

# ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И БОРЬБА С НИМИ

Ю.С. Чалкова, Б.М. Черепанов

Исследование оползневых процессов является актуальной темой как при строительстве новых объектов, так и при эксплуатации уже возведенных. Систематическое наблюдение за оползнями позволяет предотвратить разрушение откосов (как естественных, так и искусственных), склонов, не допустить угрозы аварийных ситуаций в зданиях и сооружениях, а значит избежать человеческие жертвы.

Актуальность темы для города Барнаула обусловлена наличием множества территорий, подверженных оползневым процессам.

Оценка устойчивости естественных склонов и искусственных откосов является одной из главных задач инженерно-геологических изысканий практически для всех видов строительства. Пожалуй, ни одна отрасль инженерной деятельности не зависит так тесно от устойчивости склонов и откосов искусственных выемок как строительство автомобильных и железных дорог.

Оползни часто образуются вследствие подрезки склонов дорожными выемками. Мало кто знает, что на месте современного Иркутского водохранилища, по левому склону долины Ангары, раньше проходила железная дорога, соединяющая Иркутск со ст. Байкал. На 53 км этой дороги у ст. Подорвиха летом 1948 г. произошел оползень. Дорога здесь проходила в полувыемке-полунасыпи с откосом высотой 15-20 м. Коренной склон имел высоту 250-300 м и крутизну 20-30°, по нему спускались ложбины стока, подрезанные откосом. Откос полунасыпи спускался непосредственно к реке. После нескольких дней морозящего дождя по тальвегу одной из ложбин внезапно сползли делювиальные супесчано-суглинистые отложения в виде языка длиной до 120 м и шириной от 2 до 8 м. Мощность делювия составила 1-1,5 м. Общий объем оползня составил более 800 м<sup>3</sup>. Верхнее строение полотна (балластная призма, шпалы, рельсы) было снесено до коренных пород.

Причинами образования оползня явились неустойчивое состояние подрезанных дорожными выемками делювиальных супесей и суглинков, сильно увлажненных дождями, значительная крутизна склона и, возможно, микросейсмические колебания, вы-

званные движением поездов. Обследование склона показало, что здесь имелись многочисленные следы солифлюкционных подвижек маломощных четвертичных отложений. Дерновый покров на многих участках был разорван открытыми зияющими трещинами, видны ступенчатость, бугристость, наплывы и другие характерные микроформы рельефа [3].

Как известно, **оползнем называется** скользящее смещение горных пород, слагающих склон, вследствие механического разрушения или течения пород склона и его основания без потери контакта между сдвигающейся и неподвижной частью массива.

В строении оползней различаются следующие **основные элементы**: стенка отрыва оползня, поверхность скольжения, подошва оползня, или базис, оползневой цирк, оползневое тело и оползневые накопления (рисунок 1).

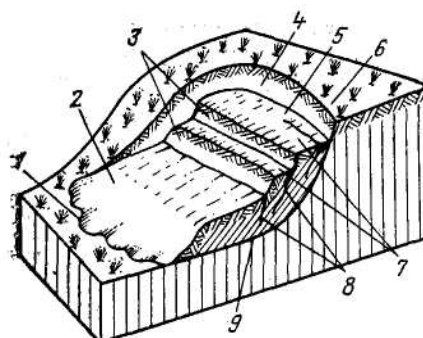


Рис. 1. Морфологические элементы оползня: 1 - подошва, или базис, оползня; 2 - язык оползня; 3 - оползневые блоки; 4 - стенка срыва; 5 - голова (вершина) оползня; 6 - бровка срыва; 7 - оползневые ступени; 8 - оползневые трещины; 9 - поверхность (зона) скольжения

Стенка отрыва представляет собой поверхность, по которой оползень отделился от массива пород. Поверхностью скольжения называется плоскость, по которой происходит смещение блока пород. В однородных глинистых породах кривая скольжения (в разрезе) имеет очертания циклоиды, которую для простоты принимают за часть окружности. При скольжении массива по поверхностям напластования, тектоническим или иным трещинам поверхность скольжения может иметь форму прямой, ломаной или волнистой линии. У *НЕПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1-2 2007*

глубоких оползней, захватывающих почвенный слой, поверхность скольжения обычно следует за рельефом. Очень часто смещение происходит не по четко выраженной поверхности а захватывает некоторую зону массива (зону смещения) или носит характер пластических деформаций. В зоне скольжения породы имеют нарушенную структуру и повышенную влажность. Подошвой, или базисом, оползания называется линия пересечения поверхности скольжения с поверхностью склона. На одном и том же склоне может быть несколько оползней, подошвы которых располагаются на разных уровнях. Такие оползни называются многоярусными. Иногда смещение земляных масс происходит последовательно, и образуется ступенчатый оползень. Поверхность оползневых уступов при движении часто приобретает наклон в сторону склона, что объясняется выполаживанием кривой скольжения. Оползневым телом называется массив оползших пород. В нём выделяют голову — самую верхнюю часть оползня и язык — самую нижнюю часть. Глубиной оползания, или захвата, склона называется мощность оползневых масс, измеренная по нормам к поверхности склона. Под оползневой цирком понимают выемку, образовавшуюся на склоне в результате оползания, а дугообразная линия, которой, оползневой цирк ограничивается со стороны склона, называется бровкой, или линией срыва.

