ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОСФЕРЕ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ
HAZARDOUS PROCESSES IN THE HYDROSPHERE: FUNDAMENTAL AND ENGINEERING ASPECTS

Научная статья / Scientific paper
УДК: 504.05
DOI: 10.34753/HS.2026.8.1.60

Формирования и развития оползневых процессов на территории г. Москвы

Е. А. Крахина, В. Н. Экзарьян
Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия
e-mail: l.k98@mail.ru

Аннотация. Анализируются факторы и условия развития склоновых процессов на территории Москвы, подверженной оползневым деформациям. Особое внимание уделяется комплексному анализу геологических, гидрологических и геоморфологических факторов, определяющих динамику и характер развития оползневых явлений. На основе детального изучения природных условий исследуемых районов Москвы выявлены специфические особенности проявления оползневых процессов. Целью работы являлось выделение и систематизация факторов, обусловливающих деформационные процессы на 13 оползневых участках Москвы. Объектом исследования являлись оползни Москвы, предметом – изучение факторов и условий, оказывающих воздействие на активность оползневых процессов. Анализ особенностей и характеристик оползневых участков, результаты экспертной оценки позволили систематизировать группы факторов естественного и техногенного характеров.

Ключевые слова: оползневые участки; геологическое строение; оползни Москвы; факторы и условия.
Для цитирования: Крахина Е. А., Экзарьян В. Н. Формирования и развития оползневых процессов на территории г. Москвы // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2026. Т. 8. Вып. 1. С. 60–73. DOI: 10.34753/HS.2026.8.1.60.

Formation and Development of Landslide Processes in Moscow

Elena A. Krakhina, Vladimir N. Ekzaryan
Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University, Moscow, Russia
e-mail: l.k98@mail.ru

Abstract. The factors and conditions of the development of slope processes in the territory of Moscow, which is subject to landslide deformations, are analyzed. Special attention is paid to the complex analysis of geological, hydrological and geomorphological factors that determine the dynamics and nature of the development of landslide phenomena. Based on a detailed study of the natural conditions of the studied areas of Moscow, specific features of the manifestation of landslide processes have been identified. The aim of the work was to identify and systematize the factors responsible for deformation processes in 13 landslide sites in Moscow. The study focuses on the landslides of Moscow specifically examining factors and conditions affecting the activity of landslide processes. The analysis of the features and characteristics of landslide sites, the results of an expert assessment allowed us to systematize groups of natural and anthropogenic factors.

Keywords: landslide sites; geological structure; landslides in Moscow; factors and conditions.
For citation: Krakhina E.A., Ekzaryan V.N. Formation and Development of Landslide Processes in Moscow. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2026, vol. 8, iss. 1, pp. 60–73. DOI: 10.34753/HS. 2026.8.1.60. (In Russian; abstract in English).

Введение

Формирование оползневых склонов в г. Москве представляет собой сложный процесс, обусловленный взаимодействием геологических, гидрологических и геоморфологических факторов. Под влиянием подмыва берегового уступа рекой Москва при его достаточной высоте (не менее 17–25 м над уровнем реки в межень) и наличии верхнеюрских глинистых пород в основании уступа, формируются первичные оползни сдвига-срезания с поверхностью смещения близкой к кругло-цилиндрической. Постепенный размыв «языковой» части этих оползневых тел обусловливает медленное продолжение «постосновного» смещения горных пород вниз по склону. При определенном положении запрокинутой поверхности головной части оползней изменения напряжений оказываются достаточными для нарушения равновесия прилегающего массива горных пород, который, в свою очередь, также отчленяется за счет сдвига-срезания по поверхности, близкой к кругло-цилиндрической в нисходящей части. В остальной части смещение происходит уже по зоне сдвига первоначального блока. Далее процесс происходит циклически, преимущественно развиваясь в сторону «плато», хотя имеют место и оползневые смещения в толще уже отчлененных блоков. Наибольшее количество блоков и максимальная длина (по направлению смещения) оползневого массива достигается на наиболее высоких склонах. Горизонтальные смещения оползневого массива при этом не значительны. Изменения напряженного состояния массива горных пород, приводящие к нарушению устойчивости последующих блоков, возникают вследствие разгрузки горизонтальных напряжений как из-за вышеуказанных малых горизонтальных смещений, так и вследствие опускания головных частей предыдущих блоков, уменьшающего вертикальные напряжения на поверхности смещения на этих участках. На качественном уровне влияние малых горизонтальных смещений на напряжения в массиве пород можно проиллюстрировать следующим примером.

