



## ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ ДЕРЕВНИ ГОРОХОВО РЫБИНСКОГО РАЙОНА ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

### НОВИКОВ П.В.

Аспирант кафедры инженерной и экологической геологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
pasha-nov@mail.ru

### АННОТАЦИЯ

В настоящее время Рыбинское водохранилище является одним из самых старых и крупных водохранилищ в средней полосе России. Несмотря на постепенное уменьшение скорости переработки берегов, на отдельных участках она оказывает в настоящее время определяющее влияние на развитие геологических процессов. Целью работ являлось изучение особенностей развития склоновых гравитационных процессов на участке, расположенном на правом берегу р. Волги (в верхней части Рыбинского водохранилища) в районе деревни Горохово. Он представляет собой склон вдоль реки высотой до 17 м с выраженным трехъярусным геологическим строением. На этом относительно небольшом участке было обнаружено значительное количество современных проявлений геологических процессов – обвальных, обвально-оползневых, оползневых, осыпных и линейной эрозии. Была выявлена взаимосвязь развития геологических процессов с особенностями строения склона. Обвальные и обвально-оползневые процессы характерны для нижней части склона, осыпание – для средней части, суффозионные оползни – для верхней. Обвальные и обвально-оползневые процессы приводят к формированию характерных стенок отрыва, а суффозионные оползни – к образованию блюдцеобразных понижений в нагорной части склона вблизи его бровки. Процессы линейной эрозии характеризуются ограниченным распространением и выражены в рельефе в виде висячего оврага и новообразованных промоин. Была выявлена пространственная изменчивость склоновых процессов, связанная с неравномерной боковой речной эрозией и изменчивостью четвертичных образований. Описанный участок характеризуется сложным гидрологическим режимом: влияние на развитие процессов оказывает как подпор от водохранилища, так и медленное течение р. Волги. Выявленные особенности геологических условий обуславливают длительность затухающей динамики развития геологических процессов на участке впадения Волги в водохранилище.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

переработка берегов водохранилища; склоновые процессы; оползни; обвальные процессы; Рыбинское водохранилище; река Волга.

### ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Новиков П.В. Характеристика склоновых процессов Рыбинского водохранилища в районе деревни Горохово Рыбинского района Ярославской области // Геоинфо. 2023. № 6. С. 6–14 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-6-6-14

# CHARACTERIZING SLOPE PROCESSES OF THE RYBINSK RESERVOIR NEAR THE GOROKHOVO VILLIAGE, RYBINSK DISTRICT, YAROSLAVL REGION

**NOVIKOV P.V.**

PhD student of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia  
pasha-nov@mail.ru

## ABSTRACT

Currently, the Rybinsk Reservoir is one of the oldest and largest reservoirs in the central part of Russia. Despite the gradual decrease in the reservoir bank transformation, in some areas it currently has a decisive influence on the development of geological processes. The purpose of the presented investigation was to study the features of the development of the slope gravitational processes in the area located on the right bank of the Volga River (in the upper part of the Rybinsk Reservoir) near the village of Gorokhovo. It is a slope along the river up to 17 m high with a pronounced three-tier geological structure. In that relatively small area, numerous modern manifestations of geological processes such as earthfall, earthfall-landslide, landslide, sloughing, and linear erosion ones were found. The relationship between the development of geological processes and the structural features of the slope was revealed. Earthfall and earthfall-landslide processes are inherent in the lower part of the slope, sloughing is inherent in the middle part, and suffusion landslides are inherent in the upper part. Earthfall and earthfall-landslide processes lead to the formation of scarps, and suffusion landslides lead to the formation of saucer-shaped depressions in the upland part of the slope near its edge. Linear erosion processes are characterized by a limited spread and are expressed in relief in the form of a hanging ravine and newly formed gullies. Slope processes spatial variability, which was associated with irregular lateral river erosion and with variability of quaternary formations, was revealed. The described area is characterized by a complex hydrological regime: both the backwater from the reservoir and the slow flow of the Volga River influence on the activities of the processes. The revealed features of the geological conditions determine the duration of the decaying dynamics of the geological processes in the area where the Volga River flows into the Rybinsk Reservoir.

## KEYWORDS:

reservoir bank transformation; slope processes; landslides; earthfall processes; Rybinsk Reservoir; Volga River

## FOR CITATION:

Novikov P.V. *Harakteristika sklonovyh protsessov Rybinskogo vodohranilishcha v rayone derevni Gorokhovo Rybinskogo rayona Yaroslavskoy oblasti* [Characterizing slope processes of the Rybinsk Reservoir near the Gorokhovo Villiage, Rybinsk District, Yaroslavl Region] // *Geoinfo*. 2023. № 6. S. 6–14 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-6-6-14 (in Rus.).

## Введение ►

В первой половине XX века на территории России было создано множество водохранилищ. Это привело к значительному преобразованию речных долин. Равнинные водохранилища характеризуются большими площадями водной поверхности, мелководностью, небольшими колебаниями уровня воды, относительно простым геологическим строением и зональностью переработки берегов [1]. Одним из основных следствий создания водохранилищ стало развитие процессов переработки берегов.

Проблема рационального использования и защиты берегов водохранилищ является актуальной даже спустя деся-

тилетия после введения в эксплуатацию большинства искусственных водоемов.