Внешний облик оползневых склонов имеет ряд признаков, по которым всегда можно установить, что склоны находятся в неустойчивом состоянии. Там, где происходит отрыв массы пород, образуется серия концентрических трещин, ориентированных вдоль склонов. Сползание пород приводит к бугристости склонов, особенно в их нижней части. За счет давления сползающих пород у подошвы склонов формируются валы выдавливания. Между валами и буграми при определенных условиях скапливаются поверхностные и подземные воды. Это вызывает заболоченность склонов. При активном сползании на склонах хорошо видны смещенные земляные массы и террасовидные уступы. Очень часто внешним признаком оползней является так называемый «пьяный лес» и разорванные стволы деревьев. За счет сползания пород стволы деревьев теряют свою вертикальность, а иногда даже расщепляются. Аналогичным образом теряют вертикальность столбы телефонной связи и электролиний, заборы, стены. На оползневых склонах можно наблюдать разрушенные дома или

здания ее значительными трещинами. Характерной чертой этих трещин является наибольшее раскрытие в нижней части здания по склону.

Для возникновения и развития оползней необходимы некоторые определенные условия. Среди них наибольшее значение для склонов имеют: высота, крутизна и форма, геологическое строение, свойства пород, гидрогеологические условия.

При всех равных условиях крутые склоны более подвержены оползням, чем пологие. Так, установлено, что склоны с крутизной менее 15° оползней не образуют. Оползни свойственны склонам выпуклой и нависающей конфигурации.

Большое влияние на развитие оползневых процессов оказывает геологическое строение и литологический состав пород склона. Наиболее часто оползни проявляются при залегании слоев с падением сторону склона, например, оползни Черноморского побережья (Сочи). Типичными оползневыми породами следует считать различные глинистые образования, для которых характерно свойство «ползучести». Такой процесс, например происходит на склонах лессовых толщ. Подавляющее большинство оползней приурочено к выходам подземных вод.

**Причины образования оползней** можно свести в три группы:

- 1) изменение формы и высоты склона;
- 2) изменение строения, состояния и свойств пород, слагающих склон;
- 3) дополнительная грузка на склон.

К первой группе причин относятся подмыв склона вследствие колебаний базиса эрозии, разрушающая работа волн и текучих вод, а также подрезки склона. Во вторую группу сведены процессы, изменяющие строение пород и ухудшающие их физико-механические свойства. К ним относятся выветривание и увлажнение пород дождевыми, тальными и подземными водами, раздробление отдельных блоков, при смещении, выщелачивание растворимых солей и вынос мелких частиц фильтрующимися водами (суффозия). К третьей группе причин относятся гидродинамическое и гидростатическое давление, искусственные статические и динамические нагрузки на склон, а также сейсмическое воздействие.

Чаще всего подвижка земляных масс на склонах происходит вследствие сочетания ряда причин. В зависимости от конкретных условий и причин подвижки пород на склонах имеют различную динамику и разные формы

проявления: они могут быть поверхностными или глубокими. К поверхностным относятся смещения дернового покрова и маломощного делювия; среди них различают: сплывы, оплывины и осовы. Все они образуются в результате насыщения и разжижения пород водой, действуют обычно периодически и имеют малую скорость движения.

Глубокие смещения, или собственно оползни, захватывают склон на глубину, иногда измеряемую десятками метров. Динамика оползневого процесса в данном случае зависит не только от причин развития оползней, но и от геологического строения склона (состава пород, условий их залегания, слоистости и т.д.).

**Классификация оползней** предусматривает выделение собственно оползней, а также их разновидностей в виде сплывов (или сплывин) и оползней - обвалов. Собственно оползни происходят только путем скольжения земляных масс по склону. Плоскость скольжения обычно располагается на значительных глубинах (многие метры). Сплывы - смещение земляных масс на небольшой площади (сотни квадратных метров) вследствие водонасыщения верхних слоев. Глубина залегания плоскости скольжения до 1 м. Свойственны весеннему периоду года. Оползни-обвалы представляют собой смещение земляных масс одновременно по типу скольжения и обвала. Типичны для крутых склонов.