Максимальная величина выпора дна котлована глубиной 15–20 м в средних грунтовых условиях не превышает 20 см, т.е. составляет 1–1,3 % от мощности вынимаемого грунта. Хотя грунт из котлована вынимается полностью, фактически для достижения того же результата достаточно его «приподнять» (переместить вверх) всего на 20 см, что обеспечивает полную разгрузку напряжений, (исключив при этом «виртуальном подъеме» передачу боковых напряжений). Следовательно, для последовательного формирования крупных оползневых блоков достаточно суммарного горизонтального смещения 1–2 м, хотя фактически эта величина все же в несколько раз больше, так как оползневые блоки при смещении не теряют контакта с остальным массивом и продолжают передавать достаточно большие напряжения на него. Таким образом, создаются условия для возобновления деформаций ползучести в оползневом массиве. По достижению их критических величин склон приобретает предельное состояние по устойчивости.

Весьма вероятно, что катализатором основного смещения с образованием новых блоков являются экстремальные паводки на реках, которые ведут к росту порового давления в зоне смещения, особенно на участке затопленного «языка» оползня. Быстрый спад паводка опережает диссипацию порового давления в глинистых грунтах и, кроме того, приводит к резкому росту гидравлических градиентов в языковой части массива, что увеличивает так называемое гидродинамическое давление. Когда влияние разгрузки прибровочной части массива вследствие незначительного смещения языковой части оползневого тела не может распространиться далеко вглубь массива за бровку, это приводит к формированию лишь узкого субблока. Это, видимо, является одной из причин того, что реальная поверхность смещения развивается в массиве вблизи бровки склона.

Методы

На оползневых участках г. Москвы отмечается дополнительное техногенное воздействие в результате проведения дноуглубительных работ в русле Москвы-реки,

которое приводит к нарушению устойчивости склонов. Кроме того, в 1980 и 1981 гг. осуществлялись работы по промывке русла реки, которые могли привести к эффекту, аналогичному активизации процесса донной эрозии. Скорости смещения массивов на оползневых участках г. Москва сейчас не выше, чем в 1960–70-х гг., но на ряде участков (Карамышевская набережная, Серебряный бор, Воробьевы горы и др.) в последние 10–15 лет появились поверхностные проявления в виде отдельных трещин разрыва, что может говорить о возможном переходе процесса в другую стадию. Данные режимных наблюдений за поверхностными реперами и инклинометрических исследований также показывают заметное изменение деформаций:

1. В Коломенском на участке Чертановских коллекторов и на участке Хорошево-1 наблюдается перемещение оползневых блоков по уже существующей зоне смещения;

2. На Воробьевых горах пока преобладает перекашивание и формоизменение массива.

На основе анализа таксономических признаков оползней из классификаций, разработанных такими отечественными учеными в областях инженерной геологии, геоморфологии и грунтоведения, как М. К. Рзаева [1], Г. П. Постоев [2], И. В. Попов [3], Г. С. Золотарев [4, 5], Ф. П. Саваренский [6], Н. В. Родионов [7], А. П. Павлов [8], Н. Н. Маслов [9], В. В. Кюнтцель [10, 11, 12] и Е.П. Емельянова [13, 14], К.А. Гулакян [10], А.И. Шеко [15] был выделен ряд ключевых факторов и условий, обуславливающих оползневые процессы на территории города Москвы.

По каждому участку рассмотрены факторы, способствующие развитию оползневых деформаций и провоцирующие смещение горных пород. Выделенные факторы на основе метода экспертной оценки [16] дополнительно были классифицированы по типу и характеру воздействия на состояние оползневого склона. На основе результатов экспертной оценки [16], факторы были распределены на три группы, в зависимости от длительности воздействия на оползневой склон: постоянные, медленно изменяющиеся и быстро изменяющиеся. Каждая группа подразделялась на классы по характеру происхождения условий: геологические, геоморфологические, гидрогеологические, биологические, почвенные, метеорологические, гидрологические, инженерно-геологические и техногенные.

На территории города Москвы выделяется 13 оползневых участков, для каждого определялись факторы и условия, обуславливающие оползневые, деформационные процессы.

Результаты

Оползневой участок Тушино расположен на левом берегу реки Сходни. Высота склона составляет около 17 м., крутизна 45°. Протяженность оползня вдоль берегового склона составляет 575 м, форма в плане фронтальная и прослеживаются остатки характерного бугристо-грядового рельефа. Четко прослеживается надоползневой уступ высотой около 10 м, крутизной 60°. Нижняя часть склона представляет собой прислоненную пойменную террасу шириной до 100 м. Береговой уступ укреплен от размыва бетонными плитами.

На основе скважин Мосгоргеотреста было составлено геологическое описание участка. На плато прослеживается горизонтальное залегание палеозой-мезозойских отложений: кровля каменноугольных известняков на отметках 109 м, оксфордских глин 122 м, волжских глин 132–133 м, волжских песков около 140 м.

