

Изменения уровня воды в озере Ханка по данным спутниковой альтиметрии

О.О. Трусенкова, Л.М. Митник, Е.С. Хазанова
ТОИ ДВО РАН

*Четырнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
ИЗ КОСМОСА» 14-18 ноября 2016 г., ИКИ РАН, Москва"*

Озеро Ханка

Трансграничное озеро: Россия – Китай.

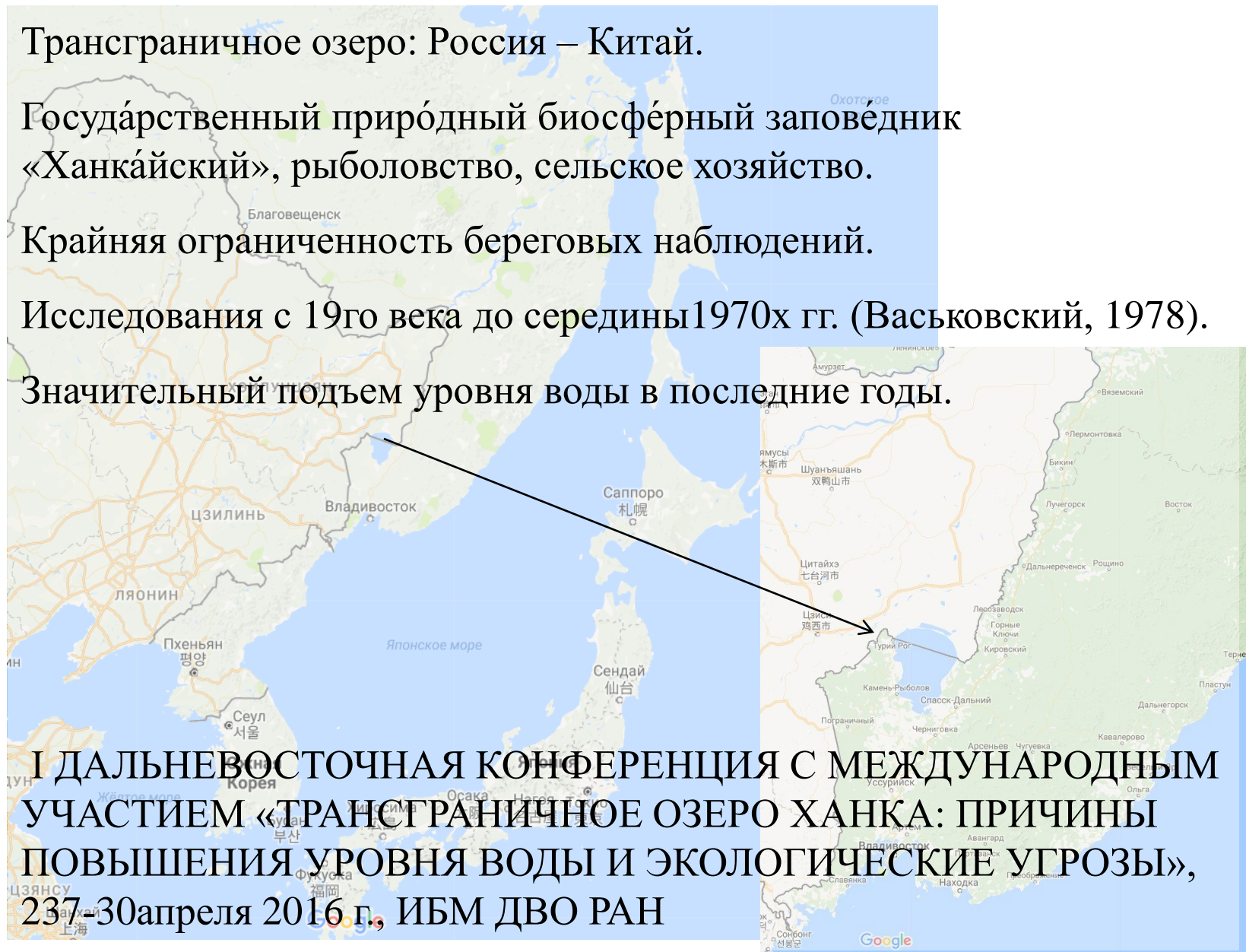
Государственный природный биосферный заповедник «Ханка́йский», рыболовство, сельское хозяйство.

Крайняя ограниченность береговых наблюдений.

Исследования с 19го века до середины 1970х гг. (Васьковский, 1978).

Значительный подъем уровня воды в последние годы.

I ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ТРАНСГРАНИЧНОЕ ОЗЕРО ХАНКА: ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ», 23-30 апреля 2016 г., ИБМ ДВО РАН



Гидрологический режим

Поступление вод: малые реки, береговой сток за счет значительных осадков периода летнего муссона, подземные воды, из Китая через Малую Ханку.

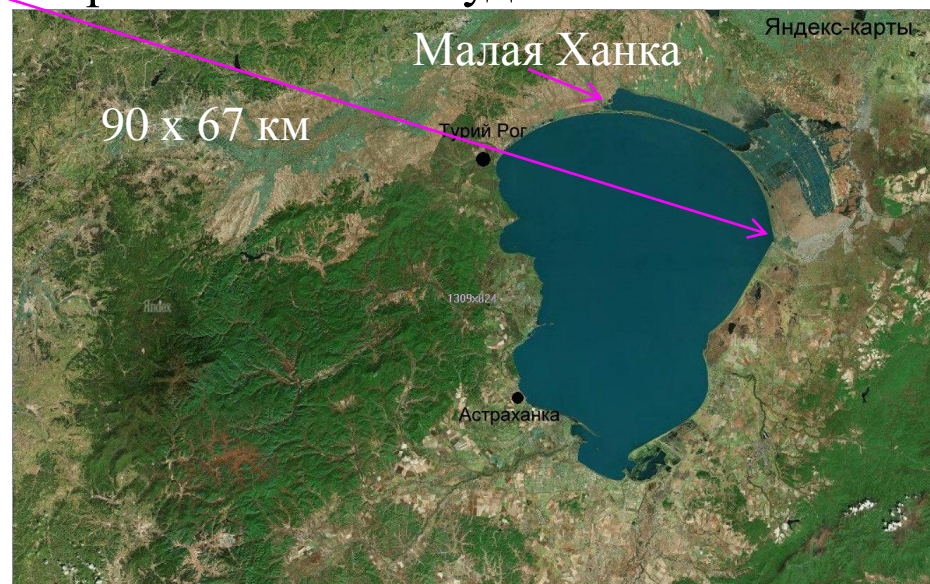
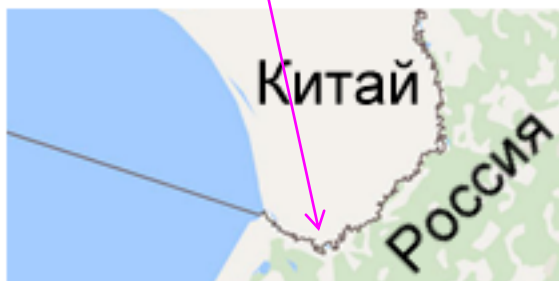
Резкое уменьшение поступления вод зимой за счет снижения осадков и уменьшения расходов рек.

