

**Применение материалов спутниковых наблюдений
для разработки долгосрочных ледовых прогнозов
для озер и водохранилищ
(РФФИ-17-29-05045 офи_м)**

Сутырина Е.Н.

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Целью работы является разработка методик долгосрочного прогнозирования сроков полного очищения ото льда озера Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ с использованием значений телеконнекционного индекса АО (Arctic Oscillation).

- **Разработка методов долгосрочных ледовых прогнозов включает:**
- исследование специфики ледовых условий изучаемых водоемов, включая определение сроков наступления прогнозируемого явления, их крайние и средние даты и межгодовую изменчивость;
- анализ атмосферных процессов, приводящих к выносу теплых или холодных воздушных масс в район исследования и оказывающих влияние на протекание ледовых явлений;
- обнаружение взаимосвязи между ледовыми явлениями и показателями, представляющими соответствующие атмосферные процессы;
- разработка прогнозных зависимостей, позволяющих предвидеть характер развития ледовых явлений с определенной заблаговременностью и оценку их эффективности.

- Для разработки региональных методик ледовых прогнозов в рамках настоящего исследования были использованы сроки полного очищения акватории Южной, Центральной и Северной котловин озера Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ определенные с применением данных радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) за 1998- 2020 гг. согласно методике, описанной в (Сутырина, 2014)*.
- За период исследования были определены **средние, наиболее поздние и наиболее ранние сроки** полного очищения ото льда исследуемых водоемов. Согласно полученным данным сроки полного очищения изучаемых водоёмов изменяются в широких пределах, и разброс сроков достигает от 22 дней на Братском водохранилище до 29 дней в Северной котловине озера Байкал (табл. 1).

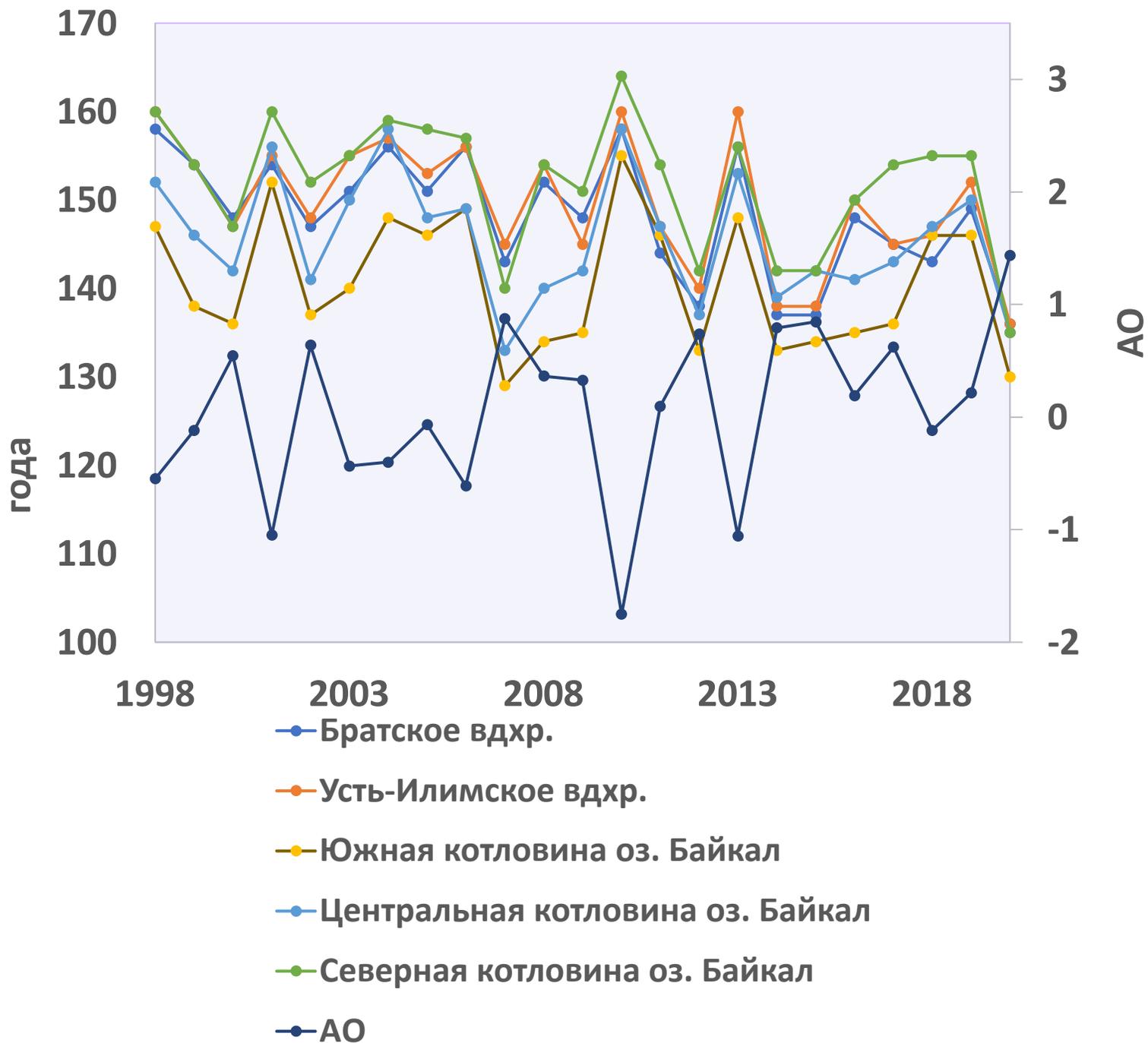
*Сутырина Е.Н. Изучение внутренних водоёмов и водосборов с применением данных дистанционного зондирования Земли. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. 133 с.

