

## ОПЫТ ШТАБНОГО ПРОИГРЫВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНЗИТНЫХ ПЛАВАНИЙ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ В НАВИГАЦИЮ 2023 ГОДА

Процессы развития современных экономических и инфокоммуникационных условий в Арктике выпукло представлены крупными ресурсными проектами, например «Арктик СПГ 2», строительством современного ледокольного флота, в том числе трех новых атомных ледоколов, и объектов инфраструктуры — реконструкцией портов, строительством железных дорог и так далее.

Такие примеры являются свидетельством широко-масштабной системной кооперации в России.

Менее масштабным, но важным примером является опыт системной кооперации для обеспечения устойчивой логистики морских транспортных операций в Арктике.

Опыт штабного проигрывания первых (июнь) транзитных морских операций (МО) по Северному морскому пути (СМП) в 2023 году является уникальным опытом системной кооперации между участниками логистического обеспечения ледового судоходства в Арктике.

Системная кооперация для навигации по СМП — это не только хозяйственные связи, но и стандартные процедуры взаимодействия между различными участниками арктического судоходства, от неформальной коммуникации до межфирменных информационных систем и сложных интеграционных структур. Процесс кооперации должен сопровождаться стратегическим развитием фирм-участниц, вовлечением знаний всех участников и обменом этими знаниями в процессе создания добавленной стоимости.

Условно можно выделить два основных направления системной кооперации участников арктического судоходства:

- связи между компаниями внутри отрасли, например между операторами различного уровня;
- взаимодействие компаний отрасли (операторов) со смежными компаниями — поставщиками оборудования, информационного наполнения (контента), программного обеспечения и т. д.

Характерным примером взаимодействия между операторами различного уровня является взаимодействие РОСАТОМ–НОВАТЭК. Его результат — решение задачи назначения ледокольного обеспечения при ранних транзитных плаваниях газозовов ледового класса Арк7. Примером взаимодействия другого типа является взаимодействие РОСАТОМ–НОВАТЭК–АНИИ. Результатом является решение задач определения сроков начала и продолжительности морских операций при ранних транзитных плаваниях газозовов ледового класса Арк7.

Операторы арктического судоходства на современном этапе развития обладают собственными ситуационными центрами, программное и информационное наполнение которых очень высокого уровня (Штаб морских операций РОСАТОМА, Ситуационный центр (СЦ) сформированы с использованием серьезного финансирования и привлечением современных цифровых технологий получения и обработки всех возможных данных дистанционного зондирования Земли из космоса, данных автоматической идентификационной системы судоходства и других.

Штабное проигрывание 2023 года показало, что разработка прогнозов различной заблаговременности является качественным преимуществом АНИИ в инфокоммуникационном сегменте взаимодействия. Информационные системы СЦ, имея доступ к различным источникам прогностической информации в рамках международного обмена (в том числе по ледовой обстановке) и оперируя этой информацией, не обеспечивают в настоящее время надежность последней для принятия решений персоналом управления морскими операциями (лицами, принимающими решения, — ЛПР). 90-летний опыт взаимодействия АНИИ с ЛПР штабов морских операций в Арктике привел к понятию специализированного гидрометеорологического и ледового обеспечения арктического судоходства. В основе этого понятия и лежит принцип системной кооперации. Результатом внедрения такого системного подхода являются специализированные ледовые прогнозы и утвержденные планы конкретных морских операций.

Система специализированного прогнозирования в интересах гидрометеорологического и ледового обеспечения транзитных (СГМиЛО) морских операций (МО) в Арктике реализуется в несколько этапов.

Ниже представлен пример выполнения первого этапа СГМиЛО МО. Это, во-первых, определение года-гомолога, т. е. года, генетически указывающего на динамику ледяного покрова как физико-географического объекта; и, во-вторых, определение систем, позволяющих подтвердить или опровергнуть подобный выбор.

