

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. МАКАРОВ, САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

В.А. Лобкина, Е.Н. Казакова, С.П. Жируев, Н.А. Казаков

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, ул. Горького 25, г. Южно-Сахалинск, 693023; e-mail: valentina-lobkina@rambler.ru

Поступила в редакцию 22 мая 2012 г.

Ущерб, причиняемый оползнями хозяйству Сахалинской области, выражается в повреждении и разрушении автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, завалах территорий населенных пунктов оползневыми отложениями, разрушении жилых домов и хозяйственных объектов. Имеются человеческие жертвы. Высокая оползневая опасность территорий населенных пунктов Сахалинской области при разработке документов территориального планирования (генеральные планы) требует создания схем планировочных ограничений.

В настоящей работе нами предлагается методика оценки оползневой опасности для построения схем планировочных ограничений территории населенных пунктов. Методика применима для оценки оползневой опасности большой территории (например, территория населенного пункта) и позволяет визуализировать информацию о положении оползневых массивов на крупномасштабных картах, оценить площадную пораженность оползневыми процессами, получить информацию об объектах и сооружениях (количество, тип, положение относительно оползневого массива и т.п.), находящихся в опасной зоне, и определить степень оползневой опасности. На основании категории оползневой опасности по каждому из опасных участков возможно принятие решений по реализации мер инженерной защиты либо переносу объектов из опасной зоны.

Методика оценки оползневой опасности рассмотрена на примере г. Макаров (восточное побережье о. Сахалин).

Ключевые слова: оползень, оползневая опасность, схемы планировочных ограничений, Сахалинская область.

ВВЕДЕНИЕ

Площадная пораженность территории Сахалинской области оползневыми процессами достигает 70 %. Ущерб, причиняемый оползнями хозяйству области, выражается в повреждении и разрушении автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, завалах территорий населенных пунктов оползневыми отложениями, разрушении жилых домов и хозяйственных объектов. Имеются человеческие жертвы.

Преимущественно горный рельеф области диктует необходимость размещения населенных пунктов, хозяйственных и промышленных объектов, транспортных магистралей и других объектов инфраструктуры в днищах узких горных долин и на поверхности низких морских террас между склонами морских абразионно-денудационных террас и морем.

Широкое развитие в геологическом разрезе малопрочных глинистых горных пород, благоприятные гидрогеологические и климатические условия обуславливают высокую степень интенсивности проявления экзогенных геологических процессов (в том числе оползневых) в населенных пунктах Сахалинской области.

Сход оползней зафиксирован в 36 населенных пунктах [5], в том числе в 10 городских и 26 сельских поселениях (рис. 1).

По результатам изучения архивных и полевых сведений, а также анализа геологических, геоморфологических и гидрометеорологических факторов оползневых процессов (позволяющих определить вероятность развития оползней на территории, для которой сведения о формировании оползней отсутствуют) нами было установлено, что территории 107

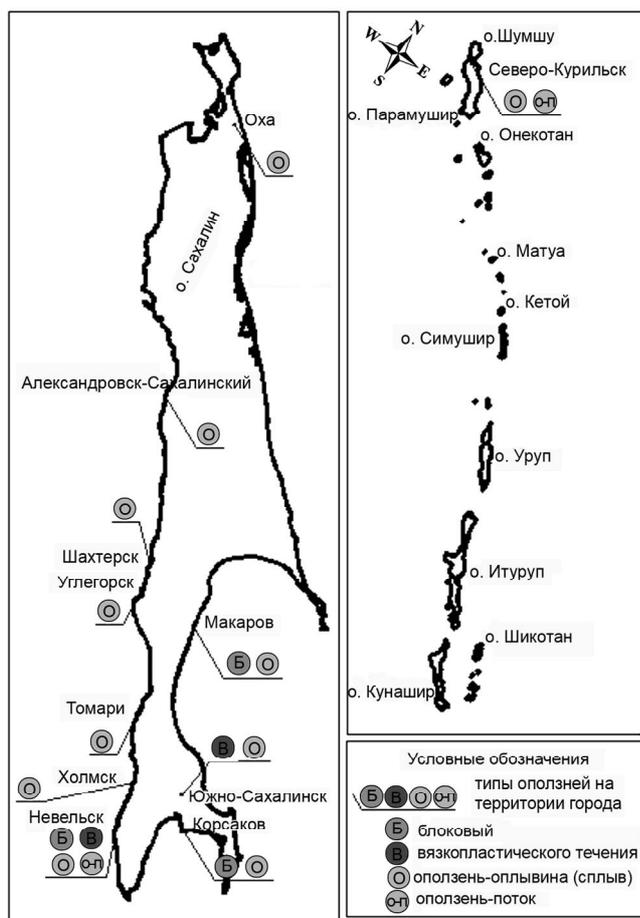


Рис. 1. Карта-схема распределения различных типов оползней на территории городов Сахалинской области.

(81 %) населенных пунктов Сахалинской области могут подвергнуться воздействию оползневых процессов (рис. 1).

