

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ И СТОКА ВОДЫ В БАССЕЙНАХ РЕК СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Лебедева Л.С.<sup>1,2</sup>, Семенова О.М.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Нансен Центр, <sup>2</sup>ООО «НПО «Гидротехпроект», <sup>3</sup>СПбГУ имени М.В.Ломоносова, Россия

Гидрологические процессы зоны многолетней мерзлоты обладают специфическими особенностями, которые до сих пор изучены недостаточно. Одним из основных факторов формирования стока в полярных регионах является многолетняя мерзлота. Динамика формирования деятельного слоя, существенно зависящая от свойств того или иного ландшафта, значительно определяет характер протекания гидрологических процессов. Изменение состояния вечномерзлых пород (например, сроки и глубина сезонного протаивания) под влиянием изменений климата могут значительно трансформировать гидрологический режим. В современных условиях, когда исторические ряды данных наблюдений перестают быть репрезентативными, необходима разработка новых методов расчетов характеристик стока, основанных на математическом моделировании гидрологических процессов. Целью исследования стало совершенствование методов моделирования гидрологических процессов в зоне распространения многолетней мерзлоты, а также апробация предложенных подходов для расчетов характеристик стока на детально изученных объектах Колымской Водно-Балансовой станции и малоизученных водосборах бассейна р. Колымы. В основу работы положена детерминированная гидрологическая модель «Гидрограф», представляющая собой математическую систему с распределенными параметрами, описывающую процессы формирования стока в бассейнах с различными физико-географическими характеристиками. В модели «Гидрограф» в явном виде решается задача динамики тепла и влаги в почвенной колонке, что делает ее пригодной для использования в районах распространения многолетней мерзлоты. Основными задачами, решенными в рамках исследования, стали систематизация свойств подстилающей поверхности основных типов ландшафтов Северо-Востока России, создание базы данных параметров модели «Гидрограф» для исследуемой территории и моделирование процессов формирования деятельного слоя и стока воды в условиях горных ландшафтов и повсеместного распространения мерзлоты, характерных для бассейнов Северо-Востока России.

Объектом исследования выбрана Колымская Водно-Балансовая станция (КВБС). На основании анализа данных измерений глубины протаивания и стока на КВБС условно выделены четыре типа подстилающей поверхности, отличающихся глубиной протаивания

(0.5–1.8м) почвенного профиля и гидрологическим режимом: каменные осыпи, горная тундра, мохово-лишайниковое редколесье и лиственничный лес. В результате систематизации и обобщения физических свойств почвенно-растительного покрова, разработана схематизация почвенных профилей выделенных типов подстилающей поверхности, а также соответствующие им наборы параметров модели «Гидрограф». Моделирование динамики деятельного слоя выполнено отдельно для семи мерзлотомеров КВБС, характеризующихся сочетанием различных типов почвы, растительности и топографических условий, за период 1950-1990гг. с суточным расчетным интервалом. Приемлемое согласие рассчитанных и наблюдаемых глубин протаивания на всех объектах моделирования позволило сделать вывод об эффективности принятой систематизации почвенных профилей и набора параметров модели, описывающих различные ландшафтные условия КВБС. Моделирование процессов формирования стока с теми же наборами параметров, соответствующими основным ландшафтам КВБС, было проведено для малых водосборов КВБС, руч. Северный, Южный, Морозова, всей территории станции, руч. Контактный, и малых (площадью до 10000 км<sup>2</sup>) неизученных бассейнов района Верхней Колымы.

Метод расчета динамики тепла в почве, применяемый в гидрологической модели «Гидрограф», показал свою эффективность в задаче моделирования динамики протаивания/промерзания почвы и процессов формирования стока. Исследование показало, что параметры модели «Гидрограф», основные из которых представлены свойствами почвенно-растительного покрова, могут быть систематизированы по типам ландшафта и перенесены на другие объекты, характеризующиеся аналогичными условиями. Комплекс разработанных методов моделирования стока в совокупности с базой данных параметров может быть использован для надежного решения инженерно-экологических задач при строительстве и проектировании в условиях Арктики и носит универсальный характер. В частности, предложенные подходы легко применимы для гидрологических объектов любого размера (от малых до крупных рек), а также в условиях недостаточности гидрометеорологической информации, которая характерна для обширных полярных территорий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-31035 и Правительства Санкт-Петербурга.