Ф. П. Саваренский выделил следующие типичные случаи, учитывающие влияние геологического строения на морфологию и динамику оползней: а) оползни в неслоистых породах (асеквентные); б) оползни по слоям или по трещинам, наклоненным в сторону склона (консеквентные); в) оползни, при которых поверхность скольжения сечет слои или породы различного состава (инсеквентные). Асеквентные оползни часто образуются вследствие изменения консистенции глинистых пород. Движение оползня начинается снизу, оползневое тело соскальзывает целиком, и образуется запрокинутая в сторону склона площадка — оползневый уступ. Консеквентные оползни могут начинаться как снизу, так и сверху. В последнем случае происходит смятие и дробление нижележащих частей склона с образованием бугров. Иногда соскальзывание пород по поверхностям, предопределенным геологическим строением склона, происходит быстро и сопровождается обвалами и дроблением пород. Инсеквентные оползни обычно возникают в результате

изменения консистенции пород и гидродинамического давления, а также вследствие развития суффозии. Оползневое тело может передвигаться с разными скоростями как в плане, так и по глубине, в результате чего образуется очень сложная система трещин.

Существующие, представления о механизме оползнеобразования позволяет разделить всё многообразие оползней на две группы по степени сохранности структуры смещающихся пород, определяющей их состояние и свойства. К группе I относятся оползни, приуроченные к коренным породам, отличающиеся относительной сохранностью первоначальной структуры смещающихся пород в массиве и резким измененном состоянии и свойств в зонах разрушающих деформаций (зонах смещения). Оползни, входящие в группу II, характеризуются значительным или полным изменением структуры, состояния и свойств всей или почти всей массы смещающихся пород. Чаще всего такие оползни развиваются в поверхностных образованиях.

В пределах обеих групп оползни различаются по размерам глубине захвата, возрасту и фазам развития.

Очень важным моментом при проектировании насыпей и выемок, например при строительстве железных и автомобильных дорог, является **прогнозирование устойчивости склонов и откосов**. Устойчивость склонов и откосов может быть оценена методом аналогий, а при необходимости выполняются соответствующие расчеты и моделирование. Метод инженерно-геологических аналогий основан на использовании данных наблюдений за устойчивостью откосов и склонов такой же крутизны, сложенных сходными породами. По данным этих наблюдений подбираются аналоги изучаемого участка. Применять этот метод можно только при уверенности, что сравниваемые инженерно-геологические условия эталонного и изучаемого участков аналогичны.

Учитывая, что в каждом регионе грунты имеют свои генетические особенности, предпочтительнее при прогнозировании применять механико-математические расчеты устойчивости склонов и искусственных откосов в нескальных породах делятся на две группы:

- 1) проверочные расчеты, существующего склона или откоса;
- 2) построение профиля устойчивого откоса.

Способы первой группы - способ круга трения, горизонтальных сил и др. - базируются

ся на подборе наиболее опасной поверхности скольжения. Для этого заранее задаются углы откоса (по аналогии с другими естественными или искусственными откосами или по нормативным данным), а об устойчивости оцениваемого откоса судят по значению коэффициента безопасности.

Ко второй группе относятся предложенные Н.Н. Масловым, В.В. Соколовским, М.Н. Троицкой и другими способы, основанные на построении профиля откоса, находящегося в состоянии предельного равновесия. В результате такого построения даются рекомендации о придании откосу такого профиля, который обеспечивает необходимую степень устойчивости. Для построения профиля применяют формулы механики грунтов, в которых используются определенные лабораторным путем показатели физико-механических свойств грунтов, слагающих откос. Следует отметить, что большинство расчетов основано на допущениях, и потому результаты вычислений для одного и того же склона, полученные разными способами, не всегда совпадают.

В особенно сложных случаях, когда строение массива горных пород не поддается схематизации, необходимой для применения математических расчетов, используются смешанные методы - экспериментально-расчетные, базирующиеся на предварительном выявлении напряженно-деформированного состояния склона на модели или расчетным путем (методом конечных элементов и др.) и на дальнейшем сопоставлении величин напряжений с показателями прочности пород в изучаемом массиве. Кроме того, применяются экспериментальные методы, например моделирование из эквивалентных материалов, дающее возможность выявить рост напряжений в массиве пород и развитие оползневых деформаций во времени, что должно учитываться при составлении расчетных схем.

Одним из обязательных этапов составления прогноза оползневых смещений на склонах или откосах является создание инженерно-геологической модели оползневого склона (откоса). В данном случае под моделью понимается генерализованное графическое изображение (инженерно-геологический разрез, крупномасштабная карта) оползневого участка, построенное с учетом данных, полученных с помощью метода прогнозирования (расчета). Иными словами, на модели должны быть отображены все сведения, необходимые для прогноза

(расчета).

