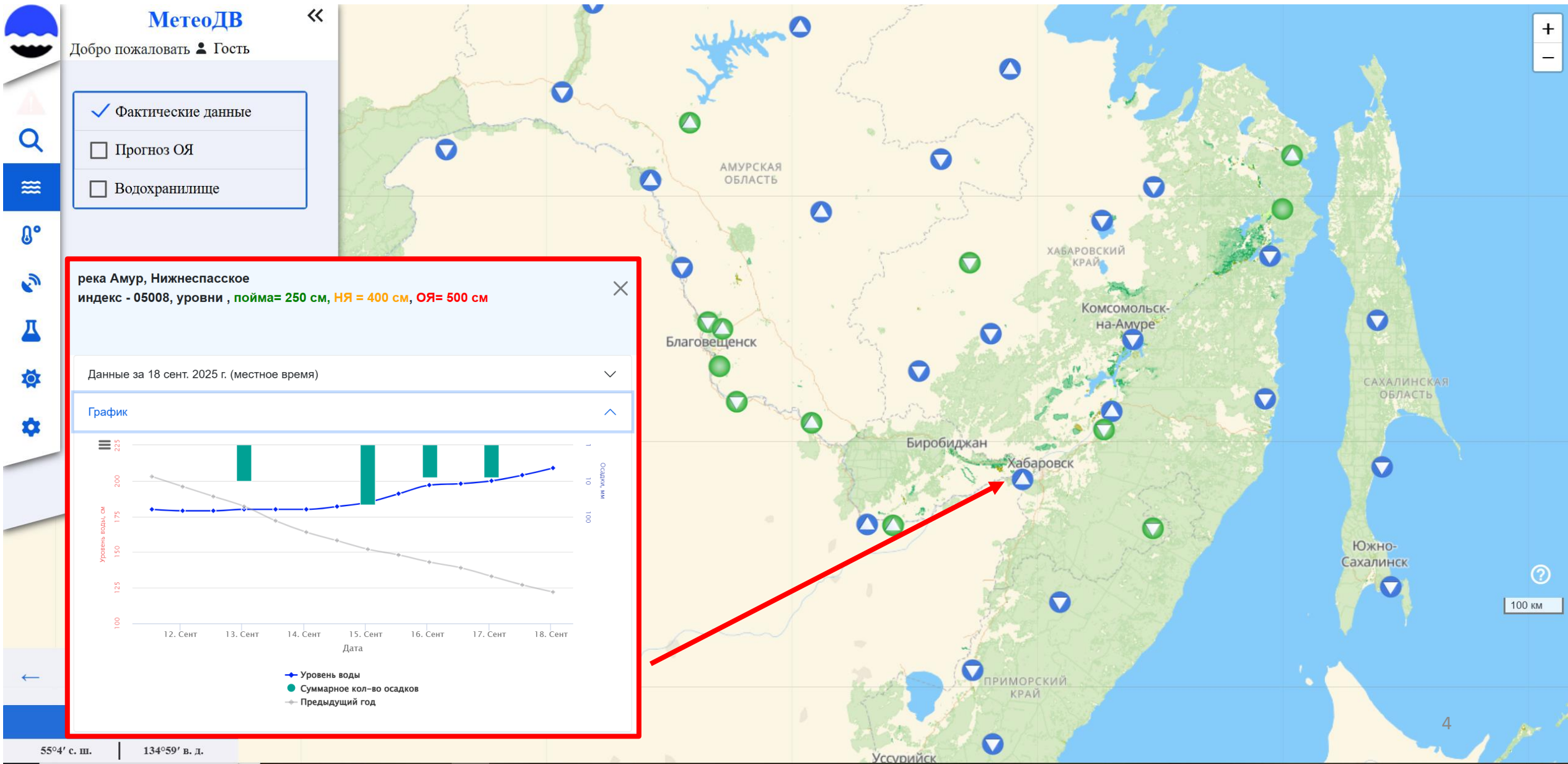
# Актуальность

- Изменение климата сказывается на гидрологических режимах водоемов, что для мониторинга внутренних вод, прогнозирования и оценки опасных гидрологических явлений требует развития наблюдательной сети.
- Высокая стоимость традиционных наземных гидрологических станций не позволяет реализовать подобные сети гидропостов.
- Использование данных альтиметрии позволяет решить проблему низкой пространственной частоты наблюдательных станций, а методы учащения рядов измерений альтиметрии – проблему низкого временного разрешения измерений спутниковой альтиметрии.