Идентичность динамики ледового покрова как географического объекта в период с 18 июня по 17 июля 2023 года и в соответствующий период 2005 года-гомолога продемонстрирована на диаграмме состояний (рис. 1). Хорошо видно, что характер влияния основных факторов в эти годы практически совпадает и различается в сравнении с другими годами.

Правильность подбора года-гомолога подтверждают и толщины льда спокойного термического нарастания на станциях, представленные ниже.

Таблица 1

**Толщины льда спокойного термического нарастания на станциях**

Станция	2005 (апрель/май)	2023 (апрель/май)
Диксон	128/132	121/125
Стерлегова	168/173	162/167
Челюскин	180/190	143/150
Санникова	198/212	210/213
Айон	175/175	180/180
Врангеля	158/162	н/д
Ванкарем	н/д	188/188

Все другие существующие системы отображения ледовой обстановки с помощью «условностей» площадного распределения однородных параметров ледяного покрова как физического объекта могут лишь опосредованно указать на существование подобных процессов в выбранных годах и не могут опровергнуть определенное подобие. Ниже представлено распределение льда

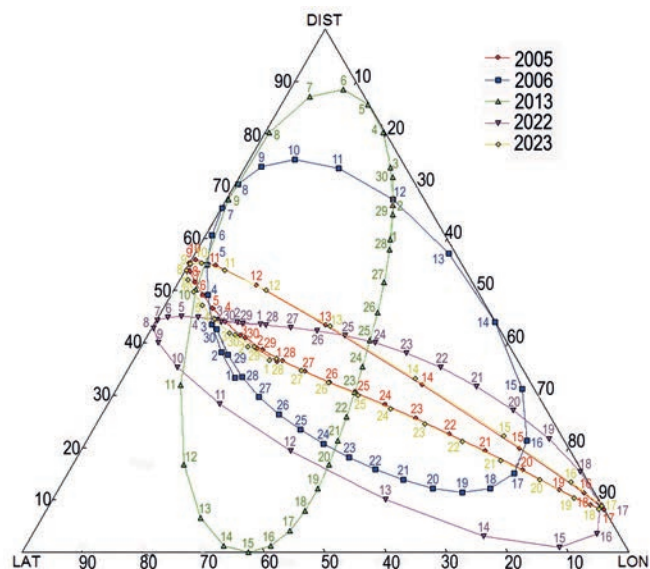


Рис. 1. Диаграмма состояния основных параметров луны.

LAT — высота Луны над горизонтом (%), LON — угол восхождения Луны (%), DIST — расстояние Луны от Земли (%). Цветные цифры у точек — лунные сутки