Вопросам прогнозирования оползней посвящено очень много работ, и нет возможности даже кратко изложить методику и способы прогнозов гравитационных деформаций склонов, и откосов. Нам представляется необходимым, в рамках рассматриваемой статьи, остановиться только на двух аспектах этой очень сложной проблемы: а) прогнозы на стадии повторных смещений оползней («оживление» древних оползней вследствие техногенного воздействия); б) прогнозы оползней в скальных породах (в бортах котлованов, карьеров и постоянных выемок).

Повторные смещения («оживление») оползневых склонов очень разнообразны. Они могут быть следствием смещения всего тела оползня или его отдельных частей, образования оползней второго порядка и т. д. Нередко отдельные части оползня движутся в разное время, в различной последовательности и в разные фазы оползневого процесса. Скорость смещения почти всегда непостоянна: обычно отдельные перемещения прерываются более или менее длительными остановками. Прогноз возможности повторного смещения всего оползня может выполняться методами расчета коэффициента устойчивости по поверхности скольжения и учета баланса земляных масс (для оползней вращения и выдавливания).

При составлении прогноза скорости и амплитуды смещения при повторных подвижках или постоянном движении оползня используются две группы методов, базирующиеся на противоположных подходах к оценке возможности движения оползня. Методы, основанные на представлении об оползании как о стационарном процессе (постоянное движение или повторение смещений), применяются в следующих моделях:

1) установившегося вязкопластического течения грунтов по склону или откосу для бесконечного слоя постоянной мощности;

2) связи величины перемещений с водонасыщением тела оползня (с атмосферными осадками, подъёмом уровня подземных вод, влажностью грунтов, представлением о наличии «критической влажности» и т.д.).

Методы, базирующиеся на представлении о саморегуляции величины перемещений в связи с уже происшедшими подвижками и изменением напряженного состояния в результате их применяются в следующих моделях:

1) неустановившегося вязкопластического движения, затухающего под влиянием пе-

рестройки склона в процессе смещения;

2) динамического равновесия между перемещениями и балансом масс (при вогнутой поверхности скольжения).

Оценка устойчивости скальных откосов в котлованах, карьерах и постоянных выемках осуществляется в несколько этапов:

1) расчет напряженно-деформированного состояния массива и выявление потенциальных поверхностей обрушения;

2) анализ устойчивости выделенных скальных массивов по предельному состоянию;

3) анализ устойчивости и допустимых параметров откосов по деформациям, наблюдаемым в период проходки и эксплуатации.

Оценка устойчивости скальных массивов должна производиться на базе детального анализа их напряженного состояния. Однако существует несколько соображений, ограничивающих широко использование данных о напряженном состоянии массивов горных пород, в том числе следующие:

1) для анализа напряженно-деформированного состояния требуется обширная информация о деформативности и прочности скальных блоков и разделяющих их трещин в сложном напряженном состоянии, учитывающая нелинейность характеристик деформативности, рассечение массива трещинами и смыкание трещин при подвижках;

2) большое, а иногда и определяющее значение в процессе формирования поверхности смещения в скальном массиве имеют не только величины начальных естественных напряжений, но и история их формирования; различное сочетание этих факторов может дать разные результаты, а их игнорирование может привести к ошибочным оценкам устойчивости скальных массивов;

3) использование этих методов усложняется ограниченностью возможностей вычислительной техники.

Наибольшее распространение в инженерной практике для оценки допустимого уровня нагрузок или прочности получил коэффициент запаса

$$K_3 = \frac{B}{A} \geq 1, \quad (1)$$

где  $B$  - результирующая сил сопротивления, или мобилизованная прочность материала в критической области;

$A$  - результирующая всех действующих сил или действующее напряжение в критиче-

ской области.

Однако использование этого параметра в механике скальных пород не всегда удобно и корректно. Оценивать запас прочности или устойчивости можно лишь для конкретной расчетной схемы и с учетом определенного воздействия, которое может вывести массив из равновесия. Поэтому коэффициент запаса может использоваться только для сопоставления различных решений, получаемых для одного скального массива.

Более удобно определение непосредственно величины запаса устойчивости (или прочности) или обратной ему по знаку величины дефицита устойчивости (или прочности)

$$S = A - B \geq 1. \quad (2)$$

На рисунке 2 приведены примеры форм обрушений скальных откосов различной высоты.

Наибольшее распространение в России имели обрушения следующих типов: скольжение по одной трещине (V) или системе трещин (I) и по двум системам трещин как поперек ребра пересечения (IV), так и вдоль него (VIII). Встречаются также крупные скальные оползни типа VI. Для расчетов устойчивости склонов решающим фактором является структура массива, а самыми важными параметрами - ориентация трещин и прочность на сдвиг по ним.