В настоящей работе рассмотрены современные склоновые геологические процессы в верховьях Рыбинского водохранилища (в районе деревни Горохово Рыбинского района Ярославской области, рис. 1, 2), активизировавшиеся в результате переработки берегов, особенности геологического строения и его влияние на развитие процессов.

Целью работы являлась характеристика особенностей развития склоновых процессов в береговой зоне Рыбинского водохранилища в районе деревни Горохово (Ярославская область) на современном этапе переработки бе-

реговой линии. Основными задачами исследования являлись характеристика механизмов развития склоновых процессов, выявление взаимосвязи рельефа и геологического строения с развитием отдельных типов склоновых процессов.

## Изученность берегов Рыбинского водохранилища ►

В 50–70-е годы XX века проводились масштабные исследования для оценки процессов переработки берегов. Первое время наблюдения за этими процессами носили несистематический характер, а наблюдательная сеть на большинстве водохранилищ продолжи-



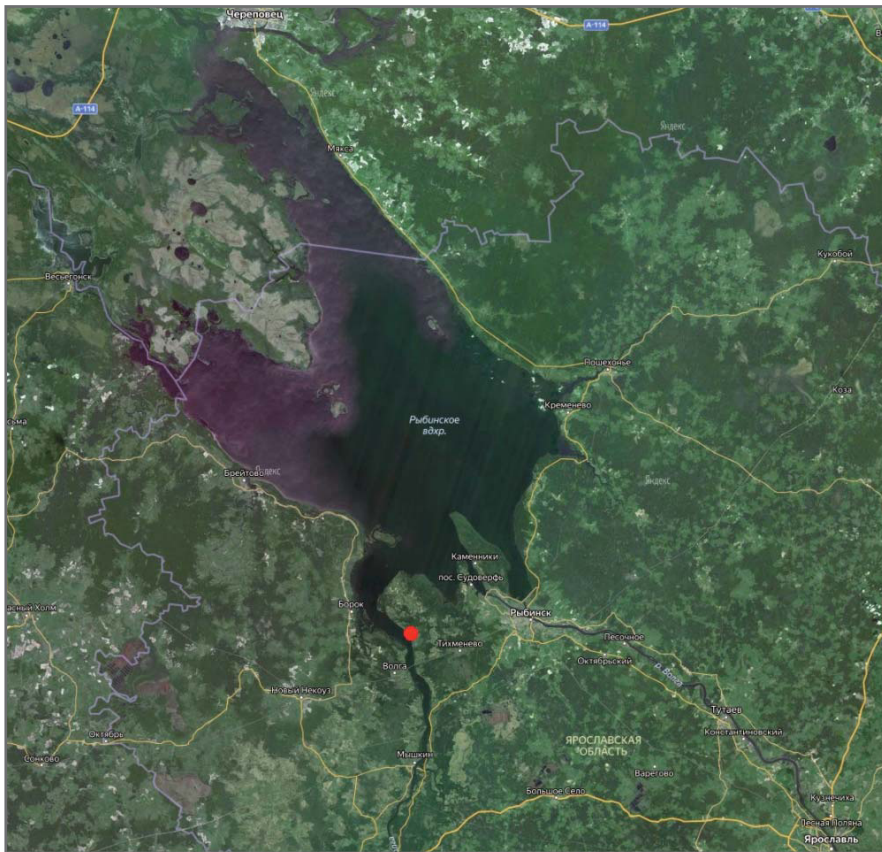


Рис. 1. Карта Рыбинского водохранилища и его окрестностей. Красным кружком обозначено местоположение участка исследований [2]



Рис. 2. Карта четвертичных образований района исследований (составлена на основе листов О-37 и О-38-XV Государственных геологических карт четвертичных образований с дополнениями)

тельное время была развита на весьма ограниченных участках [3].

Первые несколько лет после создания Рыбинского водохранилища не проводилось систематических наблюдений, положение наблюдательных створов несколько раз менялось. Это привело к недоучету ряда факторов, связанных как с формированием аккумулятивной части отмели, так и с активизацией геологических процессов. В частности, на Рыбинском водохранилище было выявлено значительное отклонение скорости переработки от прогнозной за счет валунного материала из морены, оказавшегося в волноприбойной зоне [4].

Несмотря на то что на значительной части Рыбинского водохранилища берега относятся к относительно устойчивым и аккумулятивным, имеется ряд участков значительной протяженности, которые относят к абразионным с активными процессами переработки [5].

Как отмечено рядом исследователей [4, 5], динамика размыва береговой линии водохранилища носит затухающий характер. Тем не менее говорить о прекращении эрозионных процессов пока преждевременно. Значительное влияние на процессы переработки оказывает сработка уровня воды в водохранилище. В маловодные годы понижение уровня Рыбинского водохранилища может составлять 3 м, что приводит к активизации размыва вдольбереговой отмели и, как следствие, к уменьшению устойчивости склонов [6].

Склоновые процессы, развивающиеся на некоторых участках берегов водохранилища, охарактеризованы на значительных площадях лишь в общих чертах. В частности, для берегов Рыбинского водохранилища известно о развитии овражной эрозии, оползнях, локальных обвалах, однако данные об особенностях развития этих процессов в настоящее время довольно скудны [7].