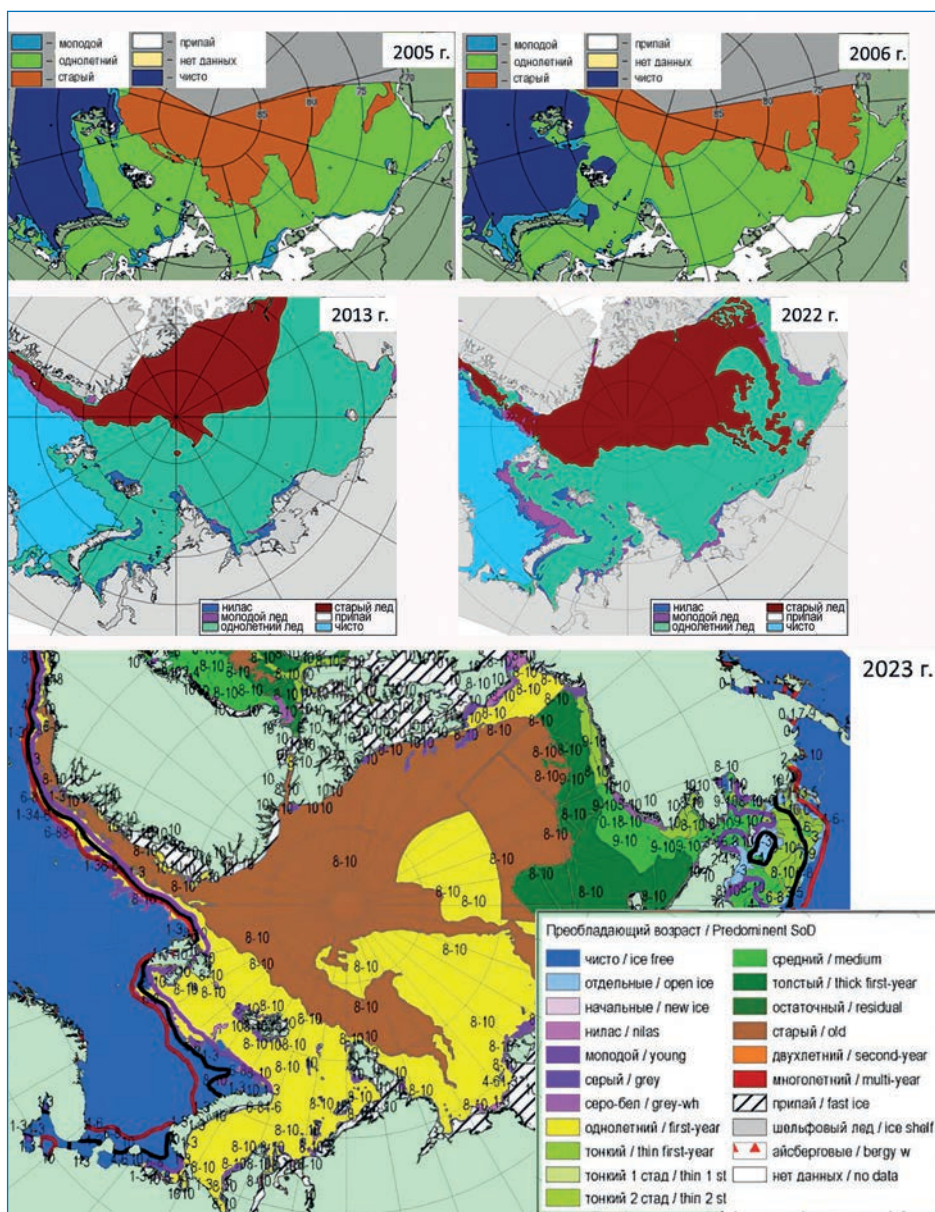


Рис. 2. Распределение льда в СЛО в мае 2003, 2005, 2013, 2022, 2023 гг.

в разные годы (рис. 2), по которому нельзя однозначно выделить годы-гомологи. Во все рассмотренные годы есть однолетний и старый лед. В разные годы имеются различные языки старого льда. Визуальное сходство в 2023 году и 2005 году в наличии мощных языков многолетнего льда в море Лаптевых вдоль Северной земли и в Восточно-Сибирском море по направлению к Новосибирским островам и наличие мощного припая в Восточно-Сибирском море становится заметным только при знании, что эти года — гомологи.

На втором этапе СГМило МО производится синтез прогностических утверждений об условиях ледового плавания вдоль трасс транзитных МО и разработка обоснованных рекомендаций для выбора оптимального варианта ледового плавания (ОВП). Наиболее востребованными являются прогнозы заблаговременностью не меньшей, чем продолжительность самой МО, — от 10 суток и более. При этом принципиально важное значение приобретают специализированные прогнозы условий ледового плавания (УЛП) непосредственно на рекомендуемых трассах проводки судов. Это утверждение обосновано тем обстоятельством, что предоставление информации о существовании различий условий ледового плавания на конкретных трассах МО является основанием определенности для ЛПР.

Пример информации, разрабатываемой на втором этапе СГМило МО, приведен на рис. 3. Второй этап включает прокладку ОВП, выделение участков трассы ОВП с благоприятными и неблагоприятными УЛП, представление ожидаемых ледово-эксплуатационных характеристик на каждом участке рекомендуемого варианта плавания и отображение ОВП на картах ледовой обстановки.