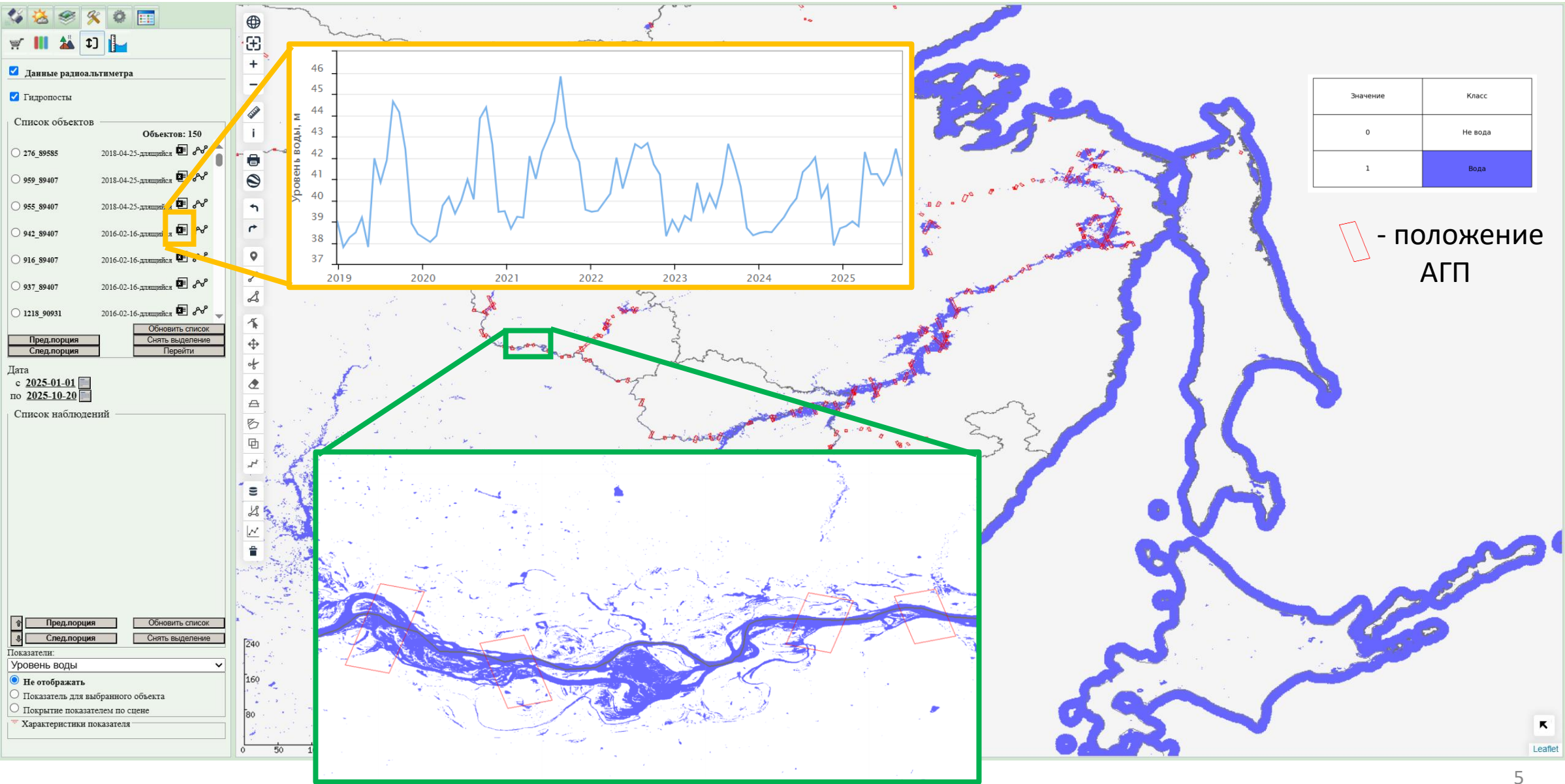
# Цель работы

Разработать метод восстановления ежедневных измерений на гидропостах альтиметрии на основе среднесуточных данных об уровне воды отдаленных наземных гидропостов.

# Использованные данные: наземные гидропосты

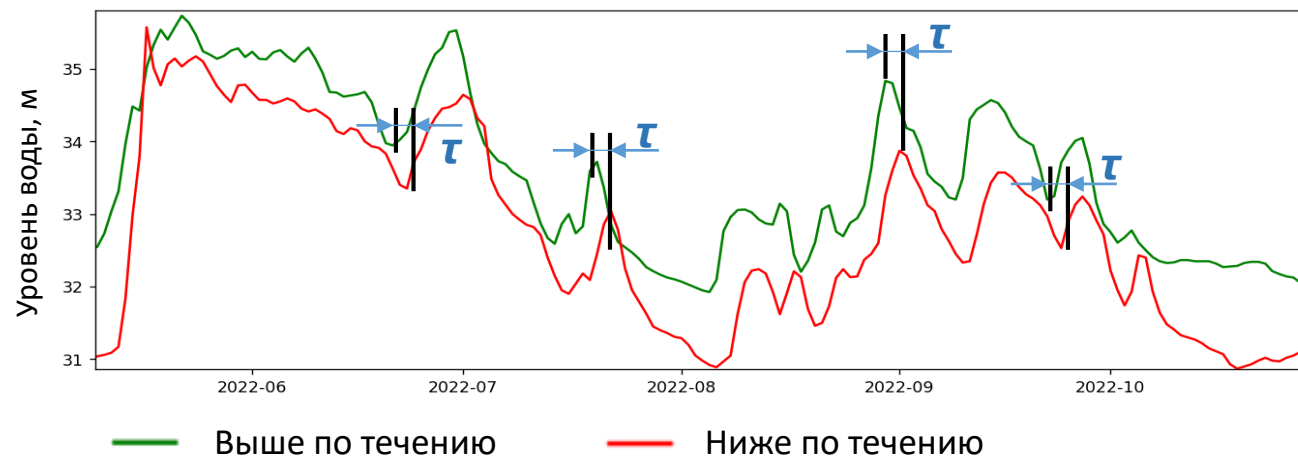


# Использованные данные: гидропосты альтиметрии (Вега-Гидро)





# Определение времени добегания

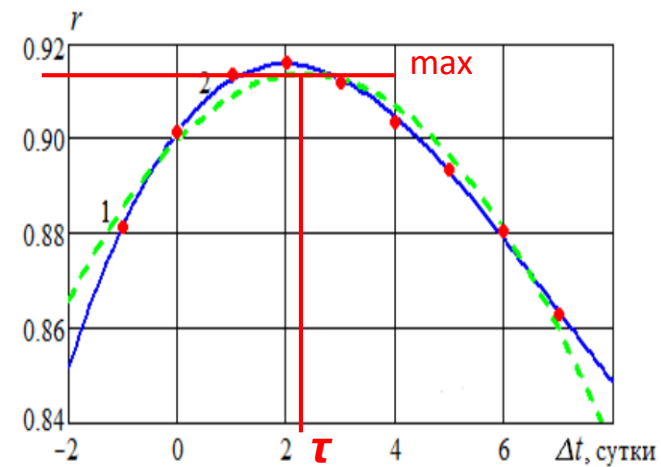


$\tau$  - время добегания

уравнение степенной регрессии порядка  $m$ :