Отдельного внимания заслуживает и тот факт, что большая часть Рыбинского водохранилища является по своей сути озерным водоемом [3]. Тем не менее следует отметить, что на участках впадения крупных рек (Волги) имеется выраженное течение: в половодье скорость воды на участке Мышкин – Коприно может достигать 2,0–2,5 км/ч, в то время как в озерной части водохранилища она не превышает 0,15–0,25 км/ч [8]. Таким образом, исследуемый участок береговой линии (около деревни Горохово) характеризуется не только колебаниями уровня

воды при сработке уровня водохранилища, но и выраженным течением, что осложняет составление прогнозов переработки.

**Геоморфологическая характеристика и геологическое строение**

Объектом исследования являлся крутой склон на правом берегу р. Волги (рис. 3) на территории геологического памятника природы «Глебово» в районе впадения реки в Рыбинское водохранилище. Рассматриваемый участок находится в Рыбинском районе Ярославской области в 19 км к западу от г. Рыбинска (см. рис. 1, 2). Ближайшим населенным пунктом является деревня Горохово, находящаяся в 200 м к востоку от изучаемой площадки.

Исследуемый участок берега относится к абразионному типу [5]. Волга в районе проведения работ течет на северо-запад. Изучаемый склон имеет соответствующую ориентировку. Рассматриваемая территория включает в себя следующие геоморфологические элементы: пойму р. Волги, приводораздельный склон, а также приводораздельную поверхность.

Пойма представляет собой галечно-песчаный пляж. Верхняя часть геологического разреза складывается песками коричневыми различной крупности (от мелких до гравелистых с частыми включениями гравия, гальки и с большим количеством валунов). Ширина поймы на правом берегу незначительна – при нормальном подпорном уровне (101,8 м) она составляет до 20–25 м, а при заполнении водохранилища не превышает 1–2 м.

Склон, возвышающийся над поймой примерно на 17 м, характеризуется трехъярусным строением.

Нижний ярус склона высотой около 6 м имеет крутизну до 80–85°. Слагается этот участок склона отложениями волжского яруса верхней юры ( $J_3v_2$ ), в разрезе которых выделяются следующие грунты (снизу вверх).

1. Пески сероватого и бледно-желтого цвета, средней крупности и крупные, слюдястые в кровле, со стяжениями железистых песчаников (в основании склона) [9]. На значительной части рассматриваемой территории они перекрыты осыпью.

2. Фосфоритовый конгломерат синевато-черного цвета, с конкрециями диаметром 0,1 м. Пространство между конкрециями заполнено песком зеленовато-серого цвета, мелким, маловлажным,



Рис. 3. Общий вид склона в районе деревни Горохово в 2011 году (фото Т.М. Жуковой)