Значительные запасы подземных вод.

Вытекает р. Сунгач.

Значительное денивилирование уровня воды (сгонно-нагонные явления): по измерениям на одном посту или в одном районе сложно судить о состоянии уровня воды во всем озере.

Последние годы – значительный подъем уровня воды.



Большая Ханка – малая Ханка

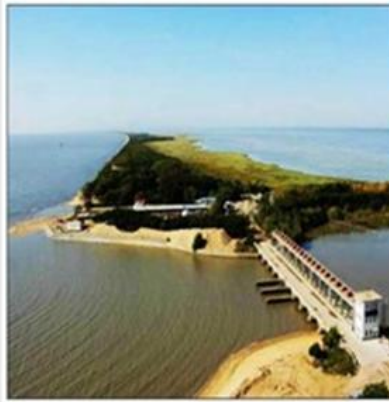
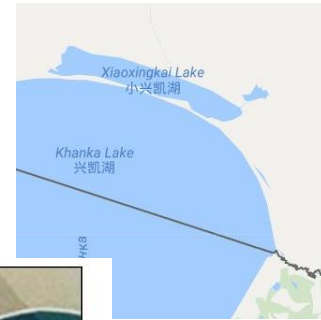


Рисунок 2. Пропускные сооружения в теле перемычки между оз.Ханка и оз.Малая Ханка (слева направо: западное ГТС (спутниковый снимок 29.10.2012 г.) центральное ГТС (13.11.2013 г.) и восточное ГТС (15.10.2013 г.).

(Бортин и др., 2016)

Применение альтиметрии к внутренним водоемам

Cretaux et al., 2006, 2011, 2016 (база данных по озерам)

Троицкая и др., 2011, 2012 (Горьковское водохранилище)

Лебедев, 2014 (Каспийское море)

Schwatke et al., 2015 (база данных по озерам)

Базы данных в открытом доступе в Интернете

Цель

Предварительные оценки межгодовых изменений уровня воды оз. Ханка по альтиметрическим данным из баз данных, доступных в Интернете

Особенности малых водоемов

Неоднородная подстилающая поверхность: граница вода – суша (изменение формы импульса), уклоны берега (отклонение импульса от надира) – рост погрешности при оценке расстояния.

Наличие ледяного покрова: пресноводный лед пропускает электромагнитное излучение, но форма импульса изменяется.

Специальные алгоритмы ретрекинга (обработки отраженного сигнала) – (Cretaux et al., 2006, 2011, 2016, Троицкая и др., 2011, 2012, Лебедев, 2014, Schwatke et al., 2015).

Погрешности

В среднем, заявляется 10-20 см, но, возможно, десятки см.

При изменениях уровня ~ 1 м – точность удовлетворительна, но данные требуют верификации.

Альтиметрические продукты для гидрологии суши

Hydroweb (Cretaux et al., 2006, 2011, 2016) – LEGOS, Франция

G-REALM-USDA-FAS (the U.S. Department of Agriculture's Foreign Agricultural Service), NASA (National Aeronautics and Space Administration), the University of Maryland –
данные доступны в Интернете; осреднены вдоль треков T/P – Jason,
10-дневные

DAHITI - Database for Hydrological Time Series of Inland Waters (Schwatke et al., 2015) – данные доступны в Интернете; осреднены за 30 дней (3 цикла); в 2016 г. оз. Ханка было удалено из базы

Спутники с альтиметрами на борту в районе оз. Ханка (октябрь 1992 г. – 2016 г.)



Треки в западной и северо-восточной части озера.

Неравномерное покрытие по времени.

База G-REALM-USDA-FAS

Архив TRJP.1

Вдольтрековые данные Т/Р, JASON-1, 2

Период: октябрь 1992 г. – сентябрь 2016 г.

Оперативное обновление данных.

Ретрекинг: алгоритмы Ocean, Ice-I.

Сухая атмосфера: по модели ECMWF,

влажная атмосфера: радиометр AMR на JASON-2 (2008 г.),

ионосфера: по модели GPS.

Осреднение вдоль трека.

Трек в СВ части озера, от истока р. Сунгач на северо-запад.

Влияние на уровень поступления воды из Малой Ханки, неоднородности подстилающей поверхности (суша, граница между Малой и Большой Ханкой), ветрового денивелирования.



Hydroweb

Ретрекинг: алгоритмы Лаборатории спутниковых геофизических и океанографических исследований (LEGOS), Франция.

Осреднение вдоль трека, с учетом вдольтрековых уклонов геоида, кросскалибровка и осреднение между треками.

Январь 2000 г. – ноябрь 2011 г.: среднемесячные по 2м спутникам, с декабря 2011 г. – среднемесячные только по данным JASON-2.

Среднее отклонение от данных поста – 13 см, но м.б. и 30-40 см, коэф. корреляции – 0.6.

Выбросы в альтиметрических данных – но их нет во временном ряду из базы Hydroweb.

Межгодовая изменчивость соответствует.

ДАНІТІ

Оценки основаны на измерениях не менее, чем 2х спутников.

Приведение к середине водоема интерполяцией на основе фильтра Калмана.

Оригинальный алгоритм ретрекинга на основе учета формы импульса и отбраковки выбросов (Schwatke et al., 2015).