Оползневой участок Щукино расположен на левом берегу реки Москвы, имеет протяженность вдоль берегового склона 500 м, прослеживаются остатки характерного бугристо-грядового рельефа (рисунок 1). Кровля каменноугольных отложений залегает на отметке 110–112,5 м, кровля оксфордских глин на плато залегает на отметке 122,5 м. Мощность четвертичных отложений 10–20 м.



Рисунок 1. Оползневой склон на участке Щукин
Figure 1. Landslide slope at the Shchukin site

Оползневой участок Серебряный бор расположен на правом берегу реки Москвы, в юго-западной части одноименной излучины. Участок имеет протяженность вдоль берегового склона около 1200 м и подразделяется на 3 оползневых амфитеатра, разделенных двумя большими оврагами. Участок характеризуется естественным бугристо-грядовым рельефом поверхности. В нижнем по течению реки амфитеатре на уступе второй оползневой ступени расположена трещина протяженностью 50 м. Склон интенсивно подмывается рекой, о чем свидетельствует крутой обнаженный береговой уступ.

Верхняя часть склона до глубины 20–21 м сложена песчано-глинистыми четвертичными отложениями и юрскими песками. Кровля юрских глин располагается на отметке 127,5 м, на 2 м выше уреза воды в реке. Кровля каменноугольных отложений вскрыта на отметках 102 м. По течению реки Москвы в средней и нижней частях участка отмечается нарушенное залегание пород – не прослеживается горизонтальное залегание слоев с равными сопротивлениями, а выделяются отдельные блоки, в пределах которых идентичные по свойствам и генезису горные породы располагаются на разных абсолютных отметках как по сравнению с плато, так и по отношению друг к другу.

Оползневой участок Хорошево-1 расположен на левом берегу реки Москвы между Хорошевским и Карамышевским спрямлением реки, протяженность участка около 1400 м, ширина достигает 120 м. Участок характеризуется отдельными оползневыми буграми. Склон подмывается рекой. На небольшом по протяженности участке, где расположены Карамышевские шлюзы, береговой уступ укреплен бетонными плитами и деревянными сваями.

Скважина, расположенная на расстоянии 500 м от центральной части оползневого участка, пройденная Солнечногорской гидрогеологической партией Гидрорежимной экспедиции Мингео РСФСР в 1976 г., позволила выявить расположение юрских и каменноугольных пород в коренном склоне. Кровля оксфордских глин располагается у уреза на абсолютных отметках 125 м, кровля каменноугольных отложений расположена на отметках 97,5 м.

Оползневой участок Фили-Кунцево расположен на правом склоне долины реки Москвы, в пределах Филевской излучины. Данный оползневой участок является одним из наиболее крупных, протяженность вдоль склона составляет около 3750 м, длина по оси смещения 220 м. Оползнем охвачен склон высотой порядка 47 м, крутизна в центральной части – 20°. По большей части поверхности оползня, исключая

краевые зоны, прослеживается до 3 оползневых ступеней. Оползневой уступ четко выражен и имеет высоту 35 м, крутизну 25°. В настоящее время активные проявления глубоких оползневых деформаций на участке Фили-Кунцево не наблюдается. Многочисленные оплывины, развивающиеся на надоползневом уступе, и достигают в отдельных случаях 130 м в ширину и связанны с местными особенностями геоморфологических, геолого-литологических и гидрогеологических условий.

На плато комплекс оксфордских глин залегает в интервале абсолютных отметок 117–106,5 м. Ниже залегают глины келловейского яруса мощностью 6,5 м и песчано-глинистые континентальные отложения бат-келловейского возраста мощностью 4–6 м. На теле оползня, отметки залегания кровли оксфордских глин колеблются от 110 до 120 м, что связано с блоковым строением оползня. Минимальные отметки оксфордских глин наблюдаются в средней части оползневой террасы, а в языке оползня – валообразное поднятие глин.

Оползневой участок Мневники расположен на левом берегу реки Москвы у Карамышевского шлюза [17], протяженность участка 480 м, ширина 70 м, также хорошо прослеживаются 2–3 оползневые ступени. По данным Мосгоргеотреста на плато кровля глин волжского яруса вскрывается на абсолютных отметках 134,5 м, кровля оксфордских глин на отметке в 131,5 м, а в береговом уступе на отметках 121,5–125,5 м отмечены выходы как оксфордских, так и волжских глин, что характеризует нарушение строения участка оползневыми процессами.

Оползневой участок Хорошево-2 расположен на левом берегу реки Москвы, непосредственно ниже по течению от Карамышевского гидроузла, протяженность участка вдоль склона составляет около 660 м, ширина до 57 м. До устройства набережной на участке отмечались проявления на поверхности глубоких деформаций в виде трещин и срывов в средней и верхней частях склона и на надоползневом уступе. В настоящее время подобные деформации отсутствуют. Высота и крутизна надоползневого уступа изменены вследствие отсыпок техногенного материала (строительного и хозяйственно-бытового мусора).