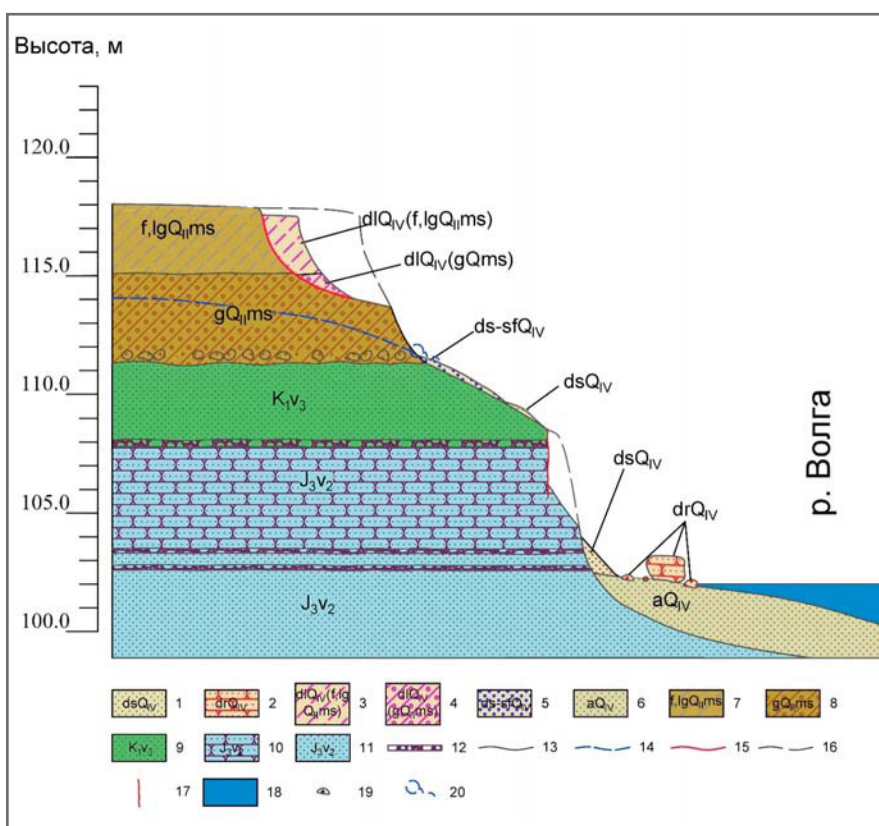


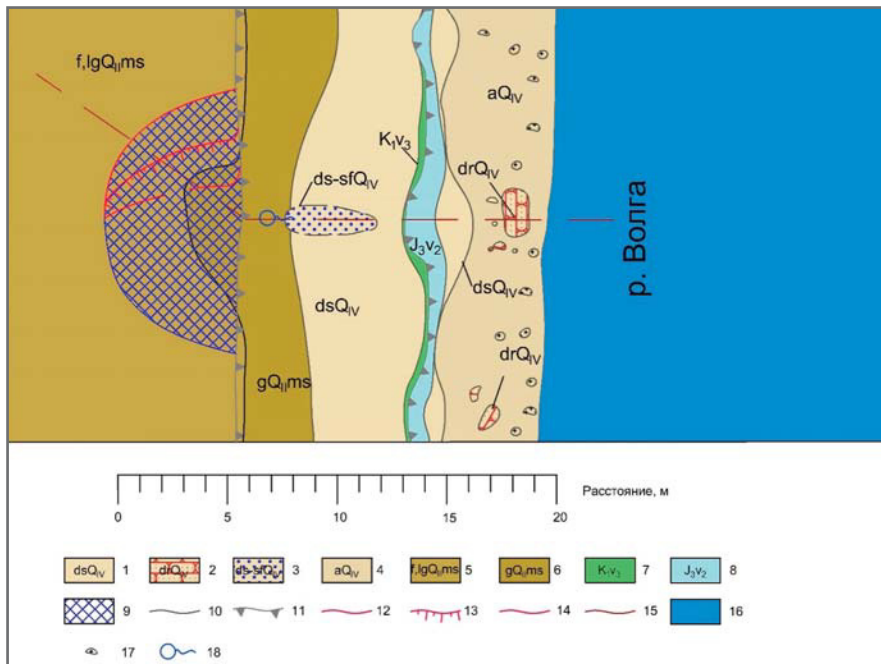
Рис. 4. Схематический геологический разрез склона на правом берегу р. Волги в районе дер. Горохово **Условные обозначения:** голоценовые образования: 1 – осыпные, 2 – обваловые, 3, 4 – оползневые по верхне- и среднеплейстоценовым соответственно, 5 – суффозионно-осыпные, 6 – аллювиальные; **среднеоплейстоценовые образования:** 7 – флювио-лимногляциальные московского горизонта, 8 – моренные московского горизонта; **дочетвертичные образования:** 9 – пески верхнего подъяруса валанжинского яруса нижнего мела, 10, 11 – песчаники и пески среднего подъяруса волжского яруса верхней юры соответственно; **прочие обозначения:** 12 – фосфоритовые горизонты, 13 – геологические границы, 14 – уровень подземных вод, 15 – зона скопления оползня, 16 – профиль склона без развитых склоновых процессов, 17 – трещины отрыва, 18 – поверхностные воды, 19 – валуны, 20 – сезонные источники разгрузки подземных вод

плотным. Содержание песка в слое не превышает 25%. Видимая мощность составляет 0,2 м.

3. Пески от желто-коричневого до оранжево-коричневого цвета, мелкие, с железистым цементом, плотные, мало-

влажные, с железистыми конкрециями диаметром до 10 см. Мощность составляет 0,5 м.

4. Фосфоритовый конгломерат синевато-черного цвета с диаметром конкреций 0,1 м. Заполнитель – песок зе-



**Рис. 5.** Схематическая карта проявлений склоновых процессов. **Условные обозначения:** голоценовые образования: 1 – осыпные, 2 – обвалы, 3 – суффозионно-осыпные, 4 – аллювиальные; среднеплейстоценовые образования: 5 – флювио-лимногляциальные московского горизонта, 6 – моренные московского горизонта; дочетвертичные морские образования: 7 – верхнего подъяруса валанжинского яруса нижнего мела, 8 – среднего подъяруса волжского яруса верхней юры соответственно; прочие обозначения: 9 – суффозионная западина, 10 – геологические границы, 11 – бровка склона, 12 – тыловой шов оползневого тела, 13 – бровка оползневого склона, 14 – предполагаемая граница фронтальной части оползня, 15 – линия схематического разреза, 16 – поверхностные воды, 17 – валуны, 18 – сезонные источники разгрузки подземных вод

леновато-серый мелкий. Видимая мощность – 0,1–0,2 м.

5. Песчаник темно-коричневого, желто-коричневого и красно-коричневого цвета, мелкозернистый, местами до среднезернистого, слабцементированный, с железистым цементом. Содержит железистые конкреции, диаметром до 0,3 м. В верхней части слоя наблюдается чередование песчаников со слабо-

цементированными песками. Прослои этих песков имеют мощность около 0,2 м. Мощность всего слоя – 4,3 м.

Средняя часть склона высотой порядка 3,5 м является более пологой – крутизной 30–32°. Она сложена отложениями верхнего подъяруса валанжинского яруса нижнего мела ( $K_1v_3$ ). Меловые отложения представляют следующие грунты.

1. Фосфоритовый конгломерат коричнево-серого цвета, с песчаным заполнителем, мощностью порядка 0,3 м.
2. Пески зеленовато-серого цвета, пылеватые, слоистые, слюдистые, глауконитовые. Видимая мощность – около 0,2 м.
3. Пески светло-серого цвета, мелкие, плотные, слюдистые, глауконитовые, маловлажные, слоистые. Видимая мощность – 1 м.

