

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОТОКОВ ТЕПЛА В РУКАВАХ ДЕЛЬТЫ ЛЕНЫ И НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ.

Платов Г.А.¹, Шлычков В.А.², Голубева Е.Н.¹, Крылова А.И.¹, Фофонова В.В.³

¹ Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, ² Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия, ³ The Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Germany

Тепловой сток реки Лена является одним из ведущих климатообразующих факторов моря Лаптевых. Река дренирует большую часть Северо-Восточной Сибири, а ее воды аккумулируют распределенное в южных широтах тепло и выносят его в морскую акваторию. В устьевой области речные воды проходят через систему рукавов дельты, где происходит дробление магистрального расхода воды с уменьшением стоковых составляющих скоростей. Пространственная структура основного водотока изменяется и, как следствие, трансформируются потоки тепла, переносимые течением к морю. Так, при сравнительно небольших расходах, характерных для летне-осенней межени, важным становится теплообмен через свободную поверхность, который может заметно повлиять на температуру воды особенно в мелководных рукавах с медленным течением. Следовательно, изменится и суммарный тепловой сток в море. Поскольку воды Лены ощутимо влияют на термические и ледовые процессы в море Лаптевых, пространственное распределение потоков речного тепла на устьевом взморье представляет значительный интерес для анализа и интерпретации температурных аномалий шельфовых вод.

Цель работы состоит в изучении динамики речных вод и тепловых потоков в дельте р.Лена для оценки их влияния на термохалинный режим моря Лаптевых с помощью численного моделирования. Решение задачи основано на последовательном применении двух базовых компонентов имитационной системы – модели дельты Лены и модели циркуляции вод моря Лаптевых со склейкой режимов на линии сопряжения речных русел и морской акватории.

Русловая сеть дельты р.Лена состоит из множества проток и рукавов (более 6000 связанных водотоков) и имеет сложную плановую топологию. Построение цифровой модели рельефа русловой сети проводилось путем оцифровки береговых контуров с выделением основных проток, имеющих выраженную гидравлическую и пространственную обособленность, и второстепенных, играющих подчиненную роль. Разграничивающий критерий основывался на анализе ширины и протяженности отдельного водотока. Суммарный вклад мелких рукавов учитывался неявно путем коррекции площадей поперечников основных водотоков

на величину, обеспечивающую гидравлическую эквивалентность исходной и параметризованной русловых структур. Входным створом считался гидропост в с.Кюсюр в нижнем течении Лены, выходная граница совпадала с береговой линией моря. В ходе схематизации формировался направленный плоский граф, отражающий реальную топологию сети. В целом цифровая модель содержала систему связанных между собой 82 русловых участков и 70 узлов сочленения. Функция площадей поперечных сечений русел аппроксимировалась по известным гидролого-морфометрическим зависимостям.

Для расчета объемов субстанции, выносимой в морскую акваторию, необходимо правильно воспроизвести перераспределение вод по рукавам дельты. Описание кинематического режима сложноразветвленной системы русел проводится на основе гидродинамической модели с использованием уравнений Сен-Венана в одномерном приближении. На каждом из речных участков ставится начально-краевая задача. Решения "сшиваются" в узлах ветвления (вершины графа). Используется неявная разностная схема. На отдельном временном шаге с помощью совокупности прогонок разрешающий алгоритм сводится к обращению заполненной матрицы размерностью, отвечающей количеству вершин графа.

Для исследования особенностей распространения вод стока реки Лена и их роли в формировании локальной циркуляции моря Лаптевых используется система вложенных моделей, разработанная в ИВМиМГ СО РАН. Основу системы составляет региональная численная модель окрестностей дельты реки Лена и моря Лаптевых с разрешением до 400 м в районе дельты. В качестве фоновой модели, обеспечивающей взаимосвязь этого региона со всей системой циркуляции Северного Ледовитого океана, используется новая версия совместной модели Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана, использующей численную сетку с разрешением 10-25км в полярных районах. Численный эксперимент моделирует развитие плюма речных вод в условиях лета 2008 года. Этот период выбран в связи с наличием результатов инструментальных наблюдений в этом регионе по программе международного полярного года. В качестве атмосферного форсинга использовались результаты реанализа CORE-1. В целом анализ результатов численного эксперимента показывает удовлетворительное согласие с данными наблюдений.

Работа выполнена в рамках Интеграционного проекта СО РАН № 109.