На участке Хорошево-II техногенная нагрузка представляет собой основную причину формирования оползневого массива. Активизация произошла в результате его пригрузки насыпными грунтами. На отдельных участках (район бывшего Студеного оврага) оползневой массив состоит из насыпных грунтов на 66 % [18].

Оползневой участок Поклонная гора расположен на правом берегу реки Москвы в центральной части города. Протяженность участка вдоль склона – 550 м, ширина около 120 м. На участке были произведены берегоукрепительные противооползневые мероприятия: отсыпка контрбанкета, возведение стенок набережной, планировочные работы, дренирование склона. Последствием планировочных работ является отсутствие четко выраженного оползневого рельефа.

Каменноугольные отложения имеют абсолютные отметки кровли в пределах 115–120 м с повышением к руслу реки Москвы. Характер размыва рельефа кровли известняков объясняется близостью оползневого участка к доюрской долине размыва, проходящей севернее. На данном участке отмечается существенное изменение положения кровли юрских глин и их мощностей на склоне, по сравнению с плато, в отличие от участка Хорошево-1. Верхний оползневой блок сместился в вертикальном направлении, а залегающие ниже блоки – запрокинуты.

Оползневой участок Воробьевы горы располагается на правом берегу реки Москвы, протяженность участка составляет около 3500 м, максимальная ширина 360 м. (рисунок 2). В рельефе четко прослеживаются 3–4 оползневые ступени. На участке были проведены противооползневые мероприятия: отсыпан контрбанкет, построена стенка набережной, произведено дренирование склона и небольшая планировка нижней части склона.



Рисунок 2. Оползни глубокого залегания на участке Воробьевы горы
Figure 2. Deep-seated landslides at the Vorobyovy Gory site

Кровля каменноугольных отложений прослеживается на плато практически на одних и тех же отметках 77–80 м. Кровля юрских глин на плато располагается на отметках 84–115 м. Выше залегает мощная, преимущественно песчаная толща юрских, меловых и четвертичных отложений. На склоне отмечается горизонтальное залегание смещенных горных пород в виде нескольких отдельных блоков. В языковых частях блоков, особенно в самом нижнем, отмечается возрастание мощности оксфордских глин, а в тыловой части этого блока мощность оксфордских глин уменьшена на 5 м (почти в 4 раза по сравнению с плато).

В районе Метромоста вблизи набережной на трех участках зафиксированы резкие локальные понижения кровли известняков и в некоторых случаях, отложения келловейского яруса. Углы наклона поверхности келловейских отложений, связанные с локальным рельефом, по словам Кропоткина М.П., не превышают нескольких градусов при преобладающей крутизне 1–3°, однако автор считает, что такие углы ненамного меньше углов внутреннего трения в наиболее слабых горизонтах юрских глин [19].

Воробьевы горы, как и Хорошево-1, Фили-Кунцево, где наблюдались аналогичные черты в строении оползневого склона, характеризуются залеганием известняков ниже уреза реки Москвы. В профиле в нижней части оксфордских глин ориентировочно выделена зона максимальных деформаций, имеющая мощность 5–10 м, а в языковой части до 20 м.



Рисунок 3. Оползневые ступени на участке Коломенское
Figure 3. Landslide benches at the Kolomenskoye site

Оползневой участок Коломенское располагается на правом берегу реки Москвы, протяженность участка составляет 3000 м, максимальная ширина 265 м. В отличие от двух других крупных оползневых участков – Воробьевы горы и Фили-Кунцево, Коломенское представляет собой три оползневых амфитеатра, разделенных участками склона, незатронутого глубокими оползнями (рисунок 3). Протяженность амфитеатров, расположенных вниз по течению реки Москва, составляет: первого – 250 м, второго – 300 м, третьего – 650 м. В пределах амфитеатров наблюдается типичный оползневой бугристо-грядовый рельеф (рисунок 4). Проведены противооползневые и берегоукрепительные работы – отсыпка банкета, возведение стенки набережной, дренирование склона и его благоустройство.

Каменноугольные отложения вскрываются на абсолютных отметках 90–97 м. Залегающая выше толща юрских глин и песчано-глинистая толща юрской, меловой и четвертичной систем имеет существенные различия в положении и мощностях на плато и склоне. Амплитуда изменения абсолютных отметок кровли и мощности глин оксфордского яруса очень значительные до 18 м, соответственно. Амплитуда изменения кровли волжских глин достигает 23 м, максимальное уменьшение мощностей составляет 6 м. В пределах среднего и нижнего течения реки Москвы оползневые склоны характеризуются наличием амфитеатров, где в одном случае келловейские отложения подверглись оползневым деформациям, что проявляется в изменении их положения и мощности, а в другом – они залегают горизонтально. В остальном наблюдается сходство в строении оползневых склонов на Воробьевых горах, Фили-Кунцево и Хорошево-2. На перечисленных участках (отлично от участка Поклонная гора), в языковой части наблюдается увеличение мощности глин, особенно в нижней части склона, а в тыловой части блоков уменьшение мощностей оксфордских глин.