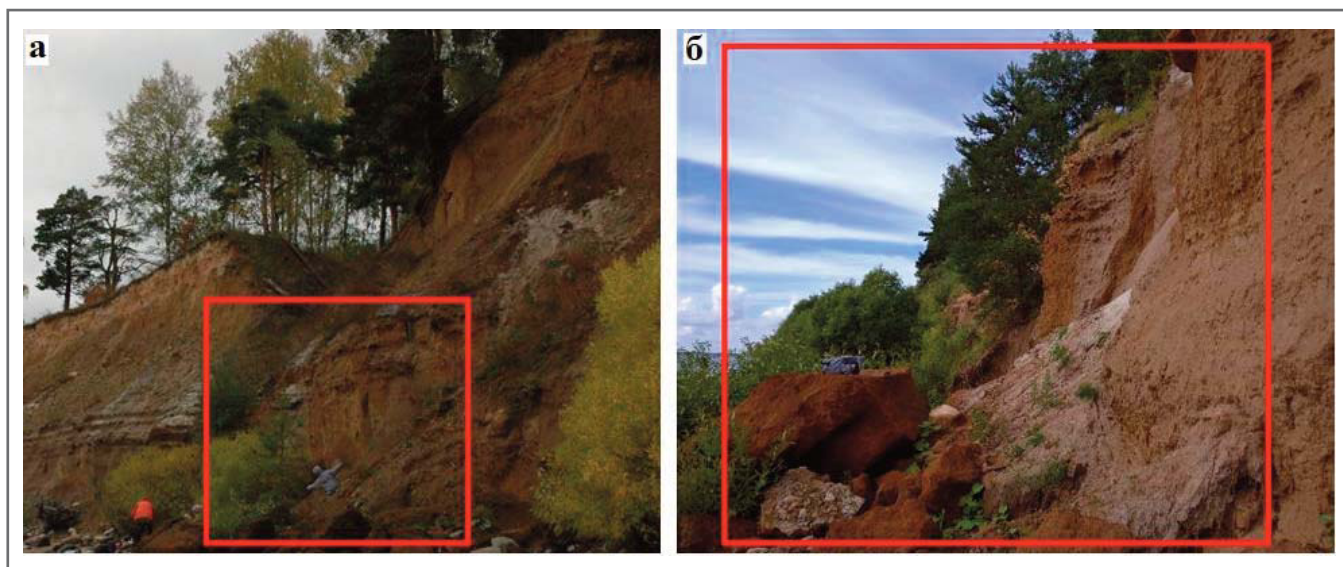
Исходя из морфологии склона можно предположить, что общая мощность песков составляет порядка 3 м, что согласуется с более ранними данными о мощности валанжинских песков в районе дер. Горохово [10].

Верхняя часть склона высотой от 6,5 до 9 м характеризуется крутизной от 40–50° на уровне подошвы моренных отложений и до 80–90° в верхней части. Рассматриваемая часть склона сложена среднеплейстоценовыми образованиями московского горизонта, представленными отложениями ледникового ( $gQ_{IIms}$ ) и озерно-водно-ледникового ( $f,lgQ_{IIms}$ ) генезиса (см. рис. 3, рис. 4). Их представляют следующие грунты.

1. Суглинки и супеси коричневые, местами красновато-коричневые, с галькой, щебнем, дресвой и валунами. Характеризуются неровной подошвой, а на ряде участков – и кровлей. Мощность составляет от 3,5 до 6 м.

2. Супеси коричневого цвета, песчанистые, с линзами песков мелких. Мощность составляет от 1 до 4 м, но, как правило, не превышает 3 м.

**Осыпные образования** ( $dsQ_{IV}$ ) представлены песками светло-серого и желто-коричневого цвета, мелкими, маловлажными. Они плащеобразно покрывают среднюю часть склона,



**Рис. 6.** Участок развития обваловых процессов в 2011 году (а, фото Т.М. Жуковой) и в 2020 году (б), выделенный на каждом снимке красной рамкой



Рис. 7. Обвално-оползневой блок, прислоненный к склону



Рис. 8. Общий вид обвального участка склона

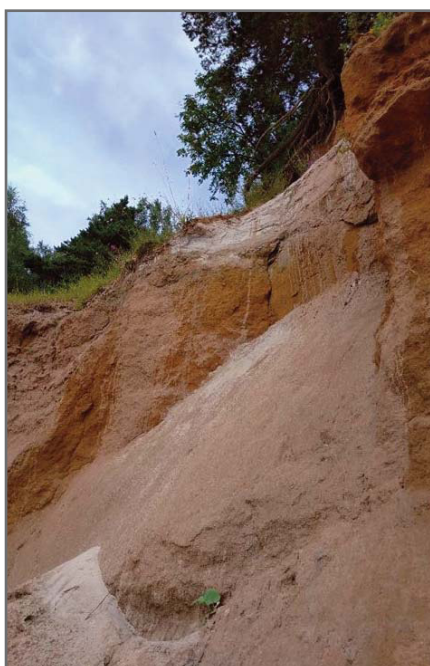


Рис. 9. Стенка отрыва обвальной глыбы с характерными трещинами отрыва



Рис. 10. Карнизная форма в основании склона

а также образуют конусы осыпи в основании склона. В основании склона осыпные образования развиты преимущественно на участках с относительно более широкой поймой и менее активной боковой эрозией. Их мощность в средней части склона не превышает 0,5 м, а в основании склона – 1,5–2,0 м. (см. рис. 3)

**Соотношение разновозрастных образований** показано на схематическом геологическом разрезе, представленном на рисунке 4.