Далее **остановимся на оползневых процессах, происходящих в г. Барнауле.** Город Барнаул поделён на 5 оползневых районов, каждый из которых имеет ряд особенностей. В основу градации был заложен географический принцип, при котором также учитывался комплекс оползнеобразующих факторов, присущий каждому из районов.

Первый оползневой район включает в себя южную часть Барнаульского участка наблюдений от устья р. Барнаулка (в районе речного вокзала) на севере до 2-го речного городского водозабора на юге. С точки зрения оползневых процессов данный район достаточно активный. Основной фактор при механизме образования оползней здесь является размывающая деятельность р.Оби, которая в период весенне-летнего половодья ведёт себя наиболее активно. Следует учитывать также "скрытые" утечки из водопроводов, проложенных вдоль бровки берегового склона, по улицам: Кузбассовская, Береговая, Поселковая и др.

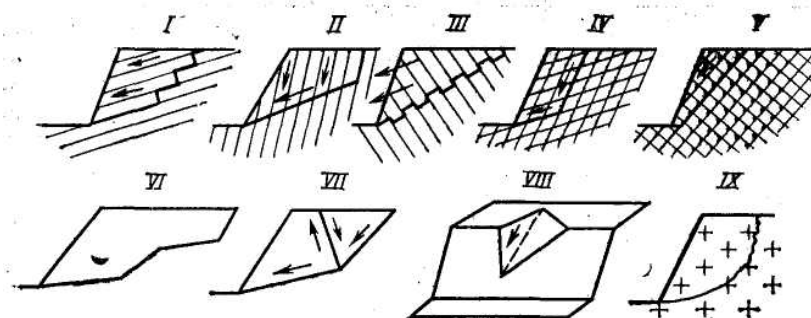


Рис. 2. Формы обрушений скальных откосов и склонов

За 2004 г. в этом районе зафиксировано 3 оползня с суммарным объемом оползневых масс около 7,4 тыс. м<sup>3</sup>. По происхождению все оползни суффозионного типа, где основным оползнеобразующим фактором является активная суффозионная деятельность подземных вод первого от поверхности постоянного водоносного горизонта отложений красnodубровской свиты. Два оползня сошли в период интенсивного весеннего снеготаяния (апрель-май) и сезонного оттаивания верхнего грунтового слоя. Третий оползень сошел в конце летнего периода.

Второй оползневой район расположен на 5 км от устья р.Барнаулка на юге, до железнодорожной выемки (ж/д мост через р.Обь) в северной части. Интересной особенностью района считается то, что почти на всём протяжении он защищен от размывающего воздействия р.Оби песчаной косой и отделён от основного русла так называемым "ковшом" (гаванью). Данный район изобилует мелкими (15-50 м в диаметре), но многочисленными современными суффозионными цирками. За период с 1995 по 2004 г.г. здесь было зарегистрировано 33 оползня различного генезиса, основное количество оползней (20 шт.) произошло после 1999 года, когда наблюдалось повышение активности оползневых процессов в этом оползневом районе. В 2004 году здесь было зарегистрировано 3 оползня с суммарным объемом оползневых масс 9 тыс. м<sup>3</sup>. Два оползня сошло на участке бывшей овчинно-меховой фабрики (ОМФ, центральная часть) и 1 оползень на участке ГПСК- 638.

Третий оползневой район охватывает 3,5 км, от моста через р.Обь (ж/д выемка) до автомобильного спуска ("Казачий Спуск") в пойму р.Обь, где начинается территория артезианского водозабора ЗАО "Комбинат химических волокон". На территории данного

района береговой склон отделён от р.Оби низкой и высокой речными поймами с отметками поверхности 130-135 м. Ширина пойменных участков местами достигает 0,5-1,5 км, вследствие чего подмыв берегового склона р. Обь, за исключением незначительного участка "Заводских оползней", практически отсутствует. Главными факторами при образовании оползней на территории данного района являются инженерно-хозяйственная деятельность человека и интенсивная суффозионная деятельность подземных вод красnodубровского водоносного горизонта, имеющего на поверхности склона 2 уровня разгрузки. За 2004г. в данном районе оползневых сходов не зафиксировано, но всё же на отдельных участках активно идёт подготовка к формированию новых оползневых блоков ("Заводские оползни", участок БНС-2 ЗАО "КХВ", артезианский водозабор ЗАО "КХВ").