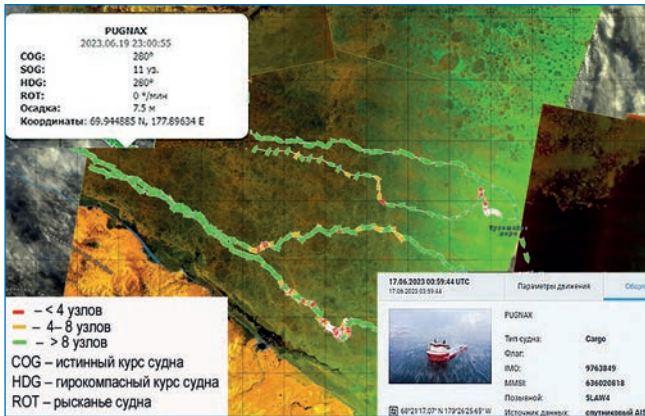


Рис. 3. Пример представления информации на втором этапе СГМило МО транзитных морских операций в Арктике по Чукотскому морю. Фоном является мозаика радиолокационных ИСЗ-снимков

Третьим, обязательным этапом СГМило МО является обсуждение со всеми участниками арктического ледового судоходства результатов каждой конкретной транзитной морской операции.

Пример информации, обсуждаемой на третьем этапе СГМило МО, представлен на рис. 4. Показаны ожидаемые и фактические параметры состояния арктической среды судоходства и результаты ее сравнительного анализа.

В дополнение к графической информации об условиях ледового плавания приводится таблица ледово-эксплуатационных характеристик (длина участка маршрута, скорость и время прохождения) для характерных участков оптимального варианта плавания.

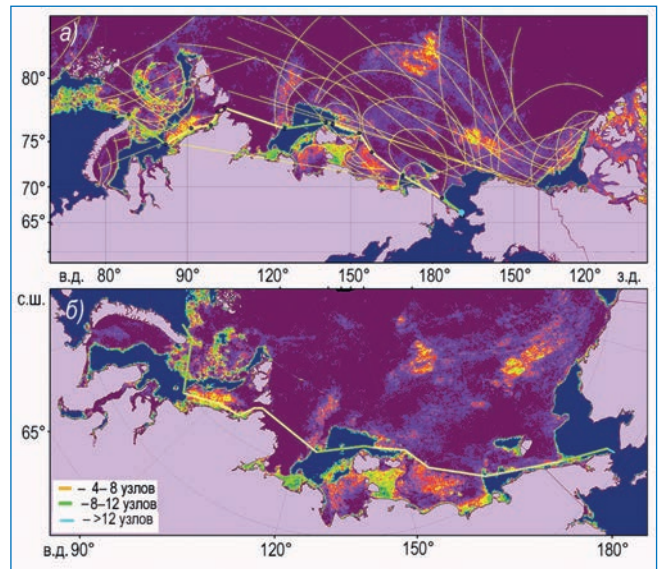


Рис. 4. Пример представления информации на третьем этапе СГМило МО транзитных морских операций в Арктике: а) — идентификация участков оптимального варианта плавания по условиям ледового плавания, б) — предложения по оптимальному варианту плавания.