### Современные геологические процессы ▶

В пределах исследуемого участка развит широкий спектр экзогенных геологических процессов – обвальных, осыпных, обвално-оползневых, оползневых, суффозионных, эрозионных. Эти процессы характеризуются приуроченностью к соответствующим элементам склона. Соотношение проявлений основных склоновых процессов показано на схематической карте, представленной на рисунке 5.

Закартированные проявления склоновых процессов на исследуемом участке в период проведения работ характеризовались активной фазой развития. В ходе исследований было выполнено сравнение фотографий одного и того же участка исследований, сделанных в 2011 году (рис. 6, а) и в 2020 году (рис. 6, б). Путем их дешифрирования было установлено, что глыбы песчаников, выявленные на снимках 2011 года, к настоящему моменту полностью эродированы, а обвальные формы, вы-



Рис. 11. Вывалы вблизи обвального участка склона



Рис. 12. Стенка отрыва в основании склона



Рис. 13. Блюдцеобразное понижение из-за суффозионных процессов вблизи бровки склона

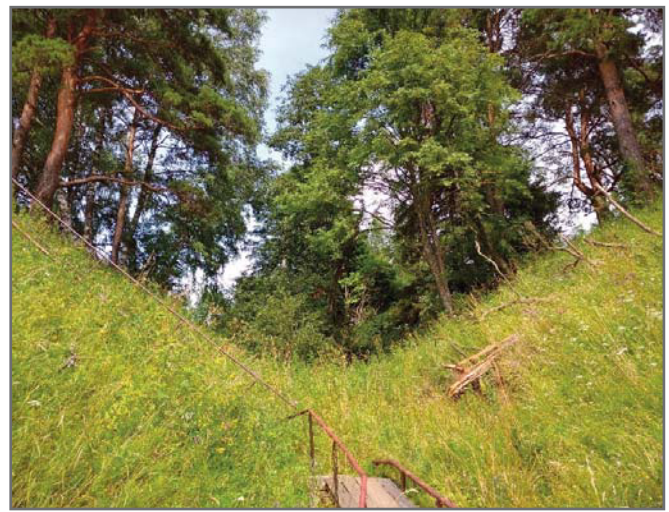


Рис. 14. Заросший овраг, прорезающий отложения четвертичной и меловой систем

явленные при обследовании 2020 года, являются новообразованными. Это дает основание утверждать, что последняя по времени активизация обвальных процессов произошла не более 13 лет назад.

К нижней части склона приурочены главным образом обвальные и обвально-оползневые процессы. Рассмотрим их подробнее.

1. Формирование *обвально-оползневых тел* начинается со смещения блока по поверхности скольжения, заканчивающееся свободным падением этого блока. На исследуемом участке обвально-оползневые тела представляют собой блоки, шириной до 3,3 м, длиной до 4,5 м и объемом до 16 м<sup>3</sup>. Как правило, в силу высоты и морфологии склона блоки оказываются прислоненными к нему (рис. 7). Обвально-оползневые процессы развиты на участках с почти отвесными стенками, сложенными волжскими песчаниками, в частно-

сти в местах, где высота нижней части склона над осыпью не превышает 4–5 м.

2а. Проявление *обвальных процессов* обусловлено двумя факторами – развитием бокового отпора и эрозионным подмывом склона. Образование обвальных блоков связано с формированием трещин бокового отпора, по которым происходит отрыв блоков от склона. Блоки имеют ширину до 1,3 м и длину до 4,5 м. Объем отдельных блоков не превышает 7 м<sup>3</sup>. Площадь стенок отрыва блоков, как правило, не превышает 2–3 м<sup>2</sup> (рис. 8, 9).

2б. Отдельно следует выделить *обвальные процессы, непосредственно связанные с эрозионным размывом берега, сопровождающиеся формированием эрозионных ниш в основании склона*. Подобная форма приурочена к участку с неразвитой осыпью, где обнажаются пески, залегающие ниже фосфоритового конгломерата. Образование

карнизов связано со значительно большей размываемостью песков по сравнению с вышележащими песчаниками. При достижении определенных размеров ниш в песках растягивающие напряжения превышают прочность песчаников на растяжение, что приводит к фронтальным обвалам и сопровождается образованием карнизных форм. В ходе исследований была описана подобная форма размером 9,5×2,3×1,8 м. Обвальные глыбы при этом имеют слабо вытянутую почти изометричную форму размером в поперечнике от 0,2 до 1,4 м (рис. 10, 11).

2в. В основании склона также имеют место *локальные обвальные процессы*. Они характеризуются площадью до 2–3 м<sup>2</sup> и значительно меньшим объемом, чем обвалы кровли волжских песчаников. Подобные обвальные формы приурочены к участкам без значительных осыпных отложений. Их образование



Рис. 15. Молодая промоина в водно-ледниковых супесях московского горизонта



Рис. 16. Правый берег р. Волги на участке Горохово – Ивановское – Глебово в 1910 году [2]

связано с подмыванием берега. Формирования карнизов не происходит вследствие того, что легкоразмываемые пески волжского яруса на этих участках выходят на поверхность не более чем на 0,2–0,3 м (рис. 12).

Разгружаясь, подземные воды выносят дисперсные частицы из супесей и суглинков **верхней части склона**. Дисперсные частицы откладываются в **средней части склона**. В отдельных случаях ниже источника разгрузки подземных вод располагается слабовыпуклое удлиненное тело песчаного и супесчаного состава размером 5×2 м, которое предположительно состоит из продуктов суффозионного выноса дисперсного материала. При этом *суффозионные процессы* приводят к образованию блюдцеобразных понижений в нагорной части склона вблизи его бровки (рис. 13) [11]. Несмотря на то что для моренных отложений не характерно развитие суффозионных оползней, по данным Дж. Хатчинсона подобный случай в том числе был зафиксирован, например, в Англии [12].