Степень пораженности территорий отдельных населенных пунктов Сахалинской области оползневыми процессами может превышать 30 % (г. Невельск, г. Холмск и др.).

При оценке степени оползневой опасности территорий использовались архивные данные об оползневых катастрофах за период 1928–2012 гг. и сведения о периодах массового формирования оползней за период 1875–2012 гг.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОПОЛЗНЕВОГО РЕЖИМА

Высокая интенсивность проявления оползневых процессов в Сахалинской области обусловлена сочетанием геологических, геоморфологических и гидрометеорологических факторов, создающих условия для активного формирования в Сахалинской области оползней (в том числе, оползней больших объемов). Объемы блоковых оползней на побережье

залива Терпения (Макаровский район) превышают 5 000 000 м³, а глубина захвата пород оползневым процессом – более 100 м [5, 16].

Оползневые процессы в Сахалинской области развиваются во всем диапазоне высот: от уровня моря до водоразделов.

Инженерно-геологические свойства горных пород, слагающих исследуемую территорию, являются одним из основных факторов развития оползневых процессов. На Сахалине широкое развитие получили легко вовлекаемые в оползневой процесс горные породы (такие как аргиллиты, алевролиты, песчаники, супеси и суглинки).

Большое количество жидких осадков также способствует развитию оползневых процессов на территории Сахалинской области [4]; зарегистрированные максимумы жидких осадков: за циклон – 1277 мм, суточный – 230 мм, часовой – > 30 мм. Средняя сумма осадков за теплый период (апрель–октябрь) на Сахалине составляет 300–400 мм на севере и 450–800 мм на юге, в горах количество осадков увеличивается с высотой [8]. Однако спровоцировать активизацию оползней обильные осадки могут лишь в том случае, если массивы горных пород предварительно достаточно увлажнены.

К активизации оползневых процессов способны привести землетрясения [11, 16, 18]. При сильных землетрясениях (особенно после периодов длительного увлажнения горных пород) как в горной, так и в прибрежной части Сахалинской области могут формироваться блоковые оползни объемом более 1 млн м³.

Условия сейсмогенной активизации оползневых процессов на о. Сахалин не исследованы. Однако анализ имеющихся данных о характере проявления оползневых процессов во время землетрясений позволяет утверждать, что предварительное (не менее, чем в течение 1 года) увлажнение пород оползневых массивов является обязательным условием сейсмогенной активизации оползневых процессов. Пример последнего сильного землетрясения на о. Сахалин (Невельское землетрясение 02.08.2007 г., магнитуда 6.1 [14]) подтверждает приведенную точку зрения: землетрясению предшествовал длительный цикл малого увлажнения, и за исключением, нескольких маломощных оплывин объемом менее 50 м³, сорвавших почвенно-растительный слой толщиной менее 30 см, оползневых явлений отмечено не было. При этом следует учесть, что на территории г. Невельска развиваются блоковые оползни объемом более 100 тыс. м³, площадная пораженность территории города оползневыми процессами превышает 50 %.



Рис. 2. Коллекторные колодцы в г. Холмске, расположенные на активном оползне вязкопластического течения. Поверхность оползня задернована. 2012 г. (фото Казаковой Е.Н.).

В то же время, сейсмогенная активизация оползневых процессов проявляется как отложенный эффект: во время сильных землетрясений происходит образование глубоких трещин на поверхности оползневых массивов в скальных породах, в которые на протяжении последующих лет затекают поверхностные воды (преимущественно, атмосферные осадки). Длительное увлажнение потенциальных поверхностей скольжения оползней на контакте между согласно залегающими пластами скальных пород приводит впоследствии к формированию в скальных породах блоковых оползней больших объемов.

Такие процессы наблюдаются сейчас в г. Невельске, где после землетрясения 02.08.2007 г. образовались трещины на поверхности одного из оползневых массивов (песчаники, переслоенные с алевролитами).

На большинстве оползнеопасных участков Сахалинской области оползневые склоны, как правило, задернованы и покрыты травянистой (рис. 2) или древесной растительностью, однако лес на склонах не препятствует развитию оползневых процессов.

В годовом цикле активное формирование оползней имеет два пика [5, 12]: конец мая–начало июня и август–октябрь.

Первый пик оползневой активности вызван активным снеготаянием, которое вызывает резкое насыщение грунтов влагой и часто приводит к развитию оползней-сплывов (оплывин). Дожди в данный период могут служить триггерным механизмом для активизации оползней.

Второй пик связан с активной циклонической деятельностью, приводящей к выпадению большого количества жидких осадков.

ТИПЫ ОПОЛЗНЕЙ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ НА ТЕРРИТОРИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ОБЛАСТИ

На Сахалине Г.В. Полуниным в зависимости от геологических условий было выделено 40 типов оползней, характерных для определенных литологических комплексов [16, 17].

Для оценки оползневой ситуации на территории населенных пунктов и вдоль автомобильных, железных дорог специалистами лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН было выделено 4 основных типа оползней [5, 10, 16]: блоковые, вязкопластического течения, оползни-потоки и оплывины (сплывы) (рис. 1).