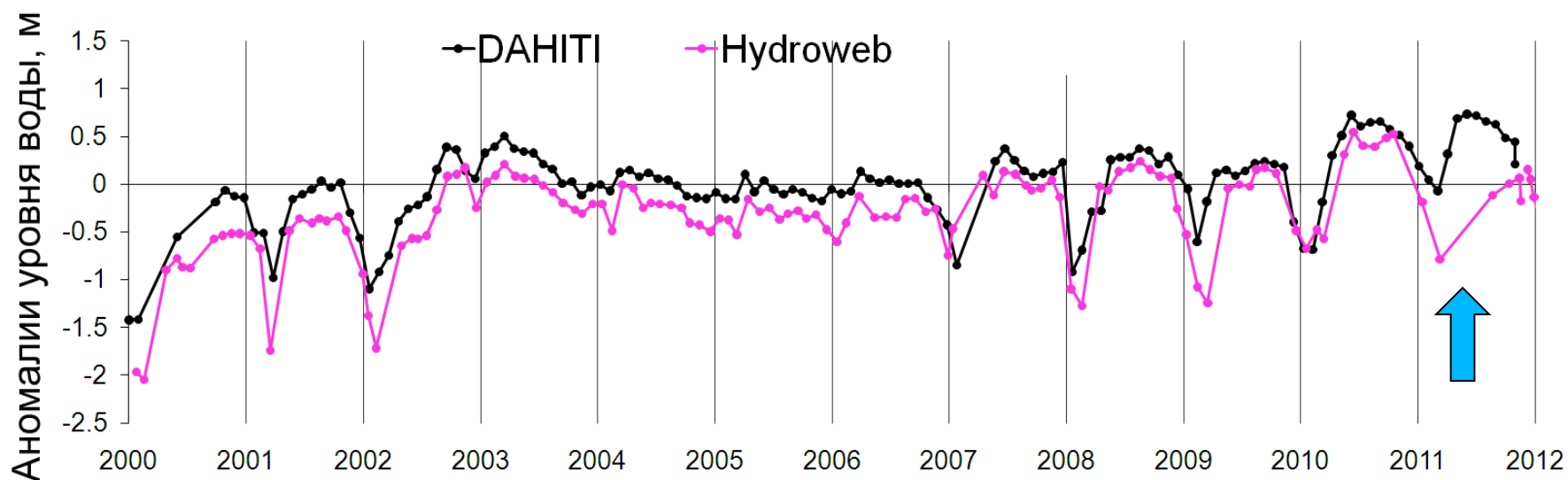
Период – 2000-2011 г.

В 2016 г. оз. Ханка было удалено из базы.

	Mission	Pass No.
	Envisat	0292
	GFO	161
	Jason-1 (EM)	051
	Topex/Poseidon (EM)	051

В связи с различной привязкой среднего уровня в базах данных, выполнены оценки аномалий (отклонения от средних каждого временного ряда) уровня воды

DAHITI vs. Hydroweb (за 2000-2011 гг.)

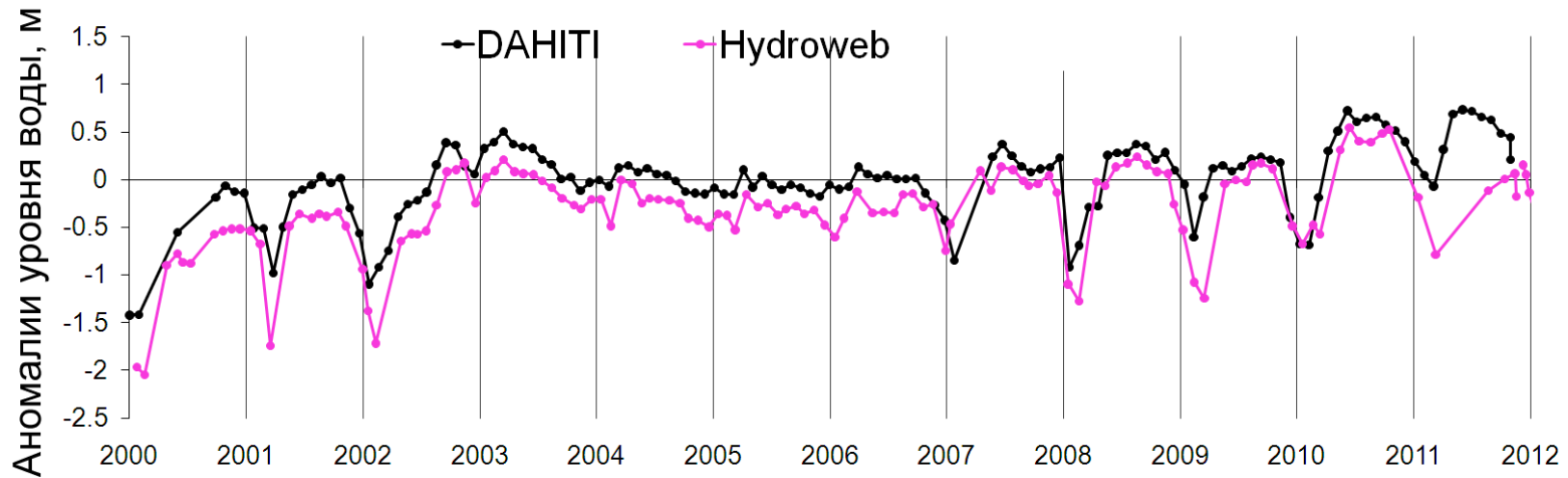


Обе базы основаны на данных всех доступных спутников, разные методы интерполяции, разный средний уровень.

Аномалии по DAHITI выше аномалий по Hydroweb на 0.3 м в среднем, 0.5-0.8 м зимой (различие ретрекинга при ледяном покрове).

Коэф. корреляции за 2000-2011 гг. – 0.85, за 2000-2010 гг. – 0.92.
Существенные различия в 2011 г.

Оценка годового хода (за 2000-2011 гг.)