Рисунок 4. Бугристо-грядовый рельеф участка Коломенское
Figure 4. Hummock-and-ridge topography at the Kolomenskoye site

К оползневым склонам участка Коломенское в пределах среднего и верхнего по течению реки амфитеатров прислонены террасы, поэтому активизации глубоких деформаций не наблюдается.

Оползневой участок Москворечье расположен на правом берегу реки Москвы, ниже железнодорожного моста Курского направления (рисунок 5). Протяженность оползневого участка составляет 400 м, ширина 65 м. Наблюдается два рядом расположенных амфитеатра. Нижняя часть склона в пределах амфитеатров и между ними имеет четко выраженный бугристо-грядовый рельеф. Средняя и верхняя части склона в пределах амфитеатров – срезаны.

По данным бурения каменноугольные отложения вскрыты на отметках 85–90 м, юрские глины – на 122–124 м. Меловые пески вскрыты на отметках значительно более низких, чем на плато, что может рассматриваться как одно из подтверждений оползневого строения склона.



Рисунок 5. Оползневой амфитеатр на участке Москворечье
Figure 5. Landslide amphitheater at the Moskvorechye site

Оползневой участок Сабурово располагается на правом берегу реки Москвы, протяженность участка 400 м. (рисунок 6). Рельеф склона не характеризуется типичными чертами – наличием гряд и бугров, участок представляет собой две террасовидные ступени.



Рисунок 6. Оползневой склон вблизи реки Москвы на участке Сабурово
Figure 6. Landslide slope near the Moskva River at the Saburovo site



Рисунок 7. Укрепление оползневых ступеней на участке Сабурово
Figure 7. Stabilization of landslide benches at the Saburovo site

На плато залегает толща пород оксфордских глин. В пределах нижней части склона, так же как на других участках, залегают горные породы с пониженным сопротивлением. Четких блоков пород, с запрокидыванием в сторону коренного склона, как это наблюдалось в других участках, здесь не выявлено, что может быть обусловлено небольшой шириной оползневого склона. На участке проведено укрепление оползневых ступеней (рисунок 7).

Оползневой участок Чагино располагается на левом берегу реки Москвы, протяженность участка около 600 м, ширина 56 м. К оползневому склону прислонена пойменная терраса, поверхность склона представлена слабовыраженным бугристо-грядовый рельефом.

Выявлены нарушения строения оползневого склона, связанные с юрскими глинами. Кровля юрских глин на плато располагается на отметках 120–121 м, на склоне в пределах верхнего блока на отметках 120–121 м, на нижнем 110–112 м. В нижнем блоке также часто прослеживаются запрокинутое положение смещенной толщи четвертичных отложений. В связи с наличием прислоненной к склону пойменной террасы активизация глубоких деформаций в естественных условиях невозможна.

В таблице 1 представлены данные по оползневым участкам Москвы, с указанием характеристики факторов, обуславливающих деформационные процессы.

Обсуждение

Оползневые участки, расположенные на территории г. Москва, характеризуются различными факторами и условиями, среди которых преобладают геологические, связанные с нарушением залегания пород и их физико-механическими свойствами. Также значимую роль играют гидрологические и техногенные факторы, особенно на участках, подверженных подмыву или испытывающих воздействие человеческой деятельности, такой как строительство и изменение рельефа. Большинство факторов являются постоянными или быстро изменяющимися, что указывает на необходимость перманентного ведения мониторинга оползневых процессов.

Таблица 1. Типизация факторов, определяющих степень активности оползневых процессов
Table 1. Typology of factors determining landslide process activity