Характерные сроки полного очищения ото льда изучаемых водоёмов по данным AVHRR за период с 1998 по 2020 гг.

Характеристика	Южная котловина оз. Байкал	Центральная котловина оз. Байкал	Северная котловина оз. Байкал	Братское водохранилище	Усть-Илимское водохранилище
Средний срок полного очищения	20 мая	25 мая	1 июня	28 мая	29 мая
Срок наиболее раннего полного очищения	9 мая	13 мая	15 мая	16 мая	16 мая
Срок наиболее позднего полного очищения	4 июня	7 июня	13 июня	7 июня	9 июня
Размах сроков полного очищения, сутки	26	25	29	22	24
Среднее квадратическое отклонение σ , сутки	7	7	7	7	7

Межгодовые колебания сроков полного очищения водоемов и АО находятся в противофазе и демонстрируют тесную связь, что благоприятствует использованию АО как предиктора

Сроки полного очищения ото льда, дни с начала



На основании совместного анализа массивов данных о сроках полного очищения водоемов и значений АО предложены прогнозные полиномиальные зависимости второго порядка для Южной и Центральной котловин оз. Байкал (1):

$$\tau = \zeta_0 + \zeta_1 X + \zeta_2 X^2 \quad (1)$$

и третьего порядка для условий Северной котловины оз. Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ (2):