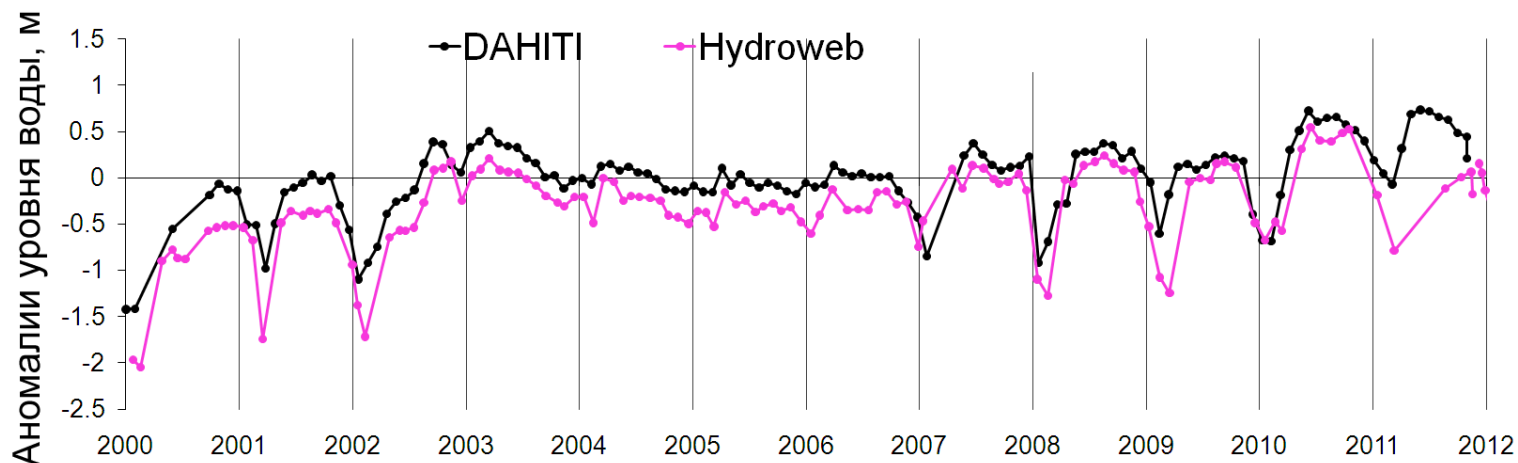
Характер годового хода:

1. 2000-2002 гг. и 2007-2011 гг.: сезонный минимум – зима, сезонный максимум – период летнего муссона (осадки); размах годового хода – 1.0-1.5 м.
2. 2003-2006 гг.: сезонный максимум на конец марта – апрель (таяние льда и снега). Размах годового хода в 2003 г. – 0.5-0.7 м, в 2004-2006 гг. – 0.2-0.4 м (сравнимо с ошибками данных).

Три сезона – зима, весна и лето – осень (Васьковский, 1978).

Зимние минимумы: уменьшается поступление воды.

Причины различий годового хода

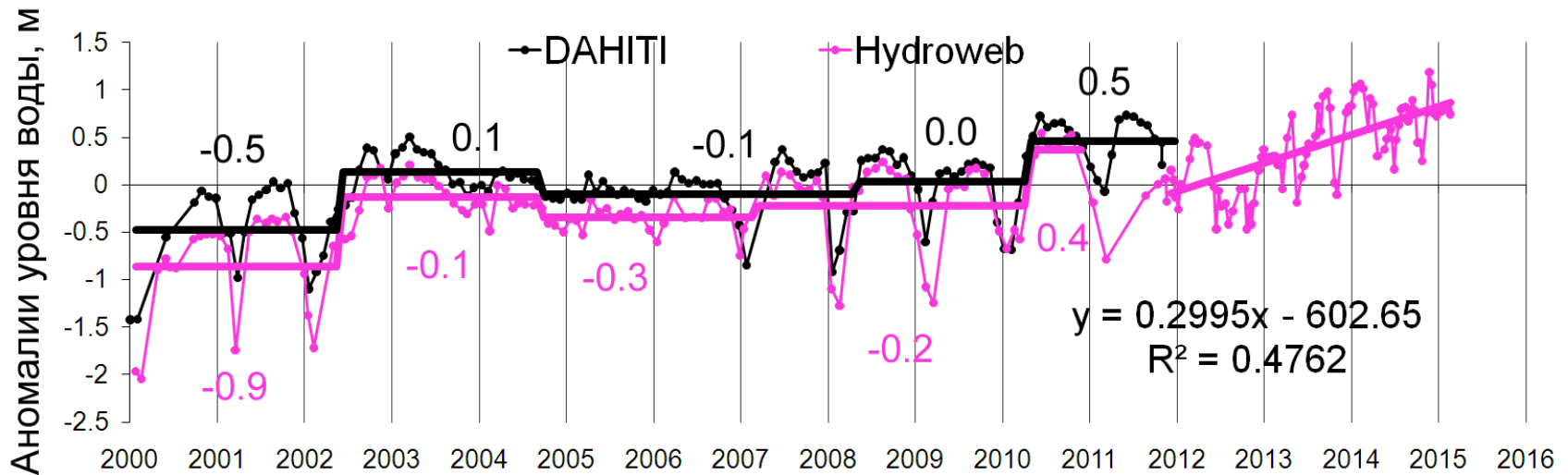


Значительных различий по осадкам за эти годы по Приморскому краю не отмечалось.

Кубай, 2016 г.: подземное поступление вод, формируемое осадками за предшествующие 5-7 лет; коэффициент корреляции с накопленными осадками – 0.9. С 2000 г. взаимосвязь ослабла.

Вариации оттока из-за изменений бара в истоке р. Сунгач.