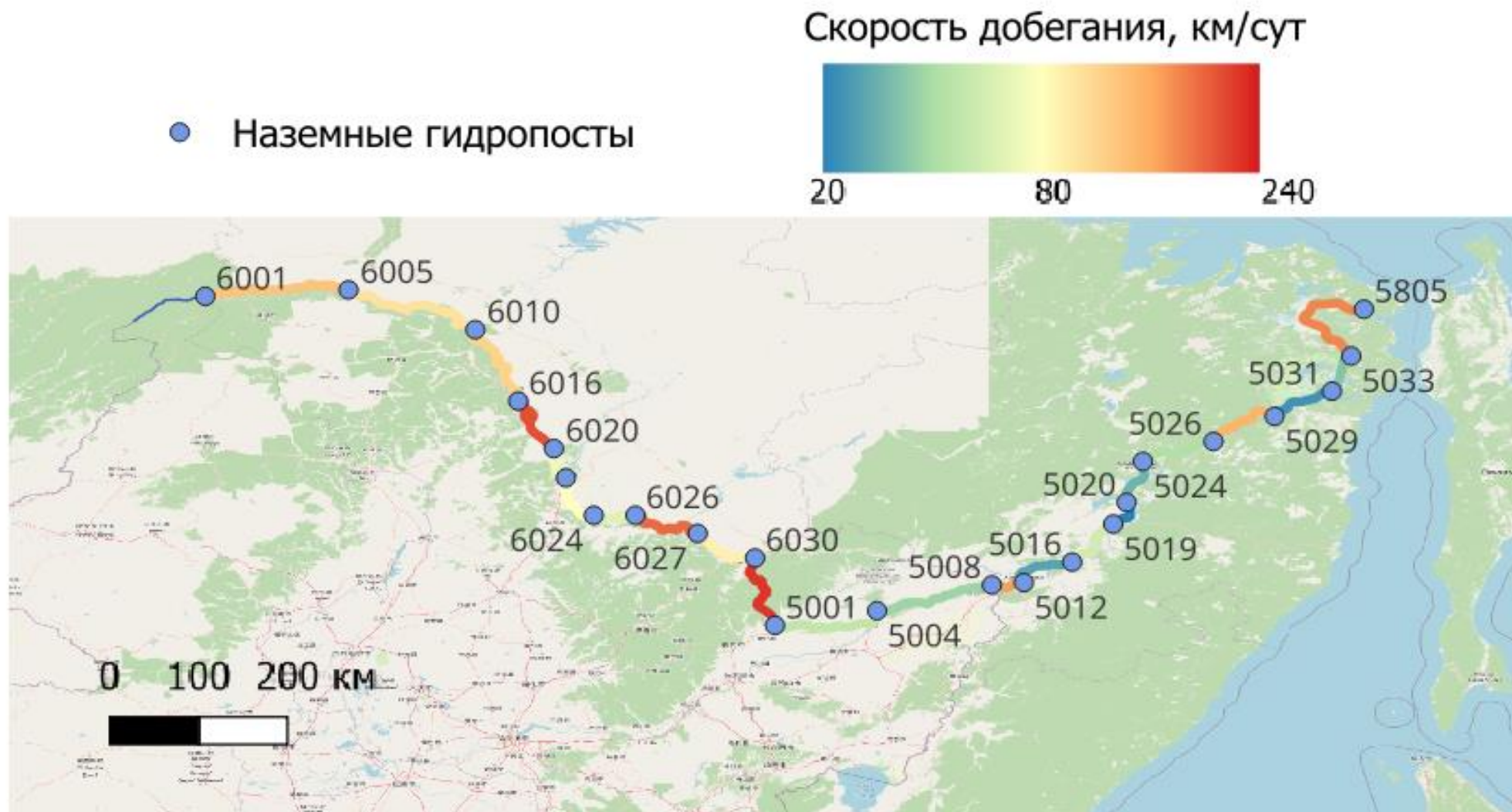
$$rt(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_mt^m.$$

$$\tau = \frac{a_2 + \sqrt{a_2^2 - 3a_1a_3}}{-3a_3}$$





# Определение скорости добегания





# Модель восстановления ежедневных уровней воды

$$wl(t) = a + \sum b_i \cdot x_i(t - \tau),$$

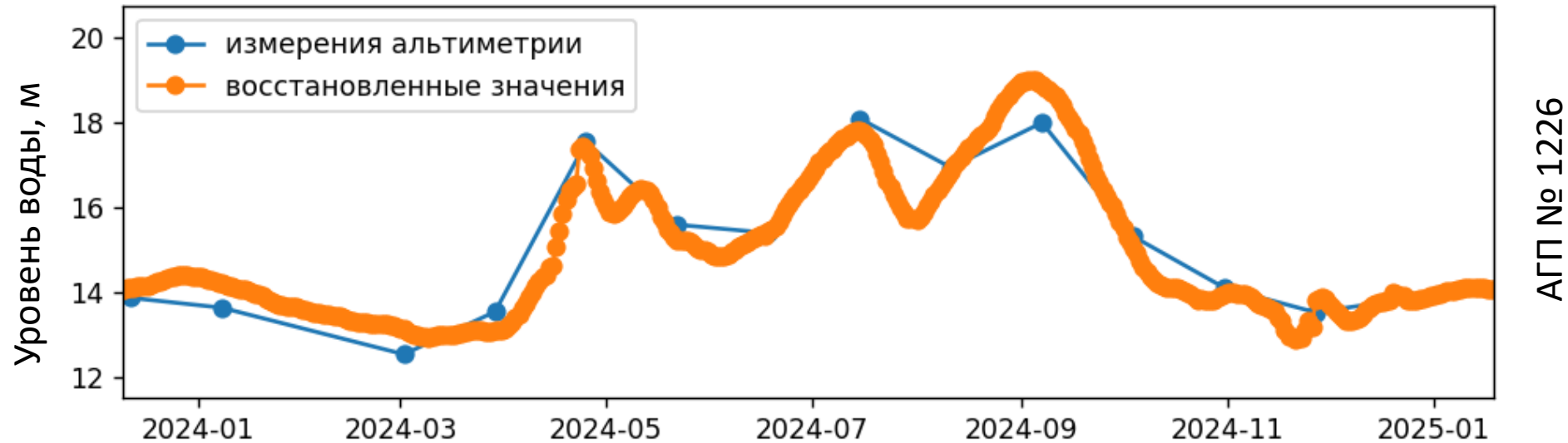
где

$wl(t)$  – уровень воды в дату наблюдений  $t$  на АГП;

$a, b_i$  – коэффициенты регрессии;

$x_i(t - \tau)$  – измерения уровня воды на  $i$ -том наземном гидропосту;