Фоном являются мозаики микроволновых ИСЗ-снимков. Тонкие линии — линии тока воды в долгопериодных волнах-солитонах. Толстые линии — варианты плавания с оценкой условий ледового плавания

Таблица 2

Пример представления ледово-эксплуатационных параметров и координат поворотных точек

№ участка	Длина участка, мили	Средняя скорость на участке, узлы	Время прохождения участка, ч	Широта начала участка	Долгота начала участка	Широта конца участка	Долгота конца участка
0	29,85	14	2,13	73,17082	72,58403	73,71583	72,6794
1	170,57	12	14,21	73,71583	72,6794	75,89644	79,74705
2	186,15	10	18,62	75,89644	79,74705	77,49219	89,54776
3	108,85	7,5	14,51	77,49219	89,54776	77,25413	96,47841
...							
14	66,17	18	3,68	68,41129	-176,955	67,62547	-173,142
15	80,68	18	4,48	67,62547	-173,142	66,24001	-169,382
16	11,01	18	0,61	66,24001	-169,382	65,97087	-169,431

Также по значениям ледово-эксплуатационных параметров рассчитываются их статистические распределения по оптимальному варианту плавания. Пример распределения затрат времени представлен на рис. 5.

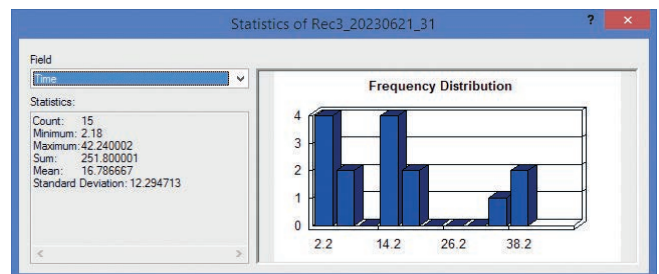


Рис. 5. Пример статистических распределений ледово-эксплуатационных параметров по оптимальному варианту плавания.

Frequency Distribution — частотное распределение, Field — поле из таблицы значений ледово-эксплуатационных параметров, Count — количество участков, Minimum — минимальные затраты времени на участок, Maximum — максимальные затраты времени на участок, Sum — общая продолжительность времени на оптимальном варианте плавания, Mean — средние затраты времени на участок, Standart Deviation — среднее квадратическое отклонение затрат времени на участок

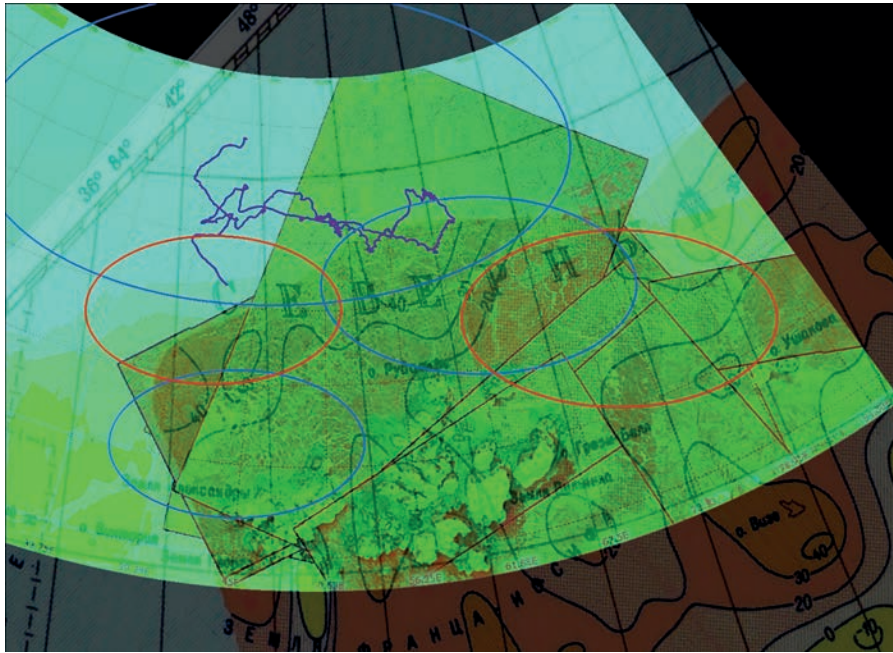


Рис. 6. Пример нового представления информации для оценивания динамического состояния арктической среды судоходства.