Межгодовая изменчивость

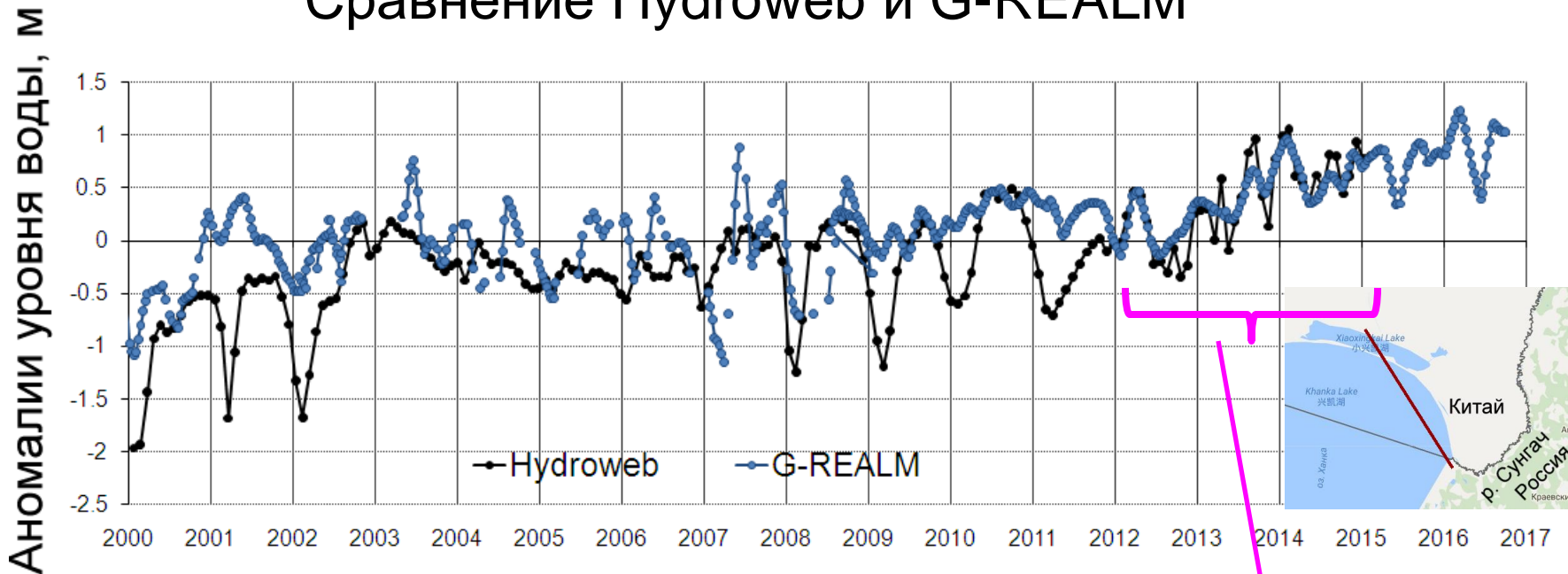


Межгодовые режимы длительностью 2-3.5 лет в 2000-2011 гг., связаны с изменениями характера годового хода, показывают тенденцию к повышению уровня воды.

Метод и ПО выявления сдвигов климатического режима;
90% обеспеченность (Rodionov, 2004).

Рост уровня воды по данным Hydroweb в 2012-2014 гг. ~ 0.3 м/г.

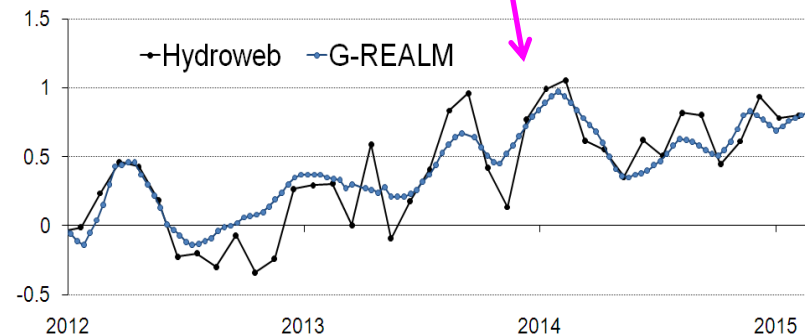
Сравнение Hydroweb и G-REALM



Существенные различия в 2000-2011 гг., т.к. G-REALM отражает уровень воды в северо-восточной части озера.

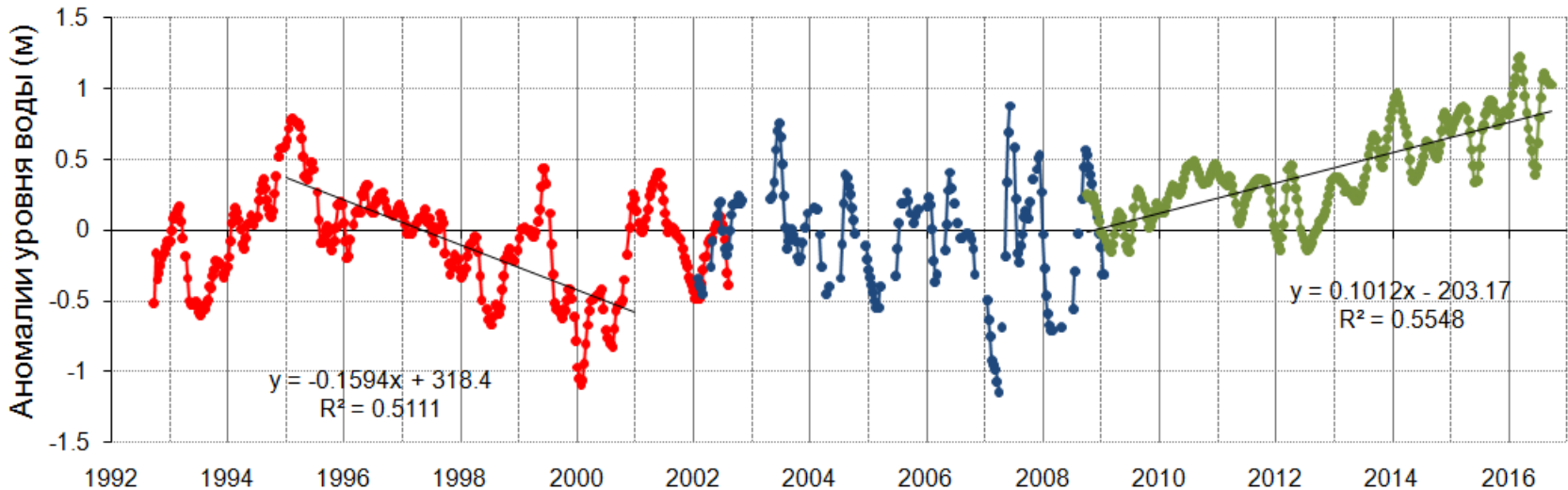
В 2012-2014 гг. среднемесячные данные Hydroweb основаны только на треке JASON-2, как и G-REALM.

Ветровое денивелирование несущественно на межгодовых масштабах.