Четвёртый оползневой район протягивается на 18,5 км от территории артезианского водозабора ЗАО "КХВ" до западной окраины пос. "Научный городок". На большей части территории береговой склон отделён от основного русла широкой поймой, достигающей ширины 5 км, за исключением участков от глиняного карьера (п. Казённая Заимка) до северного окончания с/т "Обь-2" (п. Гоньба). В восточной части участка склон расчленён глубокими оврагами с узкими тальвегами и крутыми бортами, в западной части склон крутой, почти повсеместно обнажён, с множеством оползневых цирков различного возраста. В пределах этого оползневого района сосредоточены крупные предприятия города, которые несут большую техногенную нагрузку на береговой склон. Вследствие чего данный район является самым активным в оползневом отношении, где уже на протяжении многих лет оползневая обстановка остаётся самой сложной. За 2004г. в пределах берегово-

го склона было зарегистрировано 6 оползней различного объёма и генезиса с суммарных объёмом оползневых масс более 13,6 тыс. м<sup>3</sup>. По сравнению с аналогичным периодом 2003 года количество оползней уменьшилось в 1,3 раза. За 10 летний период здесь наблюдается самое большое число оползневых сходов (82 оползня).

Пятый оползневой район захватывает территорию вдоль правого берегового склона р. Барнаулка вверх по течению от устья до водохранилища "Лесной Пруд" на расстояние 4 км. Данный район достаточно спокойный и за прошедший период новых сходов оползней не наблюдалось. Отрицательным фактором, влияющим на образование новых оползней и «оживление» старых, является самовольная организация жителями ближайших жилых домов свалок хозяйственно-бытовых отходов на бровке берегового склона, что приводит к увеличению гравитационной нагрузки и провоцирует зарождение оползней антропогенного типа. В этом оползневом районе по улицам Пороховой Лог, Низкий Яр и Высокий Яр продолжается заблаговременный снос жилых домов и переселение жителей в безопасное место.

Подверженность населённых пунктов и хозяйственных объектов воздействию оползней проиллюстрируем приведением примеров разрушительного воздействия оползней за 2004 г. на территории г. Барнаула. Оползни носили антропогенный характер, т.е. их активизация произошла вследствие непродуманной деятельности человека.

На участке восточного спуска трассы ГЗУ ТЭЦ-2 (четвёртый оползневой район) 2 мая произошёл антропогенный оползень, в результате чего частично разрушился железный лоток и деформировались две действующие нитки золотпровода, что привело к аварийной утечке золотпульпы в пойменную часть р. Обь (рисунок 3). В связи с тем, что дальнейшая эксплуатация трассы золотпровода на этом участке стала невозможной, из-за сложности её восстановления в результате образовавшегося достаточно объёмного оползневом цирка и наличия большой крутизны берегового склона, было принято решение о переносе её в безопасное место. Новый восточный спуск трассы ГЗУ, состоящий из двух рабочих ниток, был смонтирован на участке Казачьего Спуска (автомобильная выемка), восточнее аварийного участка, где для прокладки золотпровода и дальнейшей его эксплуатации существуют более простые инженерно-геологические условия.



Рис. 3. Оползень на участке восточного спуска трассы ГЗУ ТЭЦ-2. Разрушен железный лоток, деформация рабочих ниток золотпровода

2 февраля в районе бывшей овчинно-меховой фабрики (ОМФ) сошёл оползень с объёмом 4 тыс. м<sup>3</sup> грунтовых масс. На этом участке разрушена часть бровки берегового склона, что привело к уменьшению площади городской территории. Оползневое тело вошло в русло р. Обь (район "ковша") на расстояние более 20 м. (рисунок 4).



Рис. 4. Оползень на участке бывшей ОМФ (центральный фланг)

Происхождение оползня связано с активной суффозионной деятельностью подземных вод. Второй сход оползневом блока объёмом 1,5 тыс. м<sup>3</sup> грунтовых масс был зафиксирован в мае 2004 года, на южном фланге этого же оползневом цирка. Учитывая активизацию оползневых процессов на этом участке, через 5-6 лет может возникнуть прямая угроза воздействия оползней на ближайшие сооружения, принадлежащие частным предприятиям. Усиление активности оползневых процессов в пределах всего участка бывшей ОМФ, скорее всего, связано с ликвидацией этого предприятия и организацией на её территории несколько частных более мелких коммерческих фирм с разными

видами деятельности, что привело к ослаблению контроля за подземными водонесущими коммуникациями. В течение всего года продолжалась медленная просадка оползневой блока на северном фланге территории, который сформировался весной 2003 года в результате замачивания бровки берегового склона талыми водами. Рекомендованные специалистами оползневой станции мероприятия по организации поверхностного стока и отсыпке земляного вала вдоль бровки склона на этом участке до сих пор не выполнены.

Ещё один оползень сошёл 25 апреля на участке гаражного кооператива ГПСК-638 по ул. Промышленная, 82 (рисунок 5). По происхождению оползень, скорее всего, антропогенный, так как причиной его формирования явилось с одной стороны замачивание талыми водами техногенных грунтов, слагающих этот участок берегового склона, с другой стороны длительные утечки из городских подземных водонесущих коммуникаций, проходящих вдоль улицы Промышленная, вблизи данного объекта.