Блоковые оползни и оползни-обвалы.

А) Блоковые оползни и оползни-обвалы в коренных породах мощностью от 8–10 м до 200 м и более и объемом более 5.0 млн м³. Данный тип оползней получил наибольшее развитие на слабо выветренных трещиноватых породах, глубина захвата – до подстилающих коренных пород. Наиболее интенсивно развиваются на морских побережьях, в свитах с преобладанием глинистых пород. В скальных породах участки интенсивного проявления оползней приурочены к активным тектоническим нарушениям;

Б) Вторичные блоковые оползни на телах древних оползней и оползни-обвалы мощностью от 5–10 м



Рис. 3. Последствия схода оползня-сплыва в г. Невельск, 2010 г. (фото с сайта <http://sakhcom.ru/>).

до 50 м и более, объем – более 1.0 млн м³. Данный тип оползней получил наибольшее развитие на оползневых отложениях как вторичные оползни. Глубина захвата – элювиально-делювиальные отложения. Наиболее интенсивно развиваются на морских побережьях.

Оползни вязкопластического течения развиваются в покровных отложениях (в сильно выветренных глинизированных породах): протяженность – от десятков до первых сотен метров, объем – более 1.0 млн м³ (объем активного оползня течения между п.п. Ильинский – Белинское на побережье Татарского пролива оценивается в 1.5–2.0 млн м³ при мощности до 16.0 м).

Оползни-потоки (глетчерообразные оползни) имеют широкое распространение на о. Сахалин. Наиболее интенсивно они развиты в слаболитифицированных песчано-глинистых породах; глубина захвата пород – 5.0–40.0 м; объем – от 50 до 300 тыс. м³.

Оползни-оплывины развиты в делювиальных отложениях – это небольшие маломощные современные оползни, развиваются в водонасыщенных склоновых отложениях или на телах древних оползней (рис. 3).

ПЕРИОДЫ МАССОВОГО ОПОЛЗНЕОБРАЗОВАНИЯ

Периоды массовой активизации опасных экзогенных геологических процессов, в число которых входят оползневые процессы, хорошо сопоставимы с периодами увлажнения территории.

В вековом разрезе достаточно четко прослеживаются 5 больших циклов (19–21 год) увлажнения, которые в свою очередь подразделяются на малые циклы увлажнения периодичностью 5–6 лет [5]. При этом значительные вариации выпадения осадков отмечаются от года к году, однако циклы с большим количеством осадков чередуются с циклами с малым количеством осадков.

Наибольшее количество периодов массовой активизации оползней (по имеющимся сведениям) приходится на цикл наибольшего увлажнения (1955–1973 гг.) – 9 случаев, в следующем цикле малого увлажнения (1973–1990 гг.) таких случаев всего 3.

С начала XXI века до 2012 г. было зафиксировано несколько случаев массовой активизации оползней, так, например, в 2002 г. в период прохождения тайфуна “Чатаан”, а также в 2009 и 2010 гг., когда сход оползней наблюдался в Макаровском, Невельском и Холмском районах Сахалинской области.

Наибольший ущерб оползни причиняют в периоды массового формирования, как правило, вызываемые сильными осадками при выходе на территорию области глубоких циклонов и тайфунов.

Например, в сентябре 1957 г. крупным оползнем на о. Монерон полностью уничтожен пос. Минаме-Котон.

Массовое формирование оползней на Сахалине отмечалось в 1875, 1928, 1954, 1964, 1970, 1978, 1981, 1992, 1993, 2002, 2003, 2009, 2010 гг. Каждые 10–12 лет происходит массовое формирование катастрофических (приводящих к ущербам) оползней [4].

Периоды массового оползнеобразования отмечаются со второй половины июля до конца октября и, как правило, связаны с прохождением глубоких циклонов, сопровождающихся выпадением обильных осадков (более 50 мм/сутки) при большой интенсивности их выпадения. Обязательное условие – предварительное увлажнение грунтов в оползневых массивах.

В августе 1981 г. во время прохождения тайфуна “Филлис” на Сахалине оползнями было разрушено в общей сложности несколько тысяч метров дорожного полотна, разрушены линии связи и электропередач на протяжении нескольких километров, повреждено несколько десятков жилых домов. В гг. Невельске, Угле-

горске оползнями было разрушено 16 домов и погибло 9 человек. В г. Невельске максимальный объем оползня достигал 100 тыс. м³. Одной из наиболее пострадавших территорий оказался Макаровский район.

Активное формирование оползней отмечалось в период прохождения тайфуна “Чатаан” 14–15 июля 2002 г.

Последний период активного формирования оползней отмечался в 2009 г. в южных и центральных районах о. Сахалин в периоды выпадения сильных атмосферных осадков, связанных с прохождением над о. Сахалином глубоких циклонов: 21–24 июня, 8–9 июля, 15–17 июля, 20–24 августа. Выпадение сильных осадков привело к активизации оползневых процессов, вызвавших повреждение автомобильной и железной дорог в Макаровском районе и повреждение жилых домов в г. Макарове [4].