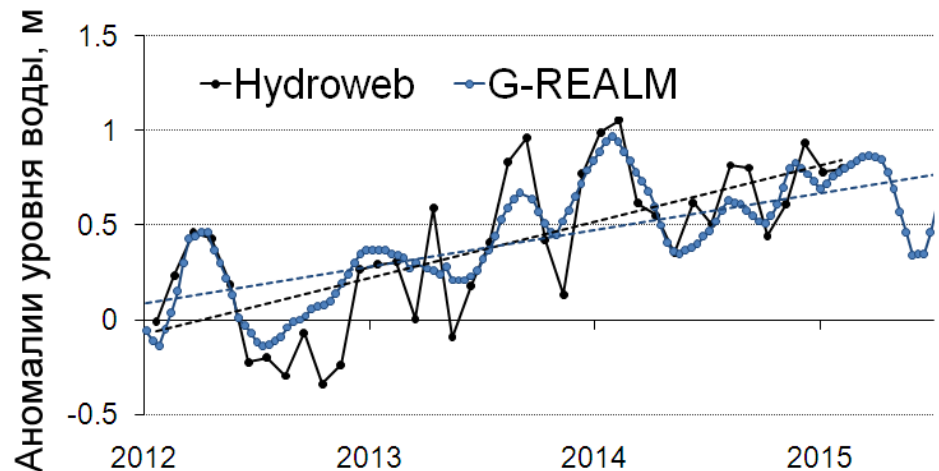


G-REALM: сглажено медианным фильтром.
Hydroweb: среднемесячные данные.

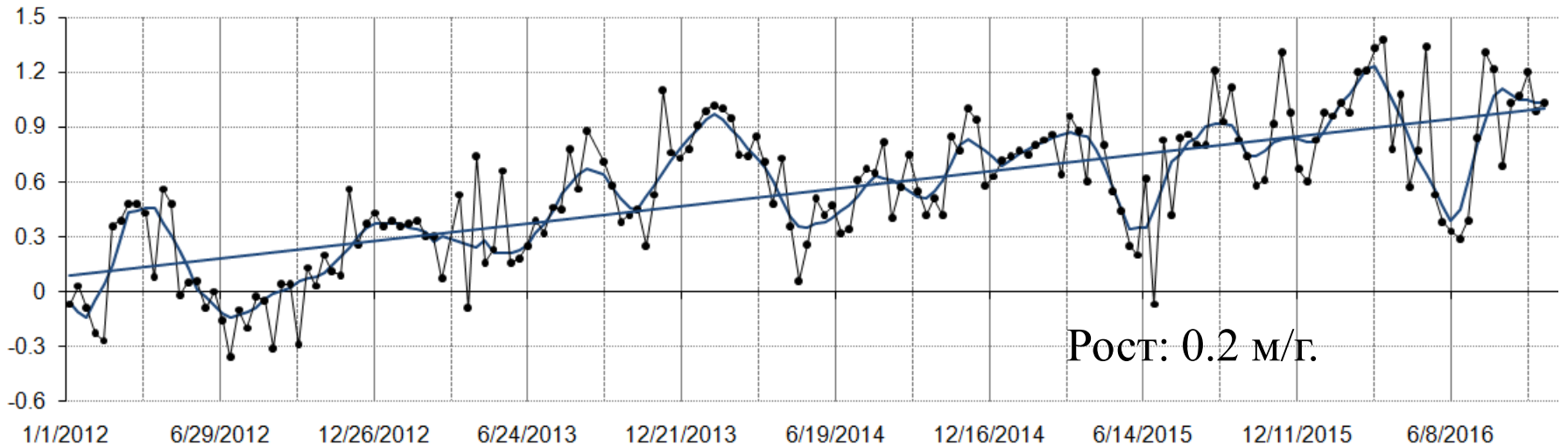
Тренды уровня оз. Ханка



В 1995-2000 гг.
падение уровня воды
на ~ 0.16 м/г.,
в 2009-2015 гг. рост
на ~ 0.1 м/г.,
в 2012-2014 гг. рост
на ~ 0.3 м/г. (Hydroweb) или
на ~ 0.25 м/г. (G-REALM),
В 2012-2016 гг. рост
на ~ 0.2 м/г. (G-REALM).



Аномалии уровня воды (м) по данным G-REALM



Можно ли интерпретировать резкие изменения в несглаженных данных (0.5 м и более за 20-30 дней)?

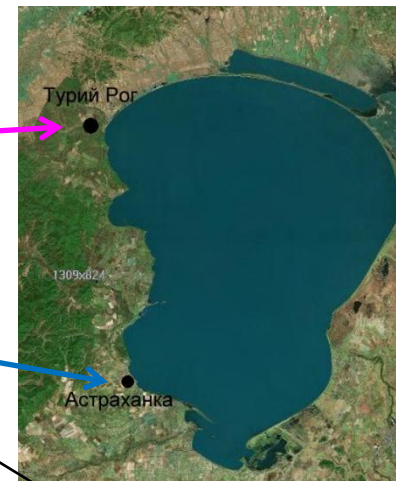
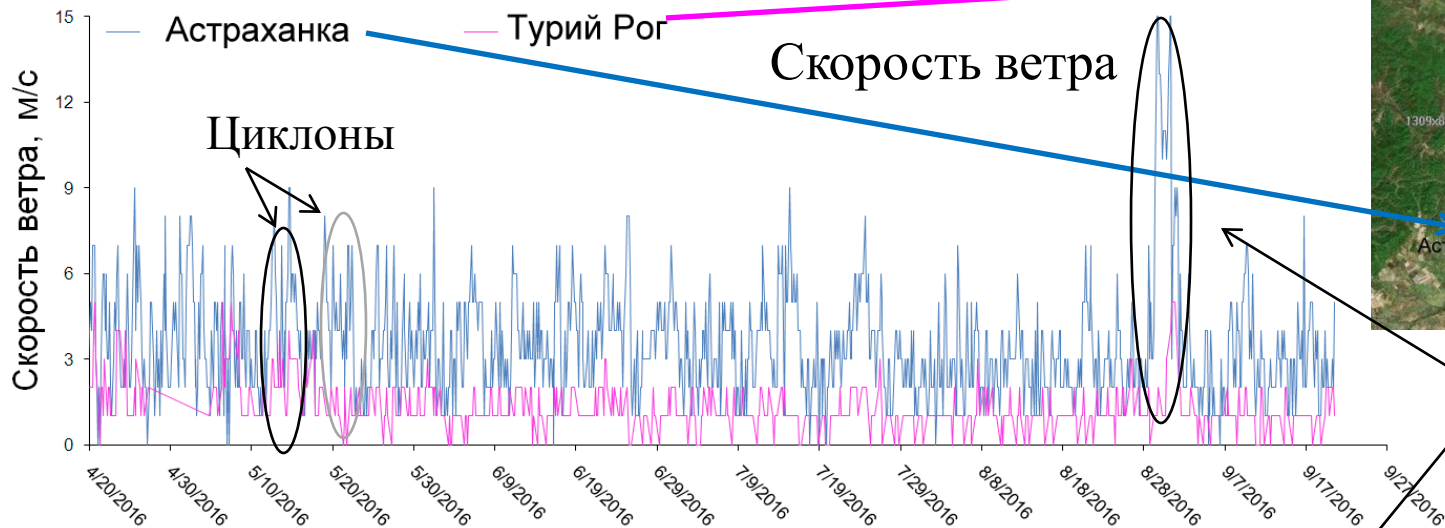
Нельзя объяснить колебаниями водного баланса в озере в целом.

