

С.В. РЫБАЛЬЧЕНКО, К.В. ВЕРХОВОВ

## Эволюция селевых бассейнов на морских террасах острова Сахалин и мероприятия по инженерной защите на различных стадиях их развития

*Как и во многих островных и прибрежных регионах России, на морских террасах о-ва Сахалин, сложенных рыхлыми и слабо литифицированными горными породами, повсеместно развиты селевые процессы. Несмотря на их широкое распространение, вопрос возникновения и развития селевых бассейнов на склонах морских террас до сих пор малоизучен и представляет большой научный и практический интерес. Для создания инженерной защиты, территориального планирования и трассировки линейных сооружений с учетом особенностей динамики развития селевых бассейнов на морском побережье требуется комплексный подход к изучению и прогнозированию эволюции подобных форм рельефа. Авторами разработан алгоритм создания схемы эволюционного развития селевых бассейнов на склонах морских террас о-ва Сахалин, который содержит информацию о форме селевого бассейна, стадиях и путях его развития, литологическом составе горных пород и типе селевого процесса. Предложен комплекс мероприятий инженерной защиты на разных стадиях развития селевого бассейна на морских террасах, что позволит снизить селевые риски при трассировке линейных сооружений и территориальном планировании на урбанизированных территориях.*

*Ключевые слова:* селевой поток, селевой бассейн, эрозия, инженерная защита.

**Evolution of debris flow basins on the marine terraces of the Sakhalin Island and measures for engineering protection on various stages of their development.** S.V. RYBALCHENKO (Sakhalin Department of the Far East Geological Institute, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk), K.V. VERKHOVOV (Sports and Tourist Complex «Mountain Air», Yuzhno-Sakhalinsk).

*Debris flow processes are widespread everywhere on the sea terraces of the Sakhalin Island, composed of loose and poorly lithified rocks, as well as in many island and coastal regions of Russia. Despite the widespread use of debris flows, the issue of the emergence and development of mud pools on the slopes of sea terraces is still poorly studied and is of great scientific and practical interest. The creation of engineering protection, as well as the implementation of territorial planning and tracing of linear structures taking into account the dynamics of the development of debris flow basins on the seashore requires a comprehensive approach to the study and prediction of the evolution of such forms of relief. The authors proposed the algorithm for generating the schema of evolutionary development in the debris flows on the slopes of the marine terraces of the Sakhalin Island, which contains information about the form of debris flow basin, stages and ways of its development, the lithological composition of the rocks and the debris flow type process. The authors proposed the complex of measures of engineering protection at different stages of development debris basin on marine terraces, which will reduce debris flow risks in spatial planning in urban areas and tracing of linear structures.*

*Key words:* debris flow, debris flow basin, erosion, engineering protection.

На Сахалине значительная часть населенных пунктов и объектов транспортной инфраструктуры расположена в прибрежной зоне, что обусловлено природными факторами и историей освоения региона [5]. Морские берега, представленные преимущественно

\*РЫБАЛЬЧЕНКО Светлана Владимировна – младший научный сотрудник (Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Южно-Сахалинск), ВЕРХОВОВ Константин Владимирович – инженер отдела эксплуатации капитальных сооружений (Спортивно-туристический комплекс «Горный воздух», Южно-Сахалинск). \*E-mail: rybalchenko\_sv@mail.ru

аккумулятивными и аккумулятивно-денудационными морскими террасами, характеризуются сильной расчлененностью рельефа и повсеместным распространением склоновых экзогенных процессов (селей и оползней различного генезиса).

Значительной угрозой для урбанизированных территорий морских побережий о-ва Сахалин являются селевые бассейны, представленные элементами овражно-балочной сети, а также различными денудационными формами рельефа. Развитие селевых бассейнов на морских террасах может быть весьма бурным в связи с активным селеформированием, обусловленным особенностями геологического строения и муссонным климатом региона. Активно растущие селевые бассейны с высокой частотой селеформирования способствуют деградации земель, увеличивая глубину и частоту расчленения рельефа, и могут привести к существенным изменениям в территориальном планировании в течение ближайших 20–30 лет (рис. 1).