Четвертичные образования **верхней части склона** и меловые отложения его **средней части** наиболее подвержены (по сравнению с другими отложениями склона) *осыпным процессам*. Первичная осыпь формируется на средней части склона. В момент, когда угол наклона поверхности осыпных образований превысит угол естественного откоса, происходит перемещение части осыпи вниз и формирование осыпных конусов **в основании склона**.

В отложениях четвертичной и меловой систем также имеют место единичные случаи *линейной эрозии*. Встречаются как древние заросшие

промоины, которые за последние 10 лет не претерпели значительных изменений, так и относительно молодые, развивающиеся в настоящее время (рис. 14, 15). Глубина заросших оврагов составляет до 9 м, ширина – до 20 м. Глубина молодых промоин – до 4 м, ширина – до 3 м.

Для характеристики динамики склоновых процессов на исследуемом участке важен тот факт, что крутой подмываемый склон в районе деревни Горохово имелся еще до строительства водохранилища [10]. Судя по архивным фотоснимкам (например, рис. 16), пойма была значительно шире, а подмывание берегов происходило лишь во время паводков и половодий. Профиль склона был заметно более пологим: до строительства водохранилища средняя угол наклона его поверхности составлял около 30–40°. До начала процессов переработки склон не имел выраженного трехъярусного строения, а преобладавшим процессом, судя по всему, был плоскостной смыв. Таким образом, до заполнения Рыбинского водохранилища рассматриваемый склон характеризовался как устойчивый, медленно отступающий. В настоящее время его средняя крутизна составляет около 50–55°, достигая на отдельных участках 80–85°. В присклоновом массиве развиты не только процессы плоскостного смыва, но и оползневые, обвальные, обвально-оползневые. На основе этого можно сделать вывод, что профиль склона в настоящее время далек от равновесного.

### Заключение ►

Склон на исследуемом участке имеет трехъярусное строение, кото-

рое обусловлено особенностями геологического строения. В результате проведенных работ было показано, что в настоящее время там развивается широкий спектр геологических процессов.

В нижней части склона наблюдаются обвальные и обвально-оползневые процессы (как одиночные, так и фронтальные), а в верхней – суффозионные оползни. Процессы линейной эрозии и осыпания характерны для средних-верхних частей склона.

Развитие вышеупомянутых процессов оказывает существенное влияние на разрушение и изменение морфологии склона.

Основной причиной обвальных и обвально-оползневых процессов в толще волжских отложений является волновая эрозия нижней части склона.

Важным фактором, определяющим развитие оползневых процессов, приуроченных к толще четвертичных образований, является разгрузка внутриморенного водоносного горизонта в средней части склона.

Несмотря на то что процессы переработки значительно замедлились, очевидно, что профиль склона все еще далек от равновесного (какой существовал до строительства водохранилища). В то же время применение понятия «конечный профиль переработки» здесь является проблематичным, поскольку берег будет подмываться и в дальнейшем – даже после затухания основных процессов переработки.

Прогнозирование дальнейшей динамики склоновых процессов осложняется колебаниями уровня воды в водохранилище и существенным влиянием течения Волги. ■

## Список литературы ►

1. Рекомендации по инженерным изысканиям для прогноза переработки берегов водохранилищ. М.: ПНИИИС, Стройиздат, 1986.
2. Интерактивная карта сервиса «Яндекс Карты». Дата последнего обращения: 20.03.2022. URL: [yandex.ru/maps/](https://yandex.ru/maps/).
3. Чуринов М.В., Акимов И.К., Олехова Л.И., Тарасова Г.И. Состояние берегов водохранилищ Волжского каскада и задачи их дальнейшего изучения // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии. Выпуск 47. М.: Министерство геологии СССР, 1972. С. 5–18.
4. Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ / под ред. Г.С. Золотарева, Д.С. Соколова, Е.Г. Чаповского. М.: Изд-во Московского университета, 1959.
5. Митрофанов Д.Н. Современные абразионные процессы в береговой зоне Рыбинского водохранилища // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3. С. 210–214.
6. Законнов В.В., Литвинов А.С., Законнова А.В. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги. Сообщение 2. Результаты мониторинга донных отложений и последствия понижения уровня Рыбинского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 4. С. 21–35.
7. Виноградова Н.Н., Назаров Н.Н., Никонорова И.В. Современные проблемы крупных водохранилищ Волжско-Камского каскада (эколого-геоморфологический аспект) // Эрозионные и русловые процессы. 2010. № 5. С. 147–165.
8. Сазонов А.А. Специальная лоция ЕГС. Часть 4: Рыбинское, Горьковское и Чебоксарское водохранилища. Нижний Новгород: ВГАВТ, 2012. 120 с.
9. Киселев Д.Н., Баранов В.Н., Муравин Е.С., Новиков И.В., Сенников А.Г. Атлас геологических памятников природы Ярославской области. Ярославль, РФ: Изд-во ЯГПУ имени К.Д. Ушинского, 2003.
10. Иванов А.П. Геологическое описание фосфоритоносных отложений по р. Нее, Желвате, Мере и Волге в Костромской губернии и по р. Волге в пределах Тверской и Ярославской губ // Труды Комиссии Московского сельскохозяйственного института по исследованию фосфоритов. 1910. № 2. С. 15–79.
11. Емельянова Е.П. О суффозионных оползнях // Вопросы изучения оползней и факторов, их вызывающих. 1968. С. 4–20.
12. Хатчинсон Дж. Склоновые процессы, вызванные суффозией в песках // Оползни и сели: сборник докладов международного семинара в Алма-Ате, октябрь 1981 г. М: Центр международных проектов, ГКНТ, 1982. С. 243–261.