После прохождения больших циклонов, сопровождающихся выпадением большого количества осадков (например, тайфун “Филлис”, август 1981 г.), вследствие массового формирования оползней массовое селеобразование повторяется через 7–10 лет [3].

МЕТОДИКА

В связи с сильной оползневой опасностью на территории многих населенных пунктов Сахалинской области возникла необходимость в разработке документов территориального планирования и составления крупномасштабных карт планировочных ограничений к генпланам населенных пунктов.

Предлагаемая методика оценки оползневой опасности позволяет за короткие сроки произвести анализ большой территории с минимальными экономическими затратами.

По ожидаемому характеру воздействия оползневых процессов на объекты и сооружения на территории населенных пунктов Сахалинской области лабораторией лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН выделено 8 категорий оползневой опасности (табл.); категории были составлены с учетом характера проявления оползневых процессов на территории области.

Оценка воздействия оползневого процесса на объекты, сооружения и городские территории производилась с учетом скорости воздействия, зависящей от скорости движения оползня и приводящей либо к быстрому разрушению объектов и сооружений (в течение нескольких минут), либо к медленным (в течение десятков суток–месяцев) деформациям объектов и сооружений [20]. Учитывалась площадь воздействия оползня на территорию населенного пункта, т.е. оценивался масштаб вероятных разрушений при формировании оползня.

Категории оползневой опасности выделялись на основании характеристик оползневого массива (тип оползня по механизму формирования, максимальный объем оползня, глубина захвата пород, скорость смещения и режим движения) и ожидаемого воздействия оползня на объекты, сооружения и городские территории (последствия воздействия, скорость и характер воздействия, площадь воздействия).

Изначально выявление оползневых массивов на территории населенных пунктов осуществлялось по дешифрированию аэрофотоснимков и соотносилось с геологическим строением территории, характеристиками грунтов и архивными сведениями о формировании оползней на данной территории. Корректировка выделенных оползневых массивов происходила при полевом обследовании территории: уточнялась протяженность массива, его современное состояние, определялась антропогенная нагрузка на массив. Далее для каждого оползневого массива производился расчет устойчивости склона методом круглоцилиндрической поверхности скольжения в модификации К. Терцаги и ускоренным способом расчета методом Г.М. Шахунянца по предельному состоянию [7, 13].

Метод К. Терцаги использовался для однородных массивов или при отсутствии данных об углах падения пластов; метод Г.М. Шахунянца – для оползневых массивов, в которых поверхность скольжения предопределена геологическим строением.

По методу К. Терцаги степень устойчивости оценивается по величине коэффициента устойчивости, определяемого по отношению моментов удерживающих и сдвигающих сил относительно центра наиболее опасной поверхности скольжения.

При определении коэффициента устойчивости оползневой массив, ограниченный кривой скольжения, разбивают на ряд примерно одинаковых по ширине блоков серий вертикальных сечений. Коэффициент устойчивости определяется по следующей формуле:

$$K = \frac{\sum N_i \operatorname{tg} \varphi_{wi} + \sum C_i L_i + \sum T_{уд}}{\sum T_{сдв}}, \quad (1)$$

где $N = Q \cos \alpha$ – нормальная составляющая блока Q , Q – сила, приложенная в центре тяжести блока, равная собственному весу блока; $T = Q \sin \alpha$ – сдвигающая сила; $T_{уд}$ и $T_{сдв}$ – сдвигающие силы соответственно в пассивной и активной зонах расчетного блока; φ_w – угол внутреннего трения грунта, град.; C – удельное сцепление грунта, т/м²; L – длина отрезка дуги скольжения в пределах данного блока, м; α – угол наклона поверхности скольжения блока к горизонту.

По методу Г.М. Шахунянца коэффициент устойчивости определяется по следующей формуле:

Таблица. Категории оползневой опасности в Сахалинской области.