№ оползне-вого участка	Наименование оползневого участка	Характеристика факторов, обуславливающих деформационные процессы	Класс фактора	Группа фактора
1	2	3	4	5
1	Тушино	Изменение положения кровли оксфордских глин на склоне (повышение ее по сравнению с плато на 2,5 м) – является признаком нарушенности залегания глин	Геологический	Постоянный
2	Щукино	Геолого-геоморфологические особенности	Геоморфологический	Постоянный
		Подрезка склона – нижней и средней частей склона	Техногенный	Быстро изменяющийся
		Оползневой уступ расчленен промоинами	Гидрогеологический	Медленно изменяющийся
		Процессы подмыва пород, слагающих берег рекой Москвой	Гидрологический	Быстро изменяющийся
3	Серебряный бор	Нарушение строения склона. Не прослеживается горизонтальное залегание слоев с равными сопротивлениям. Выделяются отдельные блоки, в пределах которых фрагменты пород с равными сопротивлениями, располагаются на разных абсолютных отметках (как по сравнению с плато, так и по отношению друг к другу)	Геологический	Постоянный
		Запрокинутое к плато залегание слоев	Геологический	Постоянный
		Оползневый уступ оголен, в виде отдельных ступеней выделяются просевшие участки. Бровка надоползневого уступа четко выражена, под бровкой тянется стенка срыва – вертикальная, обнаженная	Геоморфологический	Постоянный
		Ручей Гнилуша подрезает оползневой склон (песок выносится потоком и откладывается в русле р. Москвы образуя конус выноса)	Гидрологический	Быстро изменяющийся
		Подмыв берегового уступа рекой Москвой в пределах (крутой обнаженный береговой уступ) – боковая эрозия	Гидрологический	Быстро изменяющийся
4	Хорошево-1	Нарушенное горизонтальное залегание пород на склоне (наличие ряда блоков породы, в различной степени запрокинутости. Залегание в средней части склона толщи с резко пониженным сопротивлением – оксфордские глины)	Геологический	Постоянный
		В верхней части склона под территорией Храма Живоначальной Троицы и ТСЖ «Годуново» образовалась трещина закола, с захватом плато в районе хозяйственных строений церкви. Высота стенки срыва достигла 3 м. Оползневые деформации также фиксировались в средней и нижней частях склона	Геологический	Постоянный
		Склон подмывается рекой	Гидрологический	Быстро изменяющийся
5	Фили-Кунцево	Деформация глин оксфордского яруса (на плато комплекс оксфордских глин залегает в интервале абсолютных отметок 117,7–106,5 м. Кровля глин оксфордского яруса находится несколько ниже уреза реки – 120 м)	Геологический	Постоянный
		Значение угла внутреннего трения и сцепления в теле оползня колеблются в пределах 70–260 и 0,41–1,16 кг/см^2 (на плато угол внутреннего трения составляет 180–200, а удельное сцепление 0,65–0,82)	Геологический	Постоянный

1	2	3	4	5
5	Фили-Кунцево	На склоне формируются оплывины	Гидрологический	Быстро изменяющийся
		Эрозионный размыв берегового уступа	Гидрологический	Быстро изменяющийся
		Залегание юрских глин и каменноугольных известняков ниже уреза реки		
6	Мневники	Нарушенное строение пород на склоне (на плато кровля глин волжского яруса вскрывается на абсолютной отметке 134,5 м, кровля оксфордских глин на отметке 131,5 м. В береговом уступе на отметках 121,5–125,6 м отмечены выходы как оксфордских, так и волжских глин)	Геологический	Постоянный
		Стенка срыва оползня постоянно отступает, происходит откол от плато и сползание свежих блоков. За стенкой срыва наблюдается образование глубоких (до 2 м) и протяженных (30–50 м) трещин	Геоморфологический	Постоянный
		Специфический рельеф поверхности	Геоморфологический	Постоянный
		Подмыв склона рекой	Гидрологический	Быстро изменяющийся
7	Хорошево-2	Нарушенное залегание на склоне юрских глин и четвертичных пород (амплитуда колебания отметок кровли глин всех 3-х ярусов составляет 2–3 м, величина мощностей 1–1,5 м. За счет понижения кровли в каменноугольном периоде, в пределах нижнего блока наблюдается запрокинутое в сторону склона залегание юрских глин, а также уменьшение их общей мощности в тыловой части блока на 1,5 м. Кровля каменноугольных отложений здесь горизонтальна)	Геологический	Постоянный
		Ступенчатое изменение положения кровли пород с низким сопротивлением (оксфордские глины)	Геологический	Постоянный
		Залегание юрских глин и каменноугольных известняков ниже уреза реки	Гидрогеологический	Медленно изменяющийся
8	Поклонная гора	Существенное изменение положения кровли юрских глин и мощностей на склоне по сравнению с плато	Геологический	Постоянный
		На бровку склона насыпан грунт, на поверхности которого наблюдаются тонкие трещины закола. Бровка склона отгорожена бетонными плитами, часть которых наклонена и смещена	Антропогенный	Быстро изменяющийся
		Размыв и денудация выжимавшихся глин (берег реки Москвы подмывается, конец набережной разрушен)	Гидрологический	Быстро изменяющийся
9	Воробьевы горы	Оксфордские и волжские глины характеризуются большими колебаниями отметок кровли (на 13–16 м) и мощностей (особенно у оксфордских глин)	Геологический	Постоянный
		Горизонтальное залегание смещенных пород в верхнем блоке и запрокинутое в сторону коренного склона более старых блоков	Геологический	Постоянный
		Залегание юрских глин и каменноугольных известняков ниже уреза реки	Гидрогеологический	Медленно изменяющийся