Ошибки в данных?

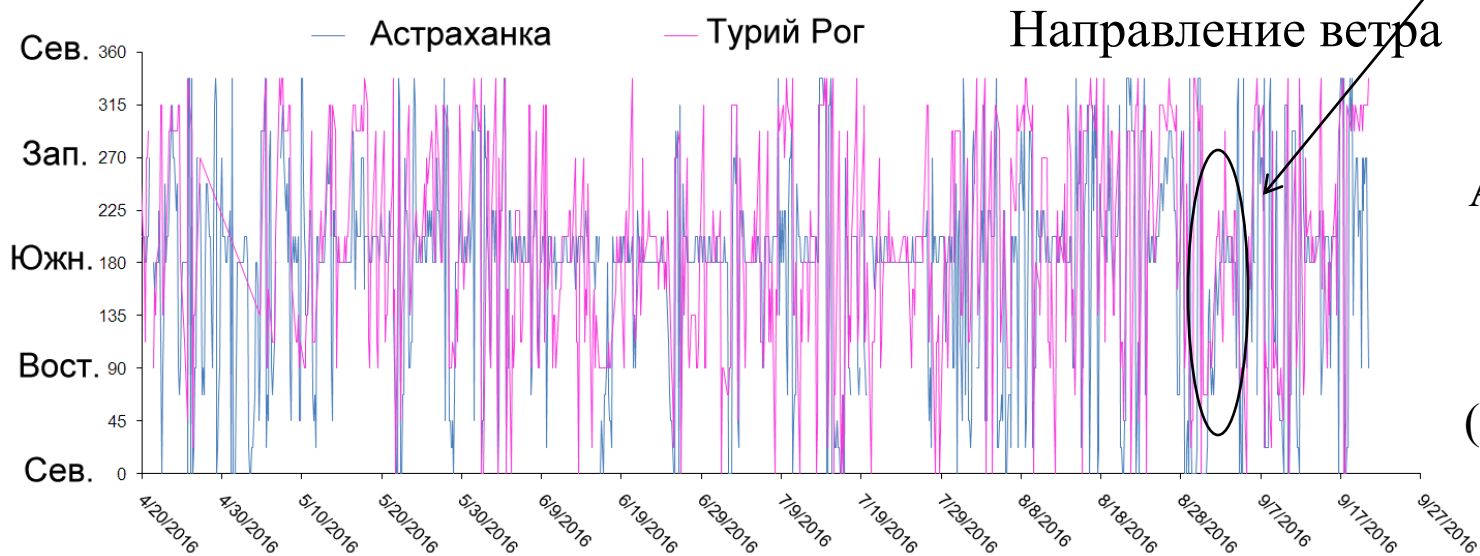
Ветровое денивелирование?

На примере 2016 г.

Данные по ветру за 2016 г. (теплый сезон) (ЕСИМО)



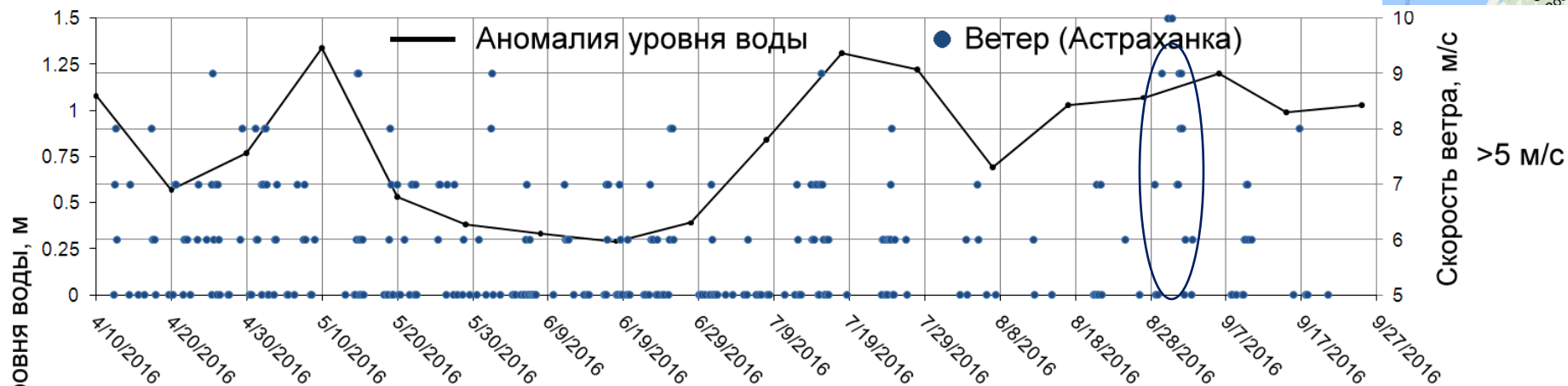
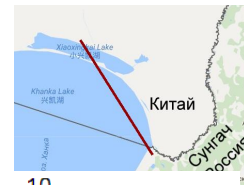
Циклон и тайфун «Лайонрок»