Селевые процессы широко распространены не только на Сахалине, но и во многих других прибрежных и островных регионах России: на Кольском полуострове, Таймыре, Ямале, архипелаге Новая Земля, Земля Франца-Иосифа, в Крыму, Краснодарском крае, Магаданской области, на Камчатке, Чукотке, Курильских островах и др. [4, 8]. Однако, несмотря на их широкое распространение, процессы формирования и эволюции селей и селевых бассейнов на морских террасах до сих пор мало изучены. Данные вопросы имеют большое теоретическое значение, поскольку позволяют выделить склоновый селевой бассейн как особую форму селевого рельефа и определить его место в классификации селевых бассейнов. Изучение селевых процессов на морских побережьях важно и с практической точки зрения. Склоновые сели представляют опасность для населения и хозяйственной деятельности. В связи с этим возникает необходимость создания инженерной защиты, осуществления территориального планирования и трассировки линейных сооружений с учетом особенностей развития селевых бассейнов. Все это требует комплексного подхода к вопросу изучения и прогнозирования эволюции подобных форм рельефа.



Рис. 1. Активно растущие селевые бассейны на морских террасах Среднего Сахалина: а – с. Гастелло, восточное побережье; б – с. Ильинское, западное побережье. Фото С.В. Рыбальченко

### Условия формирования селевых бассейнов

Возникновение селевых бассейнов на морских террасах Сахалина обусловлено особенностями их геологического строения. Морские террасы сложены преимущественно

рыхлыми четвертичными отложениями (песками, галечниками, супесями и т.д.), а также скальными и полускальными породами верхнемелового, палеогенового и неогенового возрастов, представленными аргиллитами, песчаниками и алевролитами [1, 2]. Горные породы характеризуются низкими фильтрационными свойствами, хорошей размокаемостью (неразмывающие скорости 2,1–5,5 м/с), слабым сцеплением и малыми углами внутреннего трения, что способствует активному вовлечению их в селевые процессы.

Селевые процессы на склонах морских террас активируются под действием гидрометеорологических факторов: муссонного климата с мощными циклонами и интенсивными осадками преимущественно ливневого характера, а также обильного весеннего снеготаяния.

Стоит отметить, что селевой режим морских террас о-ва Сахалин отличается цикличностью, связанной с предварительной подготовкой материала селевого бассейна (накопления продуктов выветривания в селевых очагах). Возникновение и развитие селевого бассейна происходит по мере формирования потенциальных селевых массивов и дальнейшего селепрохождения.

### **Развитие селевых бассейнов**

Селевые бассейны на морских террасах о-ва Сахалин в своей эволюции проходят несколько этапов, которые характерны для всех регионов с гумидным климатом. Основным признаком, определяющим стадию развития селевого бассейна, является геоморфологическое строение его русла, значительно изменяющееся с течением времени под действием экзогенных процессов. На основе геоморфологических характеристик селевого русла можно выделить четыре стадии эволюции селевого бассейна (рис. 2).

**I стадия** – склоновые селевые бассейны с отсутствием русла, определяющего траекторию движения селевого потока (элементарные склоновые селевые бассейны). Они представлены мелкими эрозионными и денудационными формами рельефа (рытвинами, промоинами и оползневыми цирками), расположенными на склоне морской террасы (рис. 2а).

На I стадии продольный профиль селевого бассейна лишь незначительно отличается от профиля склона. Четкое русло отсутствует, зона транзита имеет малую длину, угол продольного уклона этой зоны значительно превышает угол внутреннего трения грунтов, слагающих потенциальный селевой массив. Значительное влияние на селеформирование оказывают касательные напряжения в потенциальном селевом массиве, что способствует развитию сдвиговых и эрозионно-сдвиговых селевых процессов [7]. Селевой очаг на данной стадии приурочен к склону террасы. Водосбор не выражен. Склоновый селевой бассейн формируется в существующей мелкой эрозионной форме рельефа