1	2	3	4	5
10	Коломенское	Ослабление склона за счет строительных работ	Техногенный	Быстро изменяющийся
		Толща юрских глин, песчано-глинистые толщи юрских, меловых и четвертичных отложений имеют существенные различия в положении и мощностях на плато и склоне. Амплитуда изменения абсолютных отметок кровли и мощностей глин оксфордского яруса очень значительна – до 18–19 м. Амплитуда изменения кровли волжских глин достигает 23 м, а максимальное уменьшение мощностей – 6 м	Геологический	Постоянный
		Степень запрокинутости блоков увеличивается вниз по склону	Геологический	Постоянный
		В средней части склона отмечается интенсивный рост оврага	Геоморфологический	Постоянный
11	Москворечье	Средняя и верхняя части склона в пределах амфитеатров срезаны (сложенные песками). У бровки склона сделана новая насыпь и построены гаражи, что также оказывает негативное влияние на устойчивость склона	Техногенный	Быстро изменяющийся
		Вдоль бровки склона, в насыпных грунтах прослеживаются свежие трещины закола длиной 5 м	Геоморфологический	Постоянный
		Верхняя часть откоса неустойчива, на его поверхности множество стенок срыва с отколотыми блоками	Геологический	Постоянный
		Склон свободно подмывается рекой, что создает благоприятные условия для развития оползневых деформаций	Гидрологический	Быстро изменяющийся
		Меловые пески залегают на отметках склона значительно более низких, чем на плато	Геологический	Постоянный
12	Сабурово	Срезка в восточной части склона	Техногенный	Быстро изменяющийся
		Породы с пониженным сопротивлением около 8–10 Ом	Геологический	Постоянный
13	Чагино	Нарушенное залегание пород на склоне, связанное с юрскими глинами (кровля оксфордских глин на плато располагается на отметках 120–121 м. На склонах в пределах верхнего блока на отметках 120–121 м, на нижнем 110–112 м	Геологический	Постоянный
		В нижнем блоке также четко прослеживается запрокинутое положение смещенной толщи четвертичных отложений	Геологический	Постоянный
		Часть участка подмывается рекой. В нижней части склона вскрыты юрские глины, происходит оплывание грунта	Гидрологический	Быстро изменяющийся

Отмечаются следующие особенности строения оползневых склонов, основанные на анализе факторов и условий, воздействующих на прочностные и деформационные характеристики горных пород:

1. Отчленившийся от плато новый блок испытывает преимущественно вертикальные деформации (положение верхних блоков на участках Хорошево-2, Поклонная гора, Воробьевы горы, Коломенское). Запрокидывание положения породы характерно для блоков, расположенных ниже по склону, причем в этом направлении степень запрокинутости увеличивается.

2. На ряде участков (Воробьевы горы, Коломенское, в районе расположения Чертановских коллекторов) оползневыми деформациями не захвачены келловейские глины. Такие участки отличаются более глубоким залеганием этих отложений.

3. В блоках, расположенных в средней и особенно в нижней частях склона, наблюдается резкие изменения мощности глин (уменьшение в тыловой части, увеличение в языковой) – на Хорошево-2, на Воробьевых горах, в Коломенском. На участке Поклонная гора, где подошва юрских глин располагается у уреза, такого явления не отмечается, что объясняется подмывом и денудацией «выжимаемых» пород.

В качестве ключевых факторов, способствующих развитию оползней, выделяются три группы: постоянные, быстроизменяющиеся и медленно изменяющиеся. В группе постоянных факторов – нарушения залегания породы, трещины и особенности горизонтального или запрокинутого залегания слоёв. Группа быстро изменяющихся факторов включает: подрезку склонов, подмыв поверхностными водотоками, насыпь грунта. В группу медленно изменяющихся факторов входят: залегание юрских глин и каменноугольных известняков ниже уреза реки, расчленение оползневого уступа промоинами.

Геологические характеристики оползневых участков Москвы варьируются в широком диапазоне, включая высоту и крутизну склонов, типы залегания пород, наличие бугристо-грядового рельефа и другие параметры. Основные геологические особенности данных участков включают:

- наклонное залегание юрских песчано-глинистых отложений, что способствует ослаблению устойчивости склонов;
- формирование оползневых амфитеатров и ступеней, свидетельствующих о длительном развитии оползневых процессов;
- вертикальные деформации блоков, являющиеся индикаторами значительных перемещений грунтовых масс.

Для предотвращения развития оползней и минимизации их последствий необходимо проведение регулярных геотехнических исследований, включающих анализ инженерно-геологических условий, оценку устойчивости склонов и прогнозирование возможных оползневых процессов. На основе полученных данных следует разрабатывать и внедрять эффективные меры по укреплению склонов, устройству и контролю за техногенной деятельностью в районах с высоким риском оползней. Важно также осуществлять мониторинг состояния оползневых участков и оперативно реагировать на изменения, способствующие развитию опасных процессов.