Синие эллипсы — области циркуляции вод с циклональной динамикой, красные эллипсы — области циркуляции вод с антициклональной динамикой, сиреневая линия — трек дрейфа судна «Северный полюс». Фон — карта аномалий силы тяжести и мозаика радиолокационных ИСЗ-снимков

Штабное проигрывание 2023 года показало необходимость и важность постоянной неформальной коммуникации разработчиков СГМО с лицами, принимающими решения в управлении МО. Такая коммуникация создает возможность демонстрации растущего научного и технологического потенциала ААНИИ через практику применения новых разработок в тестовом режиме для конкретных морских операций. Это формирует среду взаимовыгодного информационного оценивания и прогнозирования развития науки и технологий в Арктической зоне.

Опыт общения между различными участниками МО во время штабного проигрывания 2023 года показал, что наибольшего эффекта от заседаний оперативной группы можно добиться, значительно сократив количество участников. Состав оперативной группы не должен превышать 6–8 человек. В научно-оперативную группу должны включаться сотрудники ААНИИ, либо лично участвующие в принятии решений по проведению МО, либо отвечающие за прогностическую информацию по УЛП. Все коммуникации между остальными участниками МО должны проводиться в рамках других форматов.

Пример демонстрации участникам морских операций в Арктике новых направлений изучения ледяного покрова как среды судоходства приведен на рис. 6.

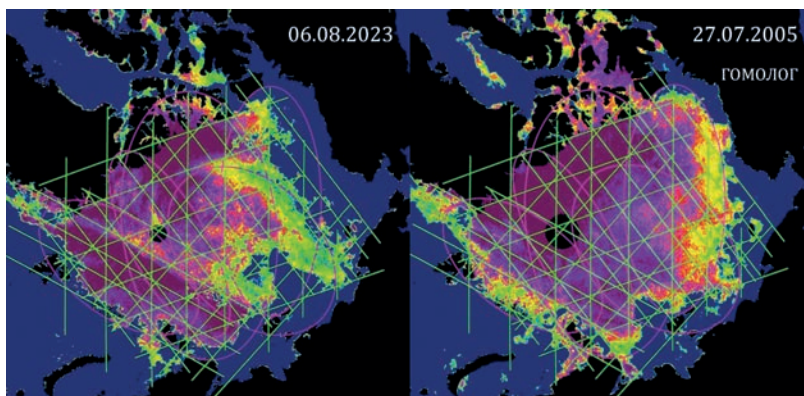
На этом рисунке представлено несколько слоев информации: карта аномалий силы тяжести, ИСЗ-снимок, солитоны долгопериодных волн и дрейф ледостойкой платформы «Северный полюс». Внедрение «новой» информации в практику СГМиЛО позволяет формировать научное обоснование особенностей текущей динамики ледового покрова и, главное, находить подобные процессы в исторических архивах и разрабатывать прогнозы на основе гомологий. На рис. 7 показано соответствие динамики льда в исследуемом году и его гомологе, основанное на подобию долгопериодной солитоноподобной волновой динамики Северного Ледовитого океана в 2005 и 2023 годах.

- Штабное проигрывание 2023 года показало, что:
- вкладом ААНИИ как участника арктического судоходства в Системную кооперацию является развитие технологий прогнозирования и обработки исходных данных на современном уровне развития науки и техники;
  - основой формирования научно-оперативной

группы должно быть стремление создать эффективную кооперацию участников арктического судоходства. Работа научно-оперативной группы должна основываться на имеющемся историческом опыте и традициях взаимодействия Штабов морских операций и ААНИИ.

Рис. 7. Соответствие динамики ледяного покрова годов-гомологов.

Фонм являются мозаики микроволновых ИСЗ-снимков. Фиолетовые эллипсы — линии токов воды в долгопериодных волнах-солитонах. Зеленые линии, образующие решетки, — линии экстремальных градиентов аномалий силы тяжести в Северном Ледовитом океане



*Е.И. Макаров  
(ААНИИ)*