

ОПЕРАТИВНЫЙ ПРОГНОЗ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В НЕИЗУЧЕННОМ РАЙОНЕ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

М.И. Зимин²

к.т.н., доктор РАЕН, профессор РАЕН, e-mail: zimin7@yandex.ru

О.А. Кумукова¹

зав. сектором Высокогорного геофизического института, e-mail: kumukova@rambler.ru

С.А. Зими́на²

доктор РАЕН, e-mail: zimin7@yandex.ru

¹Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

²Торонто, Канада

Аннотация. Рассматривается экспертная диагностическая система для оперативного прогноза селевой опасности в неизученном районе. Используется математическое моделирование, позволяющее оценивать возможность схода селя, основываясь на опорной модели и правилах перехода на новую модель. Приводятся примеры расчёта.

Ключевые слова: селевой поток, предсказание, математическое моделирование, безопасность, мониторинг.

Безопасность эксплуатации объектов является неотъемлемым требованием, предъявляемым к современной инфраструктуре. Она, в частности, обеспечивается проектированием мероприятий и конструкций по их инженерной защите от воздействия опасных природных и природно-техногенных процессов. Одним из таких процессов является селя, представляющий собой грязевой или грязекаменный поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек [3]. Однако на данный момент отсутствуют вычислительные технологии, учитывающие взаимовлияние и комплексный характер различных факторов, приводящих к их возникновению и развитию, что не позволяет прогнозировать многие ситуации, вызываемые неблагоприятным сочетанием различных компонентов, серьёзно затрудняя инженерные изыскания для проектирования, строительства, реконструкции транспортных сооружений и обоснования размещения объектов транспортной инфраструктуры с учётом требований технической и социальной безопасности. Без адекватных математических моделей проблематично и осуществление мониторинга транспортных природно-технических систем во время их использования в горной местности, а также оценка возможных изменений обстановки в будущем. В то же время, согласно, например, [4] изменчивость метеорологических и сейсмических данных необходимо учитывать с помощью

соответствующих расчётов, и поэтому эти модели весьма востребованы, поскольку явления окружающей среды нередко отличаются многоплановостью и взаимодействием различных параметров, информация о которых может быть весьма неопределённой.

В работе [1] описано применение двухуровневых прогностических систем, имитирующих работу группы экспертов, для оперативного предсказания селей. Используются данные о погребённых льдах, наличии рыхлого материала, осадках, температуре воздуха, биопредвестниках. Приводятся также соответствующие зависимости, позволяющие оценивать селевую опасность в бассейне реки Герхожан-Су.

К недостаткам этого подхода следует отнести необходимость построения отдельных прогностических зависимостей для каждого селевого очага, что достаточно затратно, поскольку это связано с решением систем трансцендентных уравнений. Кроме того, нельзя исключить ситуацию, когда исходных данных для построения математических моделей зарождения и движения селей недостаточно. Это особенно актуально при анализе влияния возможных климатических или экологических изменений на селевую опасность.

В этом случае можно использовать приведённые выше прогностические зависимости в качестве опорных, вводя поправочные параметры. Подобный подход описан в [2]. Ранее он был успешно применён для моделирования средств связи.

Корректируется влияние угла склона, объёма рыхлого материала и объёма погребённого льда. Это было выполнено с помощью математического и компьютерного моделирования.

Как показывает это моделирование, сход селея при угле склона меньше либо равном $3,6^\circ$ нереален. Следовательно, для подобных участков даже при высоком таянии погребённых льдов и сильных осадках селевая опасность отсутствует. В противном случае влияние угла склона учитывается также, как при оценке селевой опасности в бассейне Герхожан-Су.

Объём селея пересчитывается по формуле

$$V_{sc} = V_{sg} \left(\frac{V_{Lrc}}{V_{Lrg}} + \frac{V_{ic}}{V_{ig}} \right),$$

где V_{sc} — объём селея, ожидаемого в заданном очаге, V_{sg} — объём селея, ожидаемого в очаге реки Герхожан-Су при аналогичных условиях, V_{Lrc} — объём рыхлого материала, имеющего размер частиц не более 20 мм, в заданном очаге, V_{Lrg} — объём рыхлого материала, имеющего размер частиц не более 20 мм, в селевом очаге реки Герхожан-Су; V_{ic} — объём погребённого льда в заданном очаге, V_{ig} — объём погребённого льда в селевом очаге реки Герхожан-Су. Если отсутствуют погребённые льды, то сумма среднесуточных температур с момента перехода среднесуточной температурой через 0°C и средняя температура за последние 10 дней не принимаются во внимание. В этом случае не учитывается также влияние сейсмической нагрузки.

В качестве примера можно привести оценку селевой опасности по данным на 17.07.2000 при объёме рыхлого материала в очаге 5000000 м^3 . В этом слу-

чае по прогнозу ожидается сход селей среднего объёма (10–100 тыс. м³), что выглядит правдоподобным, поскольку при аналогичных условиях имел место сход селя в районе г. Тырнауз объёмом несколько сотен тысяч кубометров, но поскольку объём рыхлой породы в рассматриваемом очаге на порядок меньше, то и объём возникшего в нём селя должен быть существенно меньше.

Другим примером является расчёт по предыдущим исходным данным, но при объёме рыхлого материала в очаге 50000 м³. В этом случае ожидается только сель малого объёма, что также логично.

Описанный подход позволяет осуществлять оперативное прогнозирование селей в условиях сильной неопределённости. Это особенно важно в тех случаях, когда сели в каком-либо районе сходят редко, оценка их объёма затруднена, но они всё-таки теоретически возможны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зимин М.И., Зими́на С.А. Прогнозирование воздействий на транспортные сооружения в горной местности на основе бионического подхода // Вестник СибАДИ. 2013. В. 3(31). С. 76–82.
2. Полляк Ю.Г., Филимонов В.А. Статистическое машинное моделирование средств связи. М. : Радио и связь, 1988. 176 с.
3. Сергеев В.С. Безопасность жизнедеятельности, модуль 2. Защита населения и территорий от опасностей в чрезвычайных ситуациях. М. : Российский новый университет, 2010. 89 с.
4. Ontario's 2006 Building Code. V. 1. Toronto : Ministry of Municipal Affairs and Housing, 2008.

OPERATIVE PROGNOSIS OF MUD FLOW RISK IN UNKNOWN AREA WITH THE HELP OF MATHEMATICAL MODELING

M.I. Zimin²

Candidate of Engineering Science, Doctor and Professor of Russian Academy of Natural Sciences, e-mail: zimin7@yandex.ru

O.A. Kumukova¹

Head of the Department of Alpine Geophysical Institute, e-mail: kumukova@rambler.ru

S.A. Zimina²

Doctor of Russian Academy of Natural Sciences, e-mail: zimin7@yandex.ru

¹Alpine Geophysical Institute, Nalchik, Russia

²Toronto, Canada

Abstract. The expert diagnostic system for operative prognosis of mud flow in unknown area is considered. Mathematical modeling allowing to estimate the probability of mud flow utilizing the base model and rules for converting to a new model is used. Examples of analysis are given.

Keywords: mud flow, forecast, mathematical modeling, safety, monitoring.