Категория опасности	Характеристики оползневого массива				Воздействие оползня на объекты, сооружения и городские территории	
	Тип оползня по механизму формирования	Макс. объем, тыс. м ³	Глубина захвата пород, м	Скорость смещения и режим движения	Последствия воздействия	Площадь воздействия (разрушений), м ²
I	Блоковые оползни	> 300.0	> 50.0	Быстрое смещение	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение капитальных железобетонных сооружений I уровня защищенности; разрушение линейных сооружений подземной прокладки. 	Большая > 10000
II	Оползни вязко-пластического течения, развивающиеся в покровных отложениях.	> 300.0	> 15.0	Медленное смещение	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение капитальных железобетонных сооружений I уровня защищенности; разрушение линейных сооружений подземной прокладки. 	Большая > 10000
III	Оползни-потоки.	> 300.0	5.0–40.0	Вязко-пластичное течение. Пульсирующий режим.	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение капитальных железобетонных сооружений I уровня защищенности; разрушение линейных сооружений подземной прокладки. 	Ограниченная 5000–10000
IV	Вторичные блоковые оползни на телах древних оползней. Блоковые оползни на склонах морских абразионно-денудационных и аккумулятивных террас.	50.0–300.0	15.0–50.0	Быстрое смещение	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение капитальных железобетонных сооружений I уровня защищенности; разрушение линейных сооружений подземной прокладки. 	Ограниченная 5000–10000
V	Вторичные блоковые оползни на телах древних оползней. Блоковые оползни на склонах морских абразионно-денудационных и аккумулятивных террас.	10.0–50.0	10.0–15.0	Быстрое смещение	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение деревянных и шлакоблочных сооружений II и III уровня защищенности; разрушение линейных сооружений наземной и надземной прокладки; повреждение железобетонных сооружений. 	Небольшая 1000–5000
VI	Блоковые оползни на склонах морских абразионно-денудационных и аккумулятивных и речных террас.	3.0–10.0	3.0–10.0	Быстрое смещение	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение деревянных и шлакоблочных сооружений II и III уровня защищенности; разрушение линейных сооружений наземной и надземной прокладки; повреждение железобетонных сооружений. 	Небольшая 1000–5000
VII	Оползни-оплывины (сплывы).	0.1–3.0	до 3.0	Быстрое смещение	<ul style="list-style-type: none"> Разрушение сооружений IV уровня защищенности; разрушение или повреждение деревянных сооружений; повреждение шлакоблочных сооружений. 	Малая < 1000
VIII	Поверхностные оползни (оплывины). Оползни-обвалы.	-	-	-	Потенциальная оползневая опасность: оползневые процессы не проявлены; при антропогенном воздействии (изменение рельефа, уничтожение растительного покрова и т.д.) вероятно развитие оползневых процессов.	

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} [N_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_i L_i + T_{\text{уд}}] \times \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^{i=m} T_{\text{исдв}} \times \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}} \quad . (2)$$

Данные методы расчета не учитывают влияние на устойчивость склонов существующей застройки. Однако ряд дополнений к формуле 1 позволяет повысить точность расчета благодаря учету таких параметров, как вес здания и др. [7].

Описание оползневых комплексов производилось по следующей схеме:

1. Определялась категория опасности.
2. Указывался тип оползня (консеквентный или асеквентный).
3. Измерялась ширина оползнеопасной зоны (м), длина от подножия склона (м).
4. Указывались причины возможной активизации оползневой массы (естественные причины и антропогенное воздействие).
5. Рассчитывался коэффициент устойчивости склона.
6. Определялась глубина захвата пород либо мощность оползневых отложений.
7. Рассчитывались вероятные объемы оползней (средние и максимальные).
8. Указывалась вероятность формирования на участке поверхностных оползней-оплывин.
9. Описывались индивидуальные особенности поверхности оползнеопасного склона (наличие эрозионных борозд, наличие растительности и ее характер и др.).

Предложенная методика оценки оползневой опасности позволяет при построении схем планировочных ограничений к генеральным планам территорий населенных пунктов получить данные об оползнеопасных зонах на территории населенных пунктов, а также об основных характеристиках оползневых процессов, знание которых необходимо для принятия решений о противооползневой защите.

ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ г. МАКАРОВА

Территория г. Макаров расположена на восточных склонах Макаровского хребта, входящего в систему Западно-Сахалинских гор.

Вдоль побережья протягивается морская терраса с высотой уступа до 90 м. Заросший вторичным лесом уступ морской террасы крутой ($30^\circ - 50^\circ$), осложнен многочисленными эрозионными врезами, а в нижней части (вследствие большой крутизны и развития склоновых процессов) местами обнажен.

Низкогорная цепь и поверхность прилегающих к ней морских террас расчленена р. Макарова и сетью ручьев. В долине р. Макарова насчитывается несколько аллювиальных морских террас. В пределах городской черты глубина эрозионного расчленения водотоками достигает 60 м, а естественная крутизна склонов долин реки и ручьев превышает 45° .

В целом геоморфологические условия территории г. Макаров благоприятны для развития оползневых

процессов и формирования оползней объемом до $170\,000\text{ м}^3$.

Оползневые процессы развиваются на склонах абразионно-денудационных морских террас и по бортам долины р. Макарова.

В оползнеопасных зонах расположены улицы Набережная, Коммунистическая, 1-ая Речная, Шахтерская, Северная, участки автомобильной и железной дорог, объекты ОАО «Макаровский хлебокомбинат» и Макаровского ЖКХ.

Геологическое строение. В геологическом строении исследуемой территории принимают участие образования неогеновой и четвертичной систем [1, 2, 6].

Неогеновая система включает миоцен-плиоценовые образования холмской, чеховской, верхнедуйской, курасийской и маруямской свит, сложенных преимущественно алевритами, аргиллитами с прослоями песчаников. Только в разрезе чеховской свиты преобладают вулканогенные отложения (туфы, туфобрекчии, лавовые потоки и т.п.), а для верхнедуйской свиты характерным является наличие прослоев углей и углистых аргиллитов. Интрузивные породы среднего миоцена обнажаются на западной границе исследуемого района.