Литература / References

1. Рзаева, М.К. Об инженерно-геологических типах оползней // Инженерные изыскания для строительства, 1969. Сер. 2. № 1. С. 79–86.
2. Постоев Г.П. Основные характеристики и признаки проявлений оползней // Геоэкология. 2010. № 2. С. 140–148. EDN: MDWWPF
3. Попов И.В. Инженерная геология. М.: МГУ, 1952, 512 с.
4. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика. Москва: МГУ, 1983, 328 с.
5. Золотарев Г.С. Методика инженерно-геологических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1990, 384 с.

6. Саваренский Ф.П. Опыт построения классификации оползней // Труды I Всесоюзного оползневого совещания. Л.; Москва: ОНТИ, 1935. С. 29–37.
7. Родионов Н.В. К вопросу о классификации оползневых явлений. // Труды Московского геологоразведочного института, 1939, т. 15. С. 197–205.
8. Павлов, А.П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья. М.: Университетская типография, 1903, 69 с.
9. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1982 г., 511 с.
10. Гулакян К.А., Кюнтцель В.В. О распознании типов оползневых процессов // Доклады советских ученых к Международному конгрессу МАИГ. Москва: Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, 1970. С. 190–200.
11. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР. М.: Недра 1980, 213 с.
12. Кюнтцель В.В. О возрасте глубоких оползней Москвы и Подмосковья, связанных с юрскими глинистыми отложениями // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 1965. Т. XI. № 3. С. 93–100.
13. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972, 308 с.
14. Емельянова Е.П. О причинах и факторах оползневых процессов // В сборнике «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. Москва. 1953. С 67–68.
15. Шеко А.И. Методологические основы мониторинга экзогенных геологических процессов в связи с охраной литосферы от их неблагоприятного воздействия. Оползни и сели // Сборник докладов международного семинара в Алма-Ате. Центр международных проектов, ГКНТ М,, 1982. С.13–17.
16. Крахина Е.А., Экзарьян В.Н. Особенности и оценка оползневой опасности на территории города Москвы // Науки о Земле и недропользование. 2025. Т. 48. № 1 (90). С. 77–87. DOI: 10.21285/2686-9993-2025-48-1-77-87, EDN: QLAIMO.
Krakhina E.A., Ekzaryan V.N. Features and assessment of landslide hazard in Moscow. Earth sciences and subsoil use. 2025, 48 (1), pp. 77–87. DOI: 10.21285/2686-9993-2025-48-1-77-87, EDN: QLAIMO.
17. Волков В.А., Тихонов А.В., Калинина А.В., Аммосов С.М. Изучение структуры активного блокового оползня на примере Карамышевской набережной р. Москва. // ГеоРиск. 2012. № 3. С. 8–13. EDN: PLRCIB.
Volkov V.A., Tikhonov A.V., Kalinina A.V., Ammosov S.M. Studying the structure of an active block landslide by the example of the karamyshevskaya embankment in Moscow. GeoRisk, 2012, no. 3, pp. 8–13. EDN: PLRCIB.
18. Новиков П.В., Зеркаль О.В. Аверин И.В. Особенности развития оползневых процессов на территории Карамышевской набережной (г. Москва). Часть 1. // Строение и современная динамика. Инженерная геология. Том XIX, №3, 2024. С. 36–50.
Novikov P.V., Zerkal O.V., Averin I.V. Features of the development of landslide processes on the Karamyshevskaya Embankment (Moscow). Part 1. Structure and modern dynamics. Engineering Geology World, Vol. XIX, No. 3, 2024, pp. 36–50.
19. Кропоткин М.П. Оценка оползневой угрозы для метромоста Воробьевых гор в Москве // Инженерная геология, № 3. 2016. С. 6–15.
Kropotkin M.P., Assessment of landslide threat to Vorobyovy Gory metro bridge in Moscow // Engineering Geology, no. 3, 2016, pp. 6–15.

Поступила в редакцию / Received 12.05.2026
Принята к публикации / Accepted 04.06.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Крахина Елена Александровна, аспирант, Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия; ORCID: 0009-0001-8043-3740, SPIN-код: 4391-6744; e-mail: l.k98@mail.ru.

Экзарьян Владимир Нишанович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия, SPIN: 7968-3231, ORCID: 0000-0003-3961-8003; e-mail: vnekzar@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Krakhina, Postgraduate Student, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia; SPIN-code: 4391-6744, ORCID: 0009-0001-8043-3740; e-mail: l.k98@mail.ru.

Vladimir N. Ekzaryan, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor, Head of the Ecology and Environmental Management Department, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia; ORCID: 0000-0003-3961-8003, SPIN-code: 7968-3231; e-mail: vnekzar@rambler.ru.