Рис. 5. Оползень на участке ГПСК-638, верхняя часть склона

Ширина бровки срыва по фронту составила 70 м, высота 8 м, расстояние захвата вглубь территории - 10-15 м. Оползневое тело объёмом 3,5 тыс. м<sup>3</sup> грунтовых масс вошло в русло реки на расстояние 35-40м. При вводе в эксплуатацию этого гаражного кооператива в августе 1998 года, не были сооружены ливневые лотки для сбора и сброса в русло реки поверхностных вод, накапливающихся на территории в период весеннего снеготаяния и ливневых дождей, а также дренажный слой в нижней части склона, после засыпки его техногенными грунтами. Для уменьшения воздействия оползневых процессов на участок размещения ГПСК-638, после проведения инженерно-геологических и

других обследований, с выявлением причин возникновения оползня рекомендовано строительство защитных противооползневых сооружений типа контрбанкета или бетонной подпорной стенки.

**Прогнозирование изменений** в развитии оползневых процессов осуществляется на основе метода сравнительно-геологического анализа условий развития процессов. Данный метод основан на непосредственном контроле за возможно изменяемыми параметрами, такими как величины вертикальных перемещений геодезических реперов в пределах геодезических створов, уровень подземных вод в наблюдательных скважинах, замеры по временным маркам и т.п. С помощью этого метода составляются локальные прогнозы на ближайшие 5-10 лет, чего вполне достаточно для принятия конструктивных решений с учетом этих прогнозов при хозяйствовании. Тахеометрическая съёмка оползневых цирков и бровки берегового склона последние 3 года не проводилась. При прогнозировании за основу были положены результаты дежурных оползневых съёмок и замеры, проведенные по временным маркам, а также данные по изменению уровня режима подземных вод.

С достаточной уверенностью можно прогнозировать увеличение активности оползневых процессов на следующих участках оползневой зоны г. Барнаула: участок с/т "Кораблик". Возможен сход оползневых блоков сразу в пределах двух развивающихся молодых оползневых цирков, где при сходе оползней в весенний период возникла опасность разрушения садовых участков вместе с садовыми домиками, расположенными в приподшенной части берегового склона; участок улиц Поселковая и Кузбассовская (нагорная часть города), где возможны сходы оползневых блоков на участках организации несанкционированных свалок хоз-бытовых отходов; участок территории бывшей овчинно-меховой фабрики (ОМФ), где существует вероятность схода оползней в пределах наиболее активных оползневых цирков (центральный и северный фланги); участок ОАО "Сибнефть-Барнаулнефтепродукт", где в течение всего года существует угроза схода оползней на южном фланге и в пределах лестницы; участок трассы ГЗУ ТЭЦ-2 (на протяжении всей трассы), где существуют молодые развивающиеся оползневые цирки (ул.Квартал 953а, 155, 382а, 392а, 481а, 504-505, 21-34, 8-11); участок п.Казённая Заимка (ул. 1-я Обская, 1,3, западная окраина). На этом участке воз-



можны сходы оползней не только в данных местах, но и в районе стрельбища (восточная окраина посёлка). В случае высокого стояния уровня воды в р.Обь в период весенне-летнего половодья активность оползневых процессов на этом участке может резко возрасти, так как основным оползнеобразующим фактором здесь является речная боковая эрозия; участок п. Гоньба (ул. Приобская, 2). Возможны сходы новых оползневых блоков весной 2005 года за счёт активной деятельности речной боковой эрозии и суффозии [4].

С учётом метода сравнительно-геологического анализа условий развития процессов и опыта многолетних наблюдений можно прогнозировать, что в пределах оползневой зоны г.Барнаула активность оползневых процессов ожидается умеренной. Количество сходов оползневых блоков прогнозируется в пределах среднемноголетних величин и ожидается от 15 до 20 шт. Объёмы оползневых тел более 1 тыс. м<sup>3</sup> грунтовых масс ожидаются в пределах 70% от общего объёма.

**Борьба с оползнями** во многих случаях оказывается чрезвычайно сложной, дорогостоящей и зачастую неэффективной. Для успешного применения противооползневых мероприятий необходимо высококачественное выполнение инженерно-геологических изысканий для оценки фактической степени устойчивости склона. Эти изыскания выполняются согласно СНиП 11.02-96.

Ю.П. Правдивец (1998) отмечает, что для успешной реализации противооползневых мероприятий необходима разработка вопросов специальной стратегии и тактики.

К первым относят: установление природы возможных форм нарушения устойчивости склона и разработка рациональных расчетных схем; количественная оценка (иногда с некоторым приближением) степени устойчивости склона (определение коэффициента устойчивости - запаса); выявление наиболее эффективных путей повышения степени устойчивости склона до необходимых пределов; проектирование откосов с наперед заданной степенью устойчивости.