Четвертичная система представлена отложениями различных генетических типов. Средне-верхне-четвертичные морские отложения развиты фрагментарно, слагают чехлы высоких морских террас и сложены в основном гравийно-галечным материалом с песчаным и супесчаным заполнителем. Мощность образований от 2 до 25 м. К отложениям верхнечетвертичного-современного звеньев относятся аллювиальные и делювиально-пролювиальные образования. Аллювиальные отложения развиты в долине р. Макарова, где слагают пойму и аккумулятивные чехлы надпойменных террас. Породы разнообразные по составу: от суглинков и глин до гравийно-галечников и валунов. Мощность варьирует от 0.5 до 6.0 м. Делювиально-пролювиальные образования сформированы грунтами, образованными в результате выветривания и переотложения коренных пород неогена, это суглинка, супеси песчанистые, пластичные и твердые, с включением щебня, пески пылеватые [1, 6]. Их мощность не превышает первые метры.

Современные морские гравийно-галечниковые и песчаные отложения слагают морскую террасу высотой до 5 м и пляж. Мощность образований не установлена.

Породы характеризуются низкими фильтрационными свойствами, хорошей размокаемостью и набухаемостью, низким сцеплением и углом внутреннего трения.

Инженерно-геологические свойства горных пород, слагающих исследуемую территорию, являются одним из основных факторов развития оползневых процессов.

Такое геологическое строение создает благоприятные условия для развития опасных экзогенных процессов [15], в том числе и оползневых.

Гидрогеологические условия. Гидрогеологические условия территории определяются составом и фильтрационными свойствами горных пород, условиями залегания и распространения водовмещающих пород, климатическими факторами.

По условиям залегания и характеру циркуляции в водовмещающих породах в районе представлены грунтовые поровые и пластово-поровые воды четвертичных отложений и трещинные воды водоносного комплекса неогеновых образований. Водоносные горизонты и комплексы имеют между собой гидравлическую связь.

Грунтовые и пластово-поровые воды четвертичных отложений залегают на глубинах от 0.2 до 2.0 м. Питание осуществляется за счет инфильтрации, на пойменных участках за счет фильтрации из рек в периоды паводков. Разгрузка происходит по нисходящим родникам в водоотводы. Коэффициент фильтрации изменяется от 0.17 до 20.5 м/сут.

Трещинные воды водоносного комплекса неогеновых отложений вскрываются на глубинах от 1–2 до 20–50 м, их питание осуществляется за счет атмосферных осадков и перетока из смежных комплексов. Подземные воды напорные, коэффициенты фильтрации водовмещающих пород варьируют от 0.08 до 1.67 м/сут.

Сейсмичность. Сейсмичность района изысканий, в соответствии с ОСП 97, по карте А составляет 8 баллов по шкале MSK64, по карте В – 9 баллов и С – 9 баллов (Макаров) для грунтов II категории по сейсмическим свойствам [18, 19].

Сейсмические процессы способны привести к активизации оползневых процессов.

Гидрометеорологические условия. Исследуемый район выделяется по количеству выпадающих осадков среди других районов Южного Сахалина, чем в значительной степени и определяется активность опасных процессов [8, 12].

В среднем за год в г. Макарове (по гидрометеорологической станции “Макаров”) выпадает 948 мм осадков [9]. В течение года осадки распределяются крайне неравномерно. Наибольшее их количество приходится на теплый период (78 %), причем весной и в первой половине лета осадков выпадает значительно меньше, чем во второй половине лета и осенью, когда наблюдаются выходы

глубоких циклонов и тайфунов, приносящих интенсивные ливневые дожди.

Зарегистрированный суточный максимум осадков составляет 230 мм, суточный максимум осадков 1 % обеспеченности – 235 мм.

При прохождении тайфунов за несколько дней часто выпадает больше месячной нормы осадков. Так, сумма осадков за период с 1 по 7 августа 1981 г. (тайфуны “Оджин” и “Филлис”) в Макарове составила 215 мм при месячной норме 99 мм. Максимальное количество осадков наблюдается в сентябре (138 мм).

В Макарове сумма жидких осадков составляет 70 % (669 мм) от годового количества, твердых – 22 % (204 мм), смешанных – около 8 % (75 мм) [8].

В исследуемом районе сумма осадков, при выпадении которых начинается массовая активизация оползневых процессов, составляет более 70 мм/сут. (в зависимости от степени предшествующего увлажнения пород оползневых массивов).

Пример описания показан на оползневом массиве № I-8 (рис. 4).

Категория IV.

Оползневой массив формирования консеквентных оползней. Механизм оползневого процесса – блоковый.

Ширина оползнеопасной зоны – 410 м, длина от подошвы склона – 70 м.

Средняя крутизна склона – 18°.

Активизация оползня возможна по естественным причинам и при антропогенном воздействии.

Коэффициент устойчивости склона K_y – 0.98.

Глубина захвата пород может составить 20 м.

Вероятные объемы оползней глубокого заложения – до 10 000 м³, максимальные – до 60 000 м³. Частота формирования раз в 50–100 лет.

На участке также формируются поверхностные оползни-оплывины.

