

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В АРКТИКЕ И ЗАМЕРЗАЮЩИХ МОРЯХ

Третьяков В.Ю.^{1,2,3}, Фролов С.В.², Сарафанов М.И.^{1,2}, Федяков В.Е.²

¹ – *Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия, v_yu_tretyakov@mail.ru*

² – *ФГБУ Арктический и Антарктический НИИ (ААНИИ), Санкт-Петербург, Россия*

³ – *Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Рассматривается ряд геоинформационных и компьютерных технологий, применяемых в ААНИИ для информационного обеспечения выполнения морских транспортных операций в условиях существования ледяного покрова.

Ключевые слова: ГИС-технологии, стратегическое и оперативное обеспечение ледового плавания.

Важнейшим из факторов, обеспечивающих суверенитет России, является её энергетическая независимость и возможность экспорта углеводородов. Кроме морских транспортных операций по перевозке углеводородов, в Северном Ледовитом океане выполняются: вывоз цветных металлов из Норильского промышленного узла, «северный завоз», операции в целях обеспечения обороны России, туристические рейсы, отдельные переходы судов и кораблей по Северному Морскому Пути (СМП). В планах развития экономики превращение СМП в круглогодичную магистраль для транзита коммерческих грузов из стран Дальнего Востока в Западную Европу. При проведении этих транспортных операций необходимо учитывать наличие ледяного покрова. Все неарктические моря России хотя бы частично замерзают зимой. Ледяной покров определяет требования к прочностным характеристикам судов, кораблей и ледоколов, является фактором риска возникновения аварийных ситуаций. Особенно высок ущерб от аварийных разливов перевозимых углеводородов. С этой точки зрения потенциально опасными являются все трассы СМП, ведущие от береговых и прибрежных нефтяных и газовых терминалов (Варандей, Харасавэй, Сабетта, Новый Порт и др.), морских нефте- и газодобывающих платформ. В неарктических морях наиболее опасны маршруты плаваний танкеров от порта Приморск в Финском заливе, от порта Де-Кастри в Татарском проливе и района Чайво у восточного берега Сахалина в Охотском море.

Проведение морских транспортных операций в условиях существования ледяного покрова требует гидрометеорологического обеспечения. Морские транспортные системы функционируют продолжительное время, как минимум 20-30 лет. Поэтому необходимы 2 типа гидрометеорологического обеспечения: для стратегического планирования системы и тактической поддержки отдельных плаваний. Планирование системы требует определения оптимальных параметров ледовых усилений судов. Они могут быть определены с помощью моделирования плаваний по этому маршруту методом Монте-Карло. Он позволяет определить вероятность аварийных ситуаций за большое количество плаваний. Исследуются аварийные ситуации, обусловленные наличием ледяного покрова. Аварийная ситуация может возникнуть из-за динамического или статического взаимодействия судна с объектом ледяного покрова. Аварийная ситуация первого типа может быть предотвращена соблюдением Правил безопасного судоходства. Статическое взаимодействие корпуса судна с ледовым покровом при сжатиях дрейфующих льдов является форс-мажорным обстоятельством. Для моделирования необходимо знать статистические распределения параметров ледяного покрова. Разумеется, стати-

стические распределения должны отражать внутригодовую и пространственную изменчивость значений параметров. Поэтому распределения должны характеризовать не весь период существования ледяного покрова, а отдельные десятидневные интервалы (декады) внутри этого периода. Например, если ледяной покров существует на определённом маршруте с первой декады октября по последнюю декаду июня, то статистические распределения значений параметров ледяного покрова должны быть построены для каждой из 27 декад. В случае протяжённого маршрута распределения должны относиться не ко всему маршруту в целом, а характеризовать его отдельные участки. Статистические распределения параметров ледяного покрова строятся по данным экспедиций ААНИИ и ледовых карт Архива ААНИИ. Это векторные карты – результаты дешифровки спутниковых снимков [1, 2]. Для автоматизированного получения параметров ледяного покрова по маршрутам плаваний в среде ArcGIS используется комплекс созданных на языке Python компьютерных программ. Проверка однородности значений параметров за многолетний период выполняется в среде Mathcad с помощью ряда разработанных программ.

Оперативная поддержка конкретной транспортной операции включает в себя дешифровку спутниковых снимков, прогноз изменений параметров ледяного покрова на основании данных снимков и прогноза погоды, преобразование прогноза параметров ледяного покрова из матричной формы в шейпфайлы ArcGIS, построение возможных маршрутов плавания и выбор из них оптимального. В ААНИИ разработана модель расчёта скорости движения судов и караванов в зависимости от характеристик ледяного покрова, и она реализована на языках VBA и Python для использования в среде ArcGIS. При этом осуществляется детализация непосредственно по маршруту плавания генерализованных данных, учитывающая избирательность движения судна, в соответствии с результатами специальных судовых ледовых наблюдений экспедиций ААНИИ. Выполняются операции пересечения предполагаемых маршрутов плавания со слоями прогноза параметров ледяного покрова, и расчёты суммарного времени плавания по маршрутам. Реализован детерминированный вариант компьютерной системы, при котором определяется точное время плавания по маршруту. Однако время прохождения маршрута следует рассматривать как случайную величину. Поэтому значения параметров ледяного покрова на однородных участках маршрута следует рассматривать как математические ожидания (МО) случайных величин, имеющих определённые статистические распределения. Применение подхода Монте-Карло при расчёте времени плавания позволит более объективно оценивать затраты времени. В этом случае определяются два параметра временных затрат плавания: МО и среднее квадратичное отклонение (СКО). В соответствии с «правилом трёх сигм» для выбора маршрута плавания следует сравнивать суммы МО и утроенного СКО. Возможные маршруты плавания прокладываются на электронной карте специалистом-оператором. Возможна полная автоматизация определения самого быстрого маршрута. Для этого создаются изохроны – линии, до достижения которых от точки начала маршрута требуется одинаковое время. Точка начала маршрута и все изохроны соединятся по прямым линиям кратчайших расстояний.

Литература

1. Бресткин С.В., Быченков Ю.Д., Девятаев О.С., Фоломеев О.В. Обеспечение гидрометеорологической безопасности в Арктическом регионе // Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктическом регионе. Безопасный город в Арктике. Международная научно-практич. конф. Материалы конференции. МЧС России. 2016. С. 68-72.
2. Миронов Е.У., Смирнов В.Г., Бычкова И.А. и др. Экспериментальный аппаратно-программный комплекс спутникового мониторинга и прогноза ледовой обстановки // Проблемы Арктики и Антарктики, № 2(212), 2017. С. 15-26.

GIS-TECHNOLOGIES FOR MAINTENANCE OF MARINE TRANSPORT OPERATIONS IN THE ARCTIC AND FREEZING SEAS

Tretyakov V.Yu.^{1,2,3}, Frolov S.V.², Sarafanov M.I.^{1,2}, Fedyakov V.E.²

¹ – *Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Russia, v_yu_tretyakov@mail.ru*

² – *Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia*

³ – *Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia*

Abstract. There is considered a number of GIS and computer technologies applied in Arctic and Antarctic Research Institute (St. Petersburg, Russia) for information maintenance of marine transport operations within ice cover.

Key words: GIS-technologies, strategic and operational maintenance of ice navigation.