Вторые заключаются, в первую очередь, в выборе в пределах наличной стратегии наиболее эффективных для конкретного случая противооползневых мероприятий и сооружений, не забывая при этом о преимуществах «превентивных» профилактических методов.

**Противооползневые мероприятия подразделяются** на два вида:

- активные, способные воздействовать на основную причину оползня путем полного пресечения или некоторого ослабления ее действия, в частности, снятие перенапряжения грунтовой толщи за счет разгрузки любого вида; пассивные, направленные на повышение значимости факторов сопротивления, влияющих положительным образом на степень устойчивости, например, пригрузка, закрепление любыми способами.

Мероприятия по обеспечению охранной обстановки касаются в основном ограничений в деятельности человека в районе склона: по зеленому поясу (запрещение рубки леса, корчевания и разработки участков под огороды, уничтожение кустарника, травяного покрова); по строительству (установление границы предельной застройки, типа и веса сооружений, снос существующих сооружений, замедление темпов строительства); по земляным работам (запрещение любых работ на склоне в пассивной зоне - у подножья, загрузки склона в активной зоне - у бровки, увеличения крутизны откоса, вскрытие неустойчивых грунтов); в области водного хозяйства (запрещение спуска поверхностных вод и поливов, содержание в порядке водоотводящих и осушительных устройств, водопроводно-канализационных систем, заделка ям, трещин, установление уровней и темпов сброса вод, омывающих откос); по динамическим воздействиям (запрещение применения взрывных работ, забивки свай, работы транспортными средствами).

Берегозащитные мероприятия и сооружения на водотоках и водоемах у подножья склона должны включать в себя: отвод и выправление русел, устройство защитных покрытий, возведение лотков, быстроток, перепадов, стен -набережных.

Водоотводные осушительные и дренажные мероприятия и устройства делят на: работы на поверхности - (планировка местности, заделка трещин, устройство покрытий, дамб, обвалования, нагорных и осушительных каналов, лотков, каптаж источников); обустройство дренажей (продольные и поперечные прорезы и галереи, дренажные шахты, поглощающие скважины и колодцы); выполнение изоляционных мероприятий (устройство различных инъекционных завес, глинизация, замораживание грунтов).

Землеустроительные мероприятия направлены на: разгрузочные работы в активной зоне (полный съём оползневых масс, срезка активной части оползня, очистка скальных откосов, террасирование и упо-

лаживание склона, общая планировка склона) и пригрузки в пассивной зоне (отсыпка и отвал грунта); покрытие скальных склонов металлическими и геосинтетическими сетками; армирование поверхности геосинтетическими материалами (сетками, ячеистыми каркасами и т.п.); устройство каменных ловушек.

Механическое крепление склона (откоса) связано с устройством одиночных прошпиливающих элементов в виде свай различного типа, проходящих сквозь оползень в коренные породы или рядов в виде шпунтовых стенок, инъекционных и мерзлотных завес и др.

Подпорные сооружения предусматривается возводить в виде шпунтовых стенок (металлических, железобетонных, деревянных), подпорных стен (каменных, бетонных, железобетонных), стен из свай-оболочек большого диаметра, а также в виде упорных валов (поясов) из фунта, каменной наброски, массивов-гигантов.

Покрытия предназначены для закрепления поверхности склона от воздействия ливневых и речных вод. Их выполняют из песчаных, гравелистых, галечных фунтов, каменной наброски, каменного мощения, шлакоглинобетона, асфальта и асфальтобетона, бетона и железобетона, геосинтетических пленок из армированного высокопрочного полиэтилена. Для закрепления береговой зоны часто используют фашинные туюфяки.

Использование растительности направ-

лено на закрепление и осушение склона. Здесь предусматривается сплошное травосеяние, посадка влаголюбивого кустарника, облесение склона (вяз, дуб, клен, липа, лиственница).

Искусственное уплотнение и закрепление грунтов на склоне предусматривает проведение различных инъекций (цементация, силикатизация, битумизация, глинизация), замораживание фунтов, уплотнение электроосмосом.

Обеспечение устойчивости возводимых сооружений в зоне действий оползня преследует цель повышения безопасности и включает мероприятия: по удалению неустойчивого массива на всю его мощность (до коренных неоползнеопасных пород); закладку глубоких фундаментов, опирающихся на устойчивые породы; устройство фундаментов из буронабивных свай; использование каркасных конструкций; армирование крутых откосов геосинтетическими сетками и каркасами; применение железобетонных поясов; устройство деформационных швов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Молоков Л.А. Инженерно-геологические процессы. - М.: Недра, 1985.
2. Ананьев В.П. Инженерная геология. - М.: Недра, 2002.
3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. - Л.: Недра, 1978.
4. <http://www.tgm.ru/sib/region.php>.