Частота формирования поверхностных оползней-оплывин – раз в 3–5 лет, объемы оползней-оплывин – до 3000 м³.

Поверхность склона осложнена эрозионными бороздами.

Повторяемость оползней-оплывин составляет, в среднем, 1 раз в 3–5 лет, блоковых оползней – 1 раз в 50–100 лет.

За период с 1946 по 2011 гг. на территории г. Макаров было зарегистрировано 14 случаев массового оползнеформирования.

Всего на территории г. Макарова выделено 11 оползнеопасных участков, 17 оползневых массивов. Площадная пораженность г. Макаров оползневыми процессами составляет 15 %.

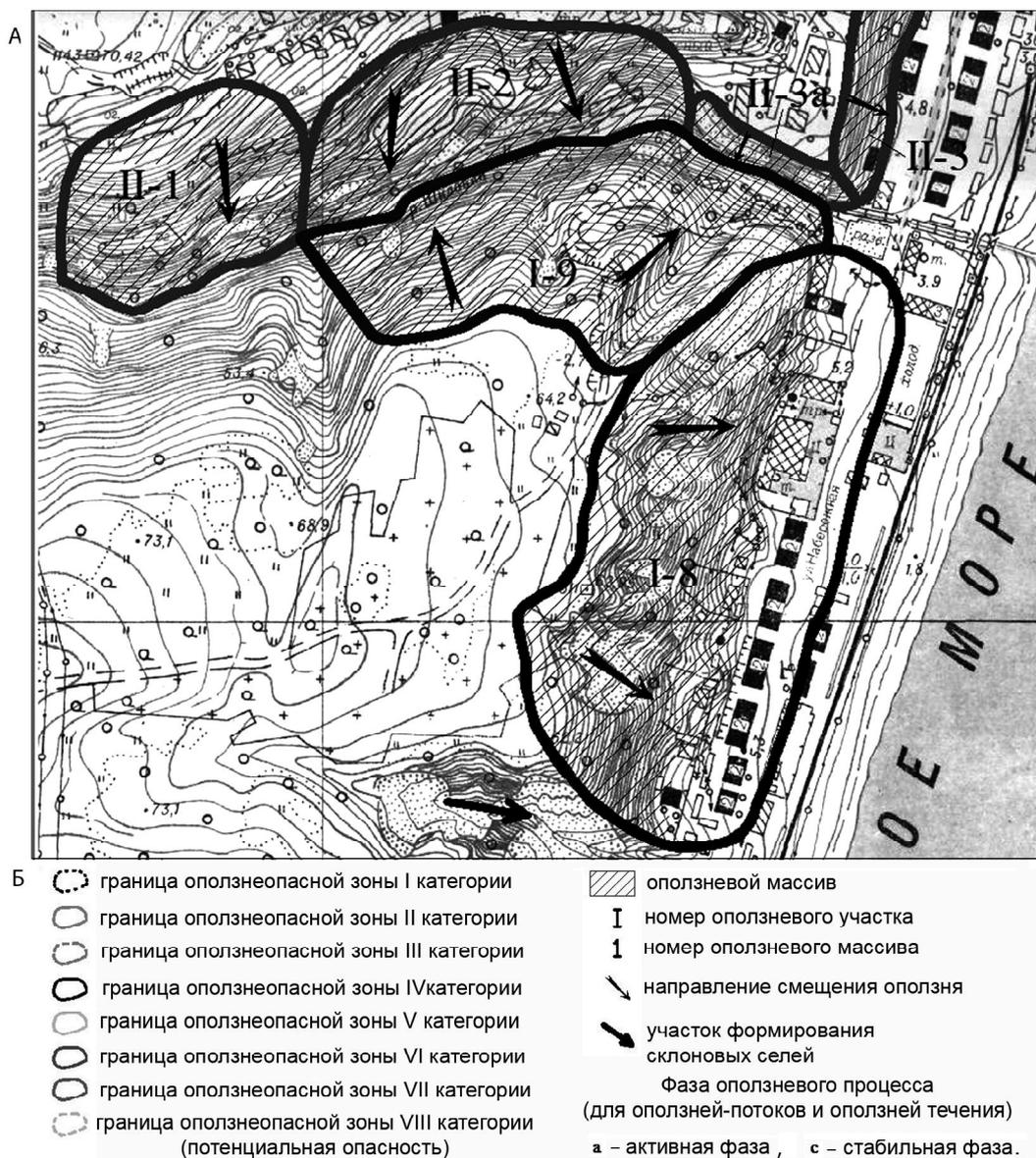


Рис. 4. Фрагмент схемы оползнеопасных зон г. Макаров (А) и легенда к ней (Б).

ВЫВОДЫ

По результатам оценки оползневой ситуации на территории населенных пунктов и вдоль автомобильных, железных дорог выделено 4 типа оползней.

Данные типы оползней по ожидаемому характеру воздействия оползневых процессов на объекты и сооружения на территории населенных пунктов Сахалинской области были разбиты на 8 категорий опасности (табл.), которые послужили основой для разработки методики по составлению документов территориального планирования и построения схем планировочных ограничений к генпланам населенных пунктов (составление крупномасштабных картосхем оползневой опасности).