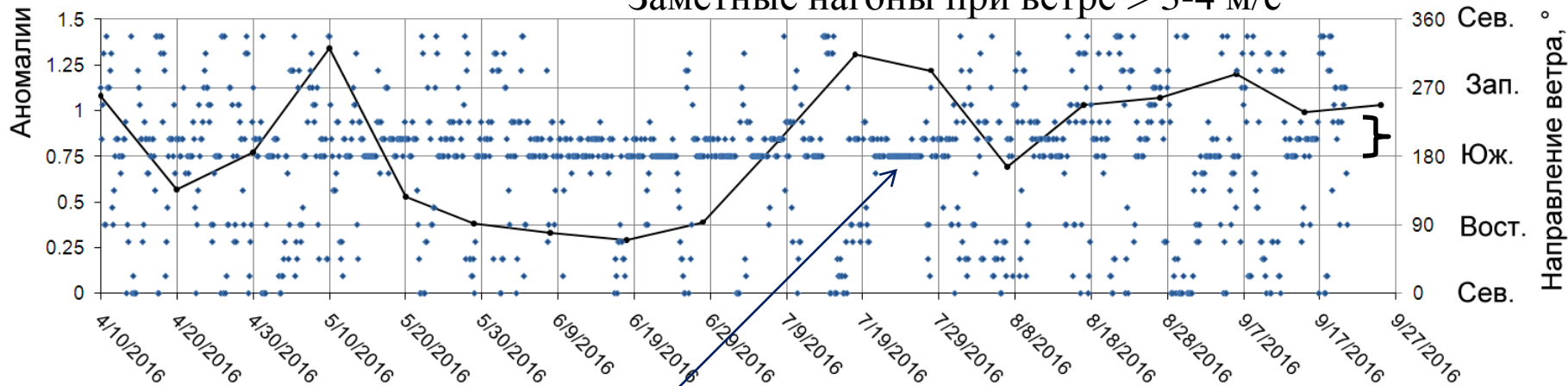
Астраханка на равнине, Турий Рог в сопках (слабый ветер)

Согласованные изменения при прохождении синоптических барических систем.
Существенная пространственная неоднородность ветра над озером.

Сравнение аномалий уровня воды на треке и ветра (только при $W > 4$ м/с)

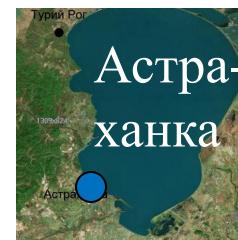


Заметные нагоны при ветре $> 3-4$ м/с



Преобладает южный – юго-западный ветер, как обычно в теплый сезон.

Соответствия не наблюдается.



Ветровая циркуляция в озере (Васьковский, 1978)

Схема течений

(По съемкам 1951-1955, 1957, 1958 гг.)

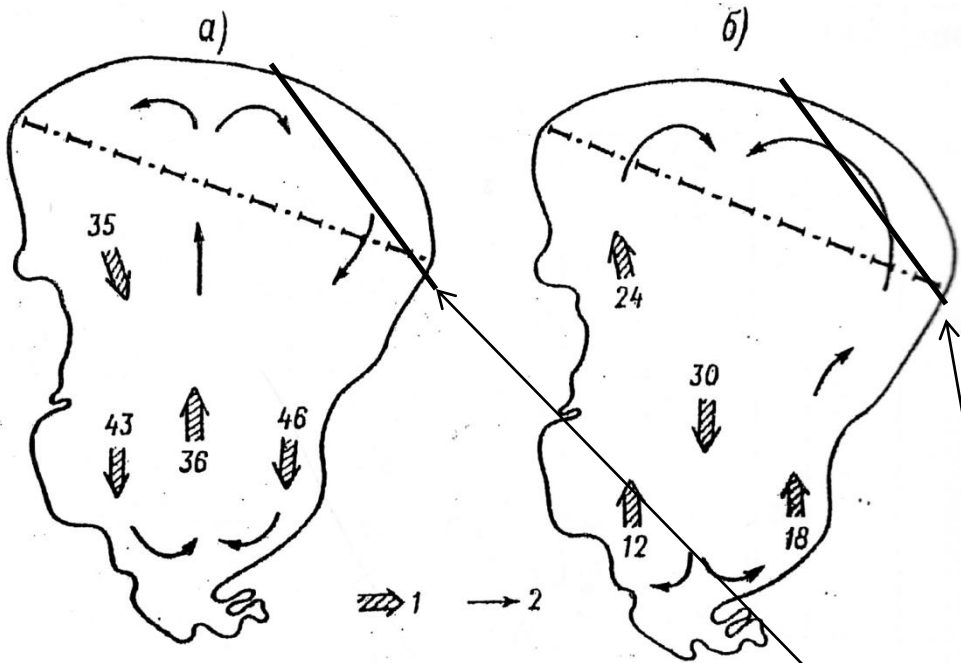
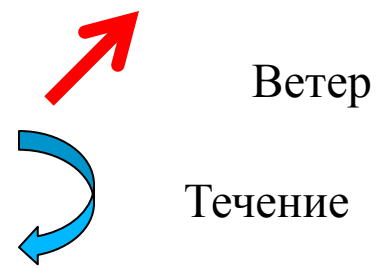
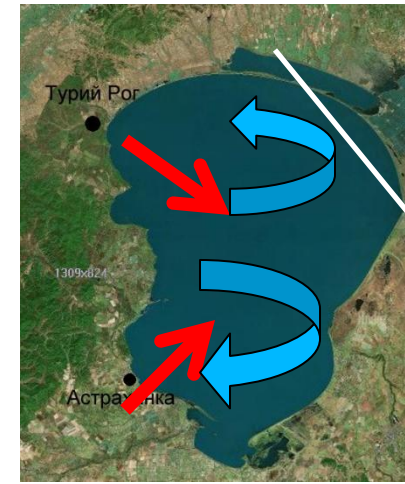


Рис. 5.8. Схематические карты поверхностных течений на оз. Ханка при ветрах южной четверти

a — схема установившихся течений при ветре южной четверти, *б* — схема остаточных течений при предшествующем ветре противоположного направления; 1 — направление течения на вертикалях и его повторяемость в процентах (для восьми румбов), 2 — предполагаемые течения.

Эффект неоднородности ветра



Трек JASON-2

Выводы

- Выполнена оценка изменчивости уровня воды в оз. Ханка на основе данных спутниковой альтиметрии об озерах из международных баз, свободно распространяемых в сети Интернет.
- Разный характер годового хода: 1) значительный, с максимумом летом– осенью, 2) слабо выраженный, с максимумом в апреле (таяние); (минимум зимой в обоих случаях).
- Межгодовые режимы длительностью 1.5-3 года с разным характером годового хода.
- Выявлена тенденция повышения уровня оз. Ханка в 2012-2016 гг. со скоростью 0.2 м/год.

Спасибо за внимание!