## References ►

1. Rekomendatsii po inzhenernym izyskaniyam dlya prognoza pererabotki beregov vodohranilishch [Recommendations for engineering surveys for forecasting the processing of the banks of reservoirs]. M.: PNIIS, Stroiizdat, 1986 (in Rus.).
2. Interaktivnaya karta servisa Yandeks karty [Interactive map of the “Yandex Maps” service]. Data poslednego obrashcheniya: 20.03.2022. URL: [yandex.ru/maps/](https://yandex.ru/maps/) (in Rus.).
3. Churinov M.V., Akimov I.K., Olehova L.I., Tarasova G.I. Sostoyaniye beregov vodohranilishch Volzhskogo kaskada i zadachi ih dal'neyshego izucheniya [The state of the banks of the Volga Cascade reservoirs and the tasks of the further study of them] // Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrogeologii i inzhenernoy geologii. Vypusk 47. M.: Ministerstvo geologii SSSR, 1972. S. 5–18 (in Rus.).
4. Opyt i metodika izucheniya gidrogeologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh usloviy krupnykh vodohranilishch [Experience and methods of studying the hydrogeological and engineering-geological conditions of large reservoirs. Part 1] / pod red. G.S. Zolotareva, D.S. Sokolova, E.G. Chapovskogo. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1959 (in Rus.).
5. Mitrofanov D.N. Sovremennyye abraziionnyye protsessy v beregovoy zone Rybinskogo vodohranilishcha [Modern abrasion processes in the bank zone of the Rybinsk Reservoir] // Geologiya, geografiya i global'naya energiya. 2011. № 3. S. 210–214 (in Rus.).
6. Zakonnov V.V., Litvinov A.S., Zakonnova A.V. Prostranstvenno-vremennaya transformatsiya gruntovogo kompleksa vodohranilishch Volgi. Soobshcheniye 2. Rezul'taty monitoringa donnykh otlozheniy i posledstviya ponizheniya urovnya Rybinskogo vodohranilishcha [Spatiotemporal transformation of soil complex of Volga reservoirs. Report 2. The results of monitoring of bottom deposits and the consequences of lowering the level of the Rybinsk Reservoir] // Vodnoye hozyaystvo Rossii: problemy, tehnologii, upravleniye. 2015. № 4. S. 21–35 (in Rus.).
7. Vinogradova N.N., Nazarov N.N., Nikonorova N.A. Sovremennyye problemy krupnykh vodohranilishch Volzhsko-Kamskogo kaskada (ekologo-geomorfologicheskiiy aspekt) [Modern problems of large reservoirs of the Volga-Kama Cascade (the ecological-geomorphological aspect)] // Erozionnyye i rusloviye protsessy. 2010. № 5. S. 147–165 (in Rus.).
8. Sazonov A.A. Spetsial'naya lotsiya EGS. Chast' 4: Rybinskoe, Gor'kovskoe i Cheboksarskoe vodokhranilishcha [Special navigational directions of the Unified Deep-Water System. Part 4: Rybinsk, Gorky and Cheboksary reservoirs]. Nizhniy Novgorod: VGAVT, 2012. 120 s. (in Rus.).
9. Kiselev D.N., Baranov V.N., Muravin E.S., Novikov I.V., Sennikov A.G. Atlas geologicheskikh pamyatnikov prirody Yaroslavskoy oblasti [Atlas of geological monuments of the Yaroslavl region]. Yaroslavl', RF: Izd-vo YAGPU imeni K.D. Ushinskogo, 2003 (in Rus.).
10. Ivanov A.P. Geologicheskoye opisaniye fosforitonosnykh otlozheniy po r. Nee, Zhelvate, Mere i Volge v Kostromskoy gubernii i po r. Volge v predelakh Tverskoy i Yaroslavskoy gub. [Geological description of phosphorite-bearing deposits along the Neya, Zhelvata, Mera and Volga rivers within the Kostroma province and along the Volga River within the Tver and Yaroslavl provinces] // Trudy Komissii Moskovskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta po issledovaniyu fosforitov. 1910. № 2. S. 15–79 (in Rus.).
11. Emel'yanova E.P. O suffozionnykh opolznyakh [About suffusion landslides] // Voprosy izucheniya opolzney i faktorov, ih vyzyvayushchih. 1968. S. 4–20 (in Rus.).
12. Hutchinson J. Sklonovyye protsessy, vyzvannyye suffoziyey v peskah [Slope processes caused by suffusion in sands] // Opolzni i seli: sbornik dokladov mezhdunarodnogo seminara v Alma-Ate, oktyabr' 1981 g. M: Tsentr mezhdunarodnykh proyektov, GKNT, 1982. S. 243–261 (in Rus.).