Методика оценки оползневой опасности, рассмотренная в данной работе, применима в тех случаях, когда необходимо провести оценку оползневой опасности для большой территории (например, территория населенного пункта), поскольку:

1) позволяет визуализировать информацию о размещении оползневых массивов на территории и оценить площадную пораженность территории оползневыми процессами;

2) позволяет получить информацию об объектах (количество, тип объектов, положение относительно оползневой массы и т.п.), находящихся в опасной зоне;

3) на основании выделенной категории оползневой массы можно принять экономически целесо-

образное решение о необходимости инженерной защиты или принять решение о переносе объекта из опасной зоны;

4) данные о периодах массовой активизации оползневых процессов позволяют провести мероприятия превентивной защиты населения, проживающего в оползнеопасной зоне (например, при прохождении глубоких циклонов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров С.М. Остров Сахалин. М.: Наука, 1973. 182 с.
2. Александрова А.Н. Плейстоцен Сахалина. М.: Наука, 1982. 292 с.
3. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Рыбальченко С.В. Гидрометеорологические условия периодов массового селеобразования на о. Сахалине // Тр. Междунар. конф. "Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита". Пятигорск: Изд-во Ин-та Севкавгипропроводхоз, 2008. С. 95–98.
4. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. Активизация экзогенных геологических процессов на южном Сахалине 22–24 июня 2009 года // Геориск. 2009. № 2. С. 56–60.
5. Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин): Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2011. 19 с.
6. Геология СССР. Т. 33. Ч. 1 / Под ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1970. 422 с.
7. Гребнев Ю.С. Инженерная защита от опасных геологических процессов: Руководство по расчету и проектированию противооползневых мероприятий. М.: ГЕОС, 2008. 274 с.
8. Земцова А.И. Климат Сахалина. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 197 с.
9. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Вертикальный градиент осадков и расчет характеристик гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье // Материалы научной конференции "Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов". Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. С. 233–235.
10. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахалина как факторы риска для нефтегазопроводов "Сахалин-2" // Геоэкология. 2008. № 6. С. 83–96.
11. Левин Б.В., Ким Ч.У., Соловьев В.Н. Оценка сейсмической опасности и результаты детального сейсмического районирования для городов о. Сахалин // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 93–103.
12. Лобкина В.А., Михалев М.В. Формирование, развитие природно-антропогенных селей и защита от них (на примере Макаровского района, о. Сахалин) // Тр. Междунар. конф. "Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита". Пятигорск: Изд-во Ин-та Севкавгипропроводхоз, 2008. С. 166–169.
13. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1976. 479 с.
14. Ломтев В.Л., Гуринов М.Г. Тектонические условия Невельского (02.08.2007, м–6.1) землетрясения // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 5. С. 44–53.
15. Оползни и сели. Т. 2. / Отв. ред. А.И. Шеко. М.: Центр междунар. проектов ГКНТ, 1984. 248 с.
16. Полуниин Г.В. Динамика и прогноз экзогенных процессов. М.: Наука, 1989. 231 с.
17. Полуниин Г.В., Бузлаев В.А. Литологические комплексы и проявления экзогенных процессов о. Сахалин: Карта 1:500 000. М.: ГУГК, 1984.
18. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2000.
19. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. М.: Госстрой России, 1996.
20. Формирование селей и оползней. Инженерная защита территорий / Под ред. Г.С. Золотарева, С.С. Григоряна, С.М. Мягкова. М.: МГУ, 1987. 180 с.

Рекомендована к печати Б.В. Левиным

V.A. Lobkina, E.N. Kazakova, S.P. Zhiruev, N.A. Kazakov

Methods of landslide risk assessment for territory of settlements of Sakhalin Region (Makarov city, Sakhalin)

The main damage inflicted by landslides on the population and economy of Sakhalin Region is manifested in infrastructure and buildings damage and destruction and blocking of roads, lines of communications and electric transmission by landslide deposits. Also some victims of the landslides have been registered.

High landslide danger requires creating schemes of planning limitation for the territories of settlements of Sakhalin Region while elaborating the documents for territorial planning (general plans).

The authors suggest the methods of landslide risk assessment for construction of schemes of planning limitation for the settlement territories. The methods offered are useful for landslide risk assessment of an extended territory (for example, the territory of a settlement), because they help to visualize information in terms of landslides location on large-scale maps, to evaluate an area affected by landslide processes, and to obtain information about objects and buildings (type and quantity of buildings and their location as to the landslide massif) in a landslide dangerous zone, etc. Also it enables to determine the degree of a landslide danger. In accordance with the category of the landslide danger for each area, it becomes possible to take precautionary measures on the engineering protection danger or to move objects from the dangerous zone.

The methods of landslide risk assessment are illustrated by way of example of the city of Makarov (the eastern coast of Sakhalin Island).

Key words: landslide, landslide danger, Sakhalin Region, scheme of planning limitation.