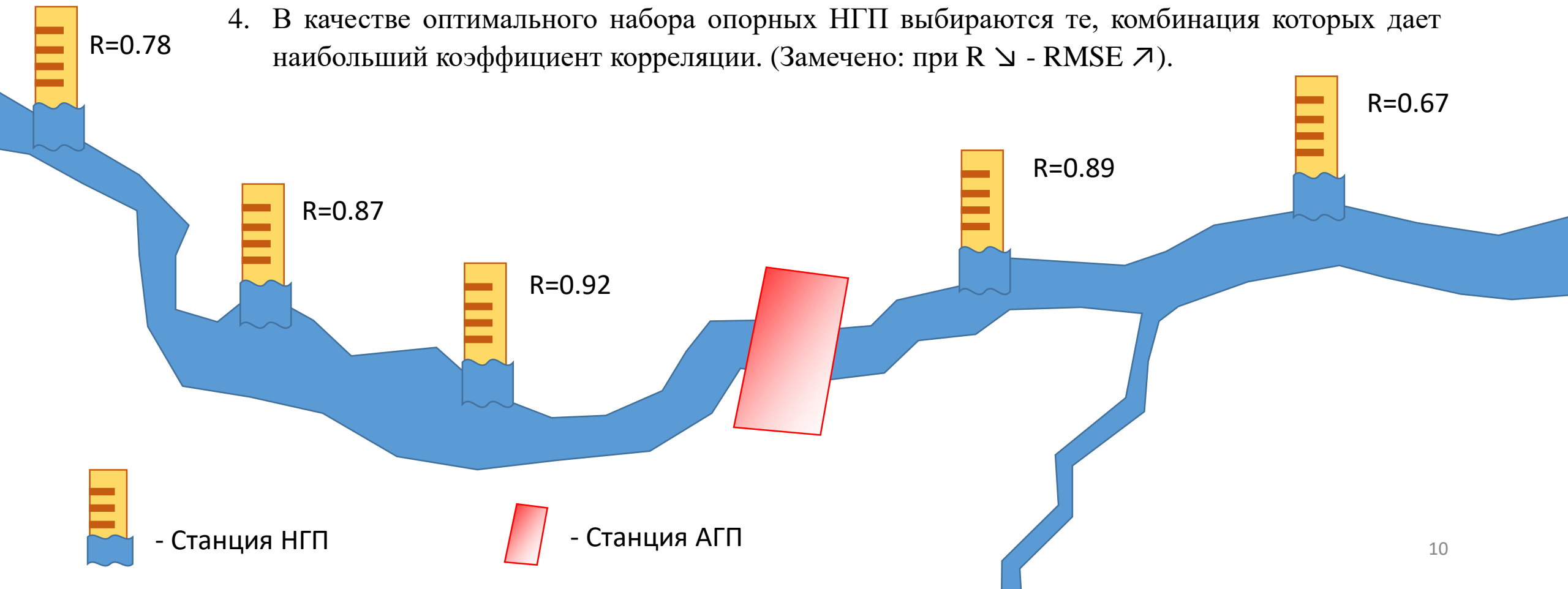
$\tau$  – время добегания.



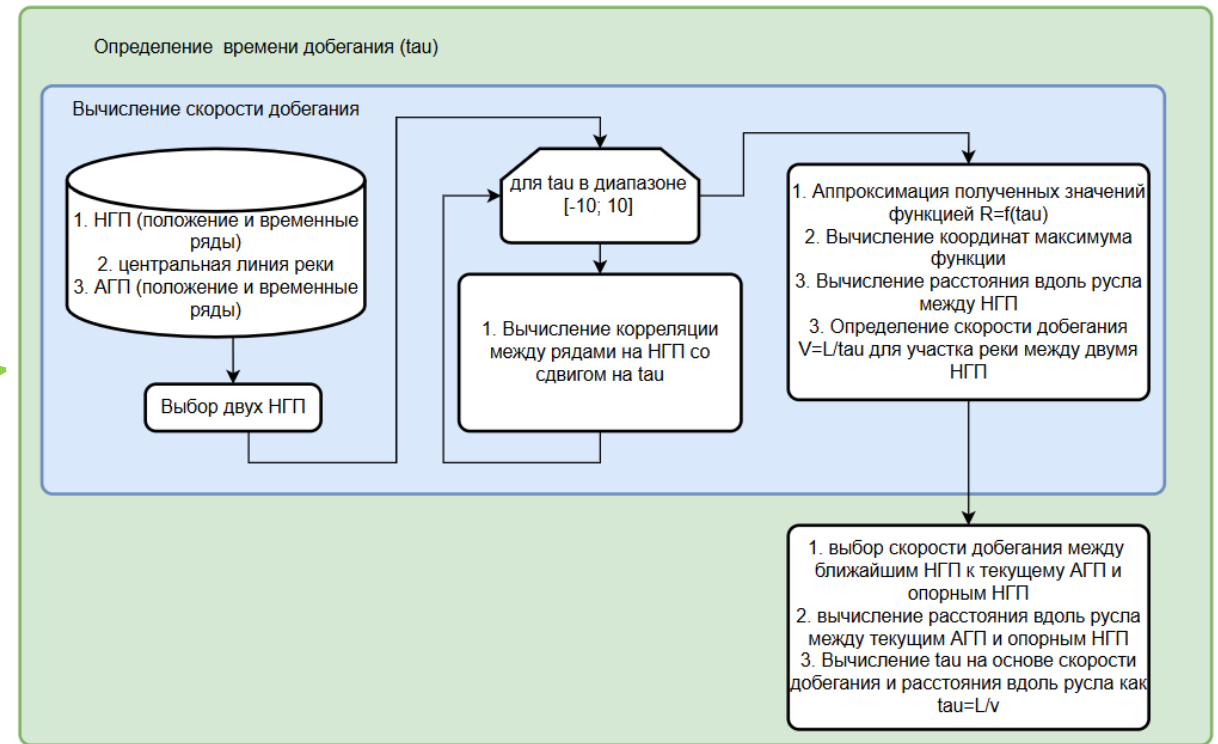
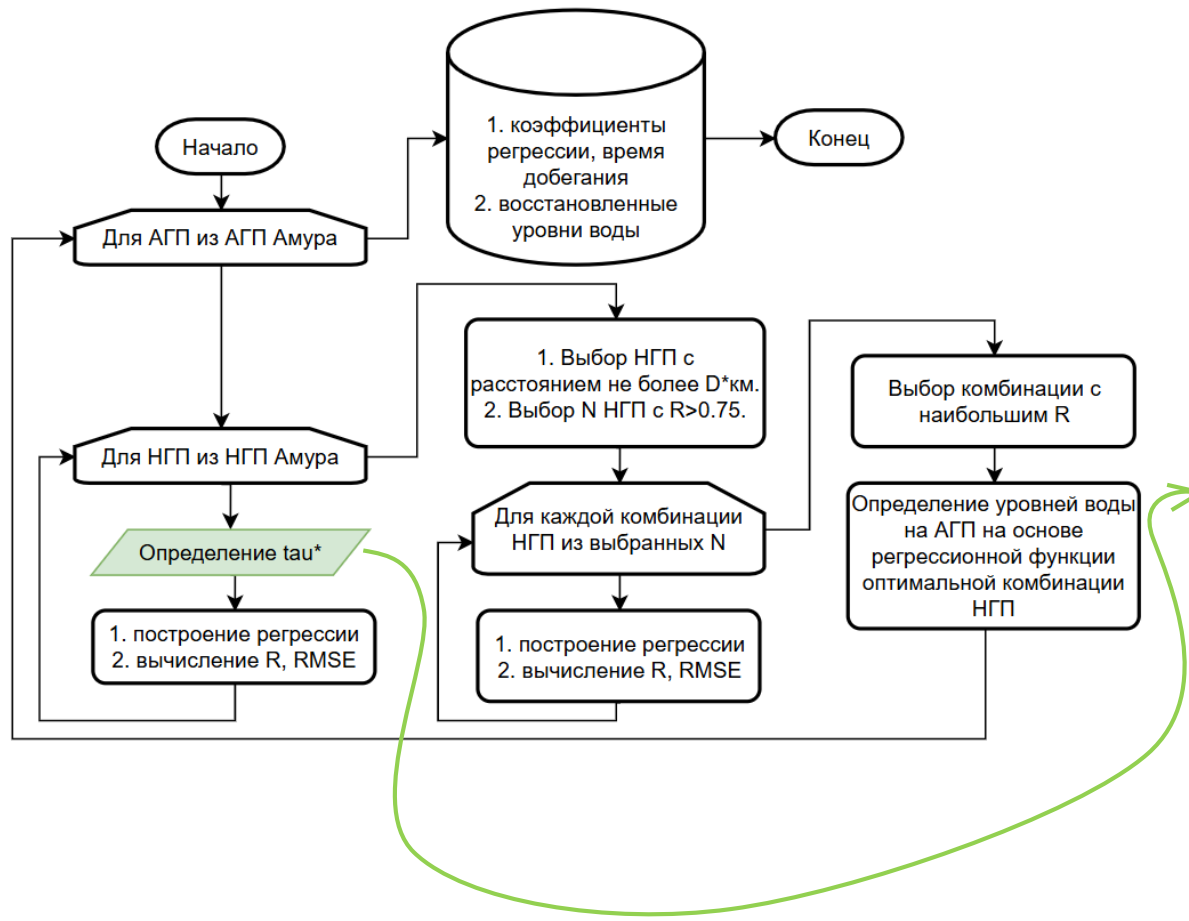
АГП № 1226