$$\tau = \zeta_0 + \zeta_1 X + \zeta_2 X^2 + \zeta_3 X^3 \quad (2)$$

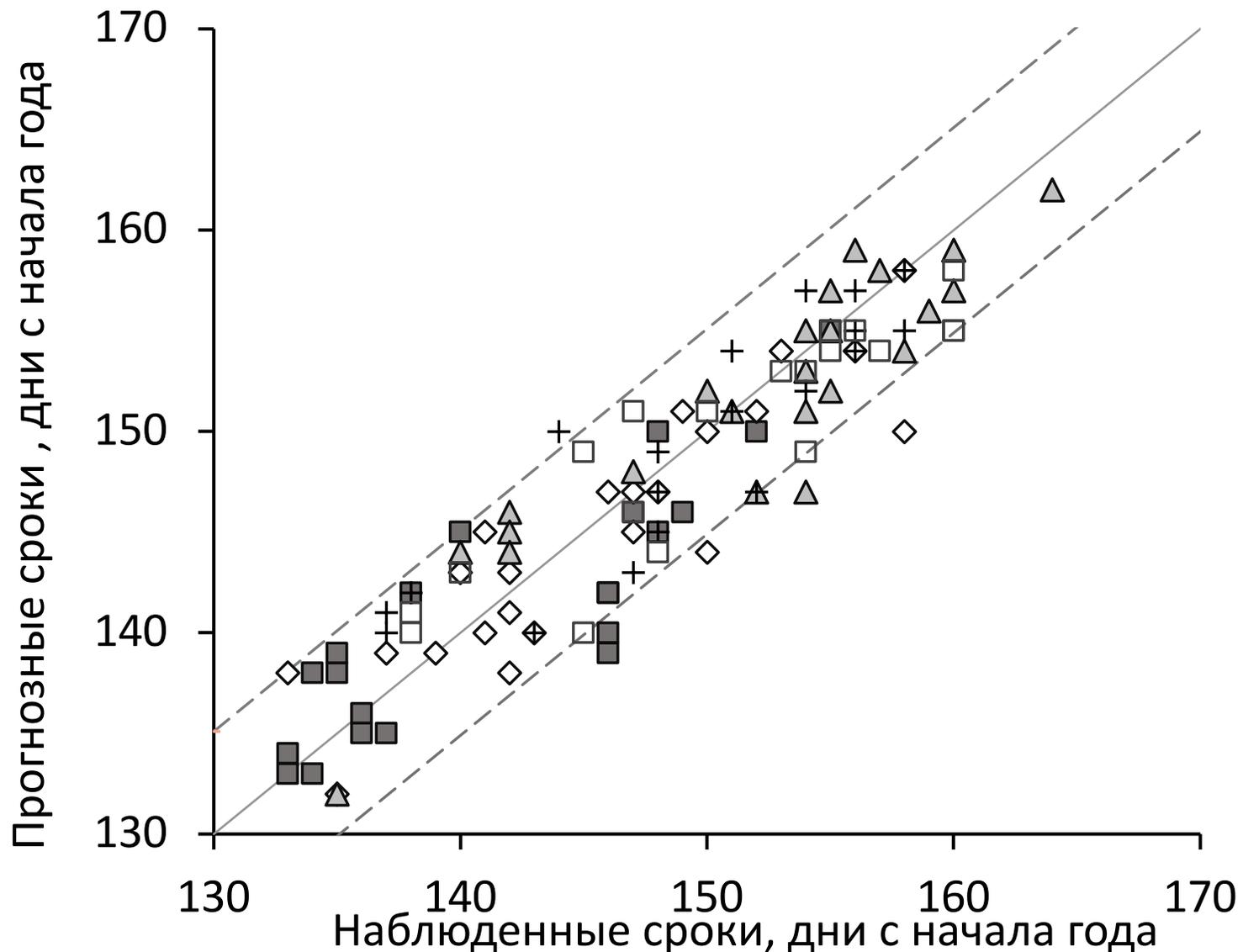
где τ – дата полного очищения акватории ото льда от среднего значения, сутки;

X – предиктор, в качестве которого выступает индекс АО, усредненный за различные периоды, которые приведены;

$\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$, – наборы региональных регрессионных коэффициентов, полученных с использованием метода наименьших квадратов, сутки.

Характеристика прогнозной зависимости	Южная котловина оз. Байкал	Центральная котловина оз. Байкал	Северная котловина оз. Байкал	Братское водохранилище	Усть-Илимское водохранилище
Период осреднения предиктора	Ноябрь–апрель	Ноябрь–апрель	Ноябрь–апрель	Ноябрь–апрель	Ноябрь–апрель
Средняя заблаговременность прогнозов, сут.	20	25	32	28	29
Максимальная заблаговременность прогнозов, сут.	35	38	44	38	40
Индекс корреляции $\rho = \sqrt{1 - (S/\sigma)^2}$	0,89	0,90	0,91	0,85	0,89
Обеспеченность допустимой погрешности прогнозов p, %	91,3	91,3	95,7	91,3	91,3
Коэффициент прогностической информативности	0,87	0,87	0,85	0,81	0,85
Категория качества методики прогнозирования	хорошая	хорошая	хорошая	удовл.	удовл.

Оправдавшиеся
прогнозы (в пределах
допустимой
погрешности)
расположены между
двух пунктирных линий



- Южная котловина оз. Байкал
- △ Северная котловина оз. Байкал
- ◇ Центральная котловина оз. Байкал
- + Братское вдхр.
- Усть-Илимское вдхр.

Прогнозные зависимости позволяют прогнозировать характер ледовой обстановки со средней заблаговременностью от 20 до 32 дней и максимальной - от 35 до 44 дней. Обеспеченность допустимой погрешности прогнозов предложенных прогностических зависимостей составляет от 91,3 до 95,7 %, индекс корреляции составляет от 0,85 до 0,91. По результатам проверки эффективности разработанные методики прогнозирования сроков полного очищения ото льда акваторий Южной, Центральной и Северной котловин озера Байкал могут быть отнесены к категории хороших, Братского и Усть-Илимского водохранилищ – к категории удовлетворительных. Значения коэффициента прогностической информативности 0,81 и более демонстрируют временную стабильность и возможность практического использования полученных прогнозных методик.