# Оптимальный выбор опорных НГП

1. Список НГП, в пределах некоторого расстояния.
2. Выбор  $N$  НГП с наибольшим  $R$ . Где  $N$  – вручную задаваемый параметр.
3. Определение регрессионной функции, коэффициента корреляции Пирсона  $R$  и среднеквадратического отклонения  $RMSE$ .
4. В качестве оптимального набора опорных НГП выбираются те, комбинация которых дает наибольший коэффициент корреляции. (Замечено: при  $R \nearrow$  -  $RMSE \searrow$ ).



# Алгоритм работы программного модуля вычисления ежедневных уровней

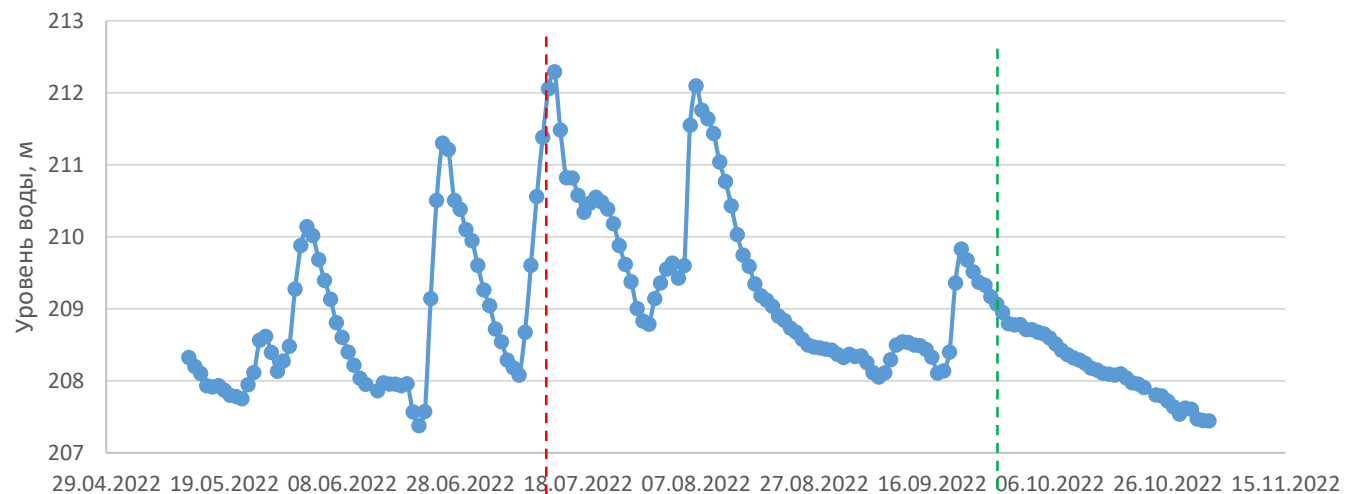
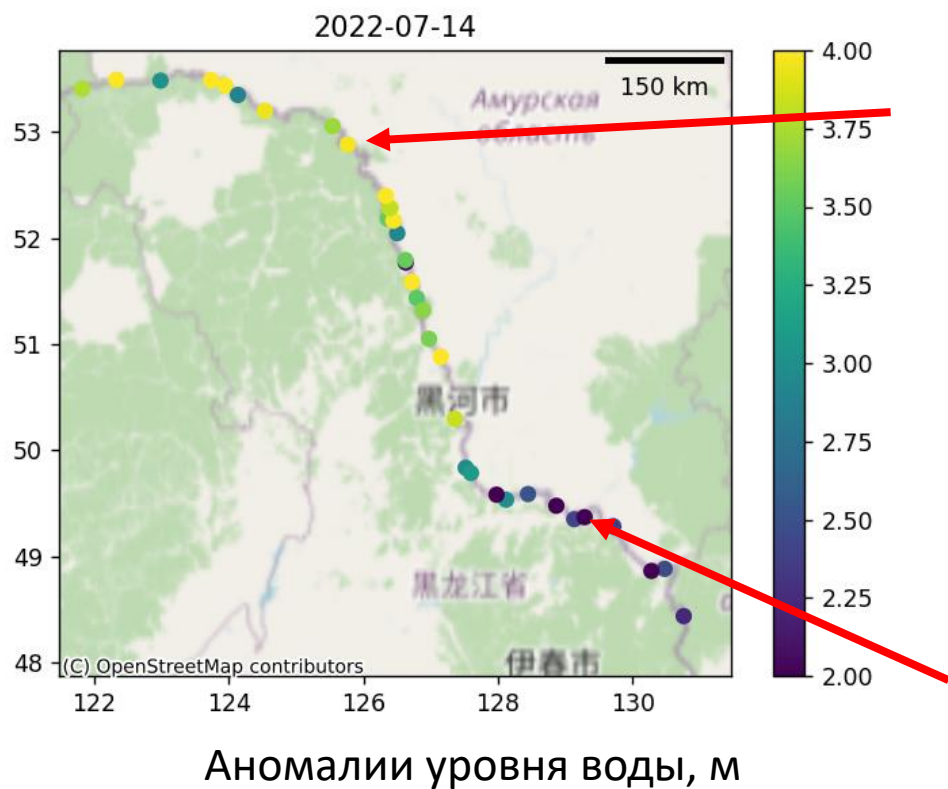


# Оценка метода восстановления уровней воды

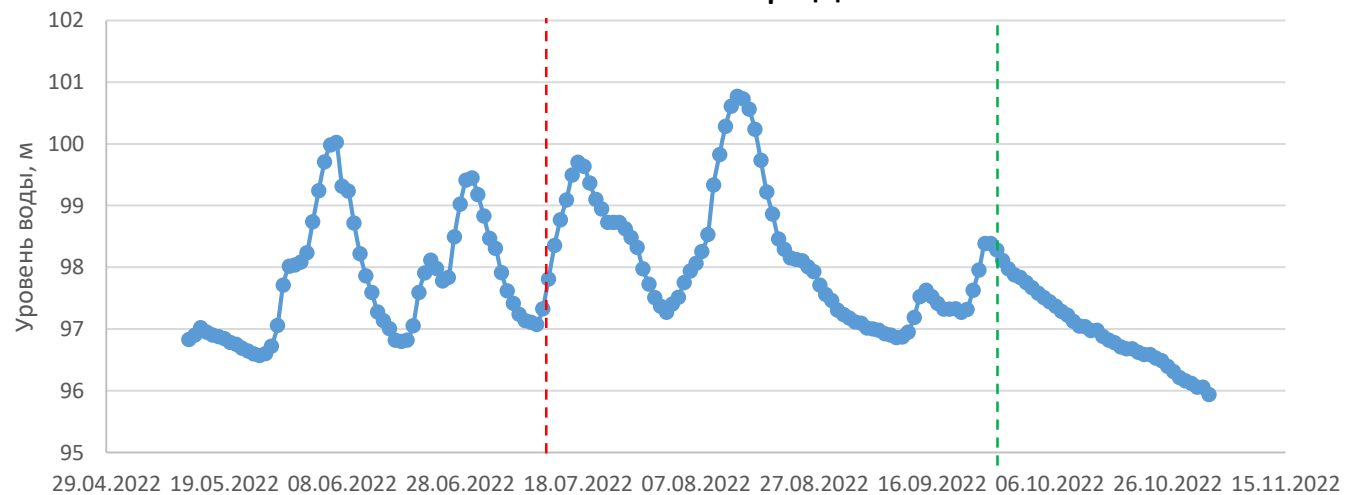
№	АГП	НГП (проверочный)	Расстояние АГП-НГП, км	НГП (опорные)	R	RMSE, м
1	702	6005	3	6001, 6010	0,97	0,33
2	942	5008	6	5004, 5012, 5016	0,97	0,30
3	947	5012	12	5004, 5008, 5016	0,98	0,22
4	955	6024	3	6016, 6020, 6022, 6026	0,99	0,26
5	962	5008	10	5004, 5012, 5016	0,97	0,33
6	964	6016	3 (0)	6010, 6020, 6022	0,93	0,46
7	1218	5019	5 (0)	5012, 5016, 5020	0,93	0,41
8	1223	5029	19	5024, 5026	0,97	0,41
9	1226	5024	14 (0)	5019, 5020, 5026	0,98	0,33
10	1227	5012	20	5004, 5008, 5016	0,98	0,26
11	1229	5031	6	5029, 5033	0,98	0,45
12	1232	5016	4	5008, 5012, 5019	0,98	0,28
13	1240	5026	10	5020, 5024, 5029	0,99	0,28
14	1254	5033	8	5031	0,95	0,56
15	1259	5029	15	5020, 5024, 5026	0,96	0,49
16	6637	5012	20	5004, 5008, 5016	0,98	0,28
17	6639	5026	6	5020, 5024, 5029	0,99	0,38
	Среднее:				0,97	0,35

(0) означает, что НГП находится в границах АГП

# Восстановленные уровни воды на АГП

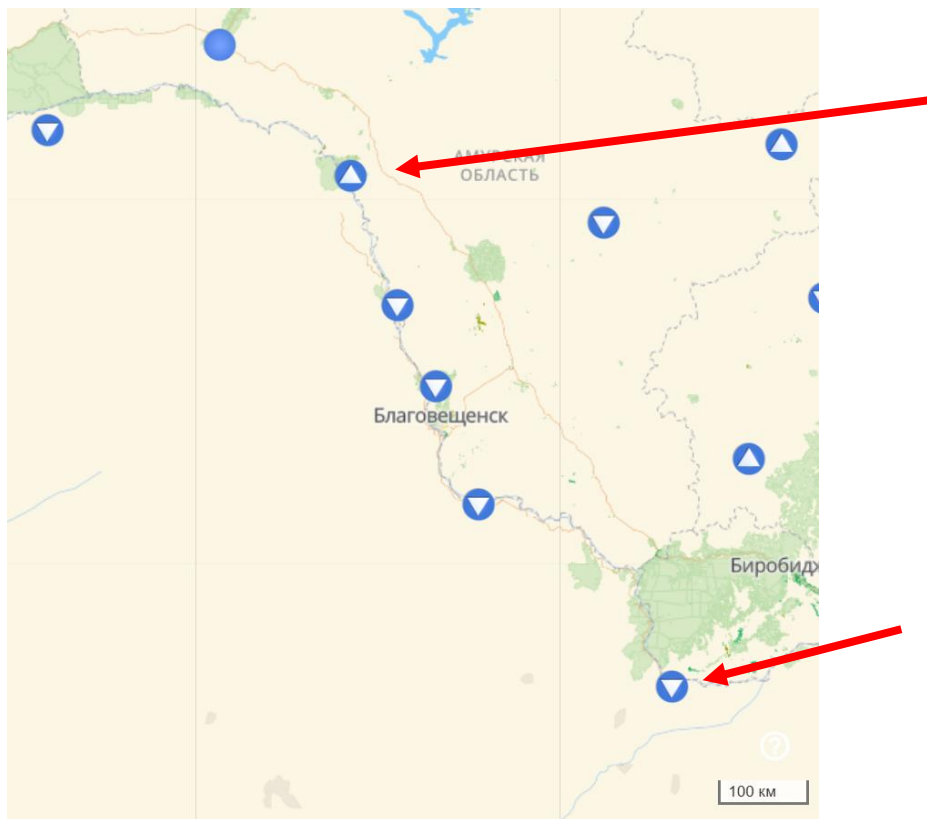


Восстановленный ряд на АГП № 713

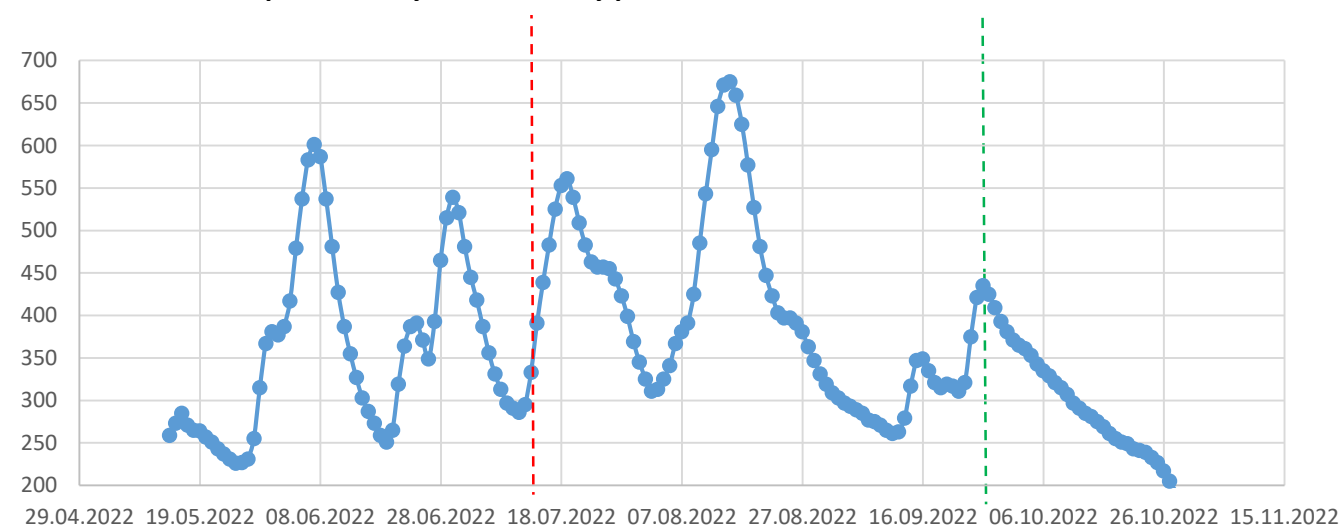
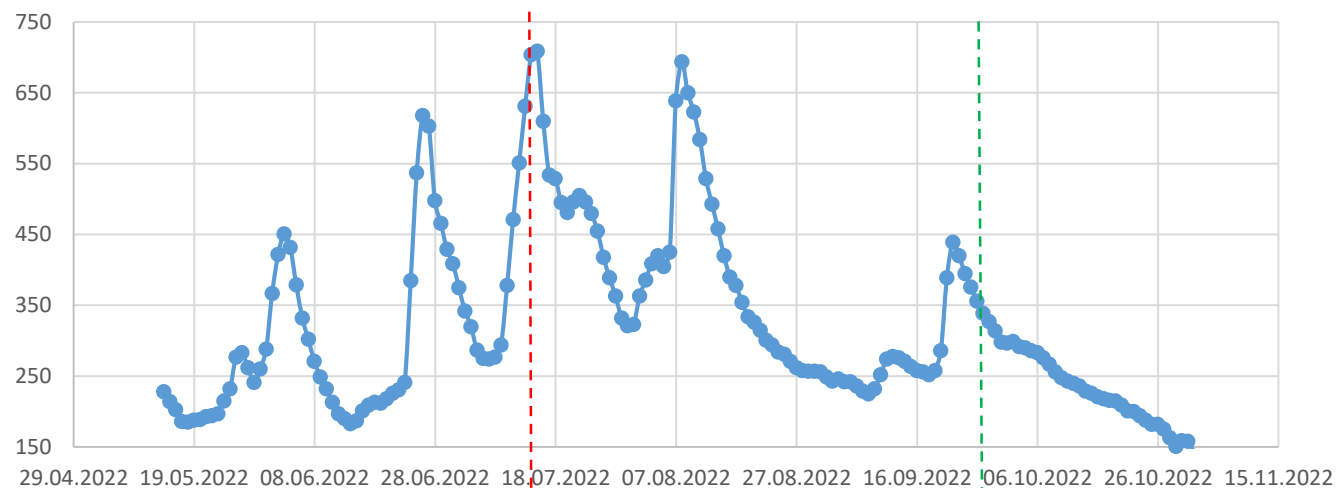


Восстановленный ряд на АГП № 915

# Среднесуточные уровни воды на НГП

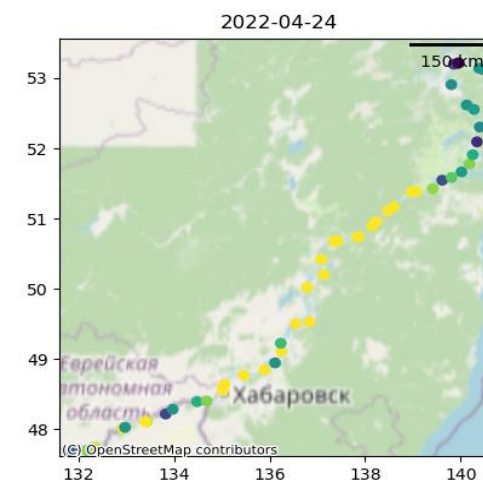
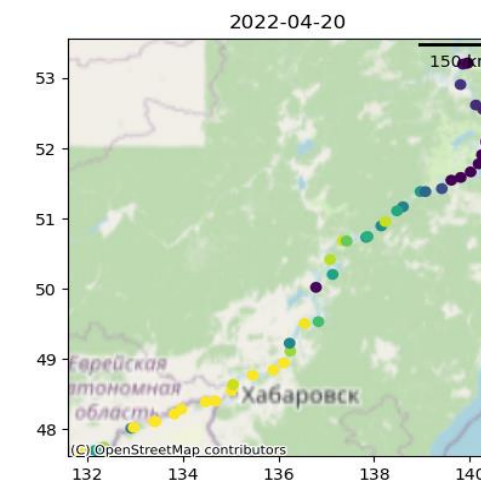
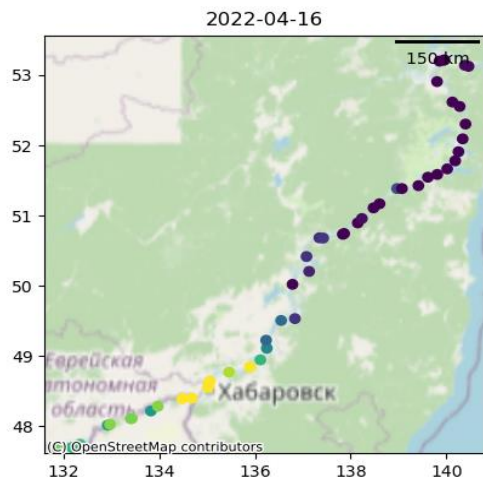
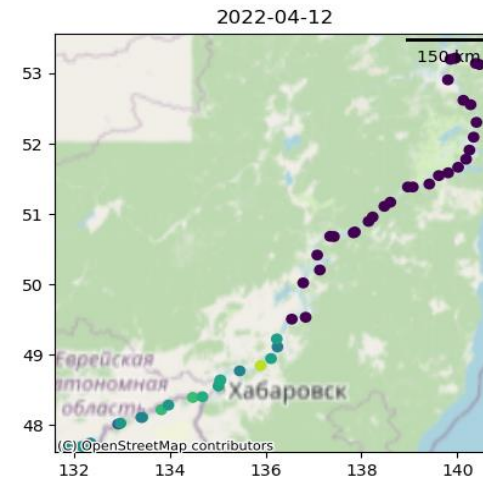
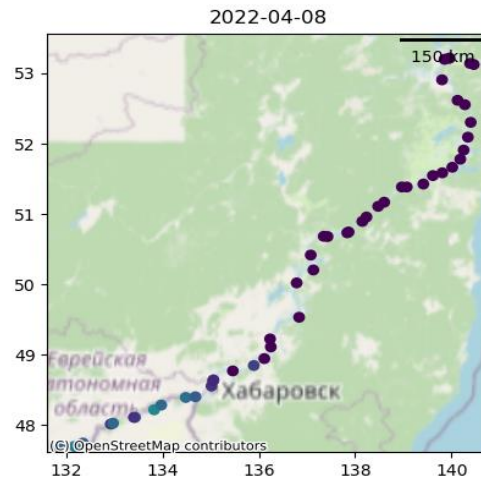
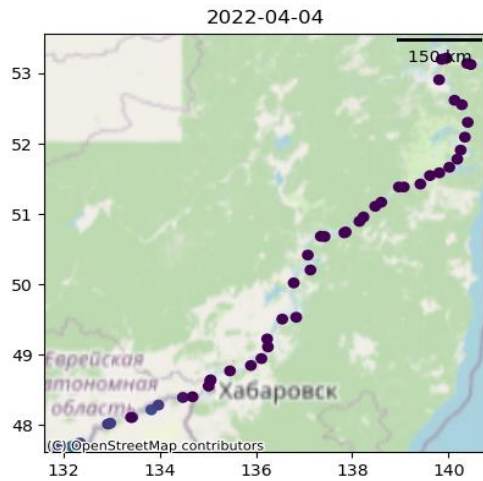


Положение НГП





# Восстановленные ежедневные аномалии уровня воды на АГП



# Результаты

- Восстановленные временные ряды имеют высокие значения корреляции с фактическими ( $R > 0,9$ ) и среднюю  $RMSE = 0,35$  м.
- Метод легко переносим на другие водоемы.
- Улучшение метода может происходить за счет повышения точности измерений альтиметрии, а также применения методов фильтрации как по времени, так и по пространству.
- Данный метод может быть применен и для участков рек с притоками при наличии измерений на притоках.
- Использование этого метода для водоемов без сети НГП требует дальнейшего рассмотрения, т.к. встает вопрос рассмотрения альтернативных способов оценки времени добегания.

# Спасибо за внимание

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8) с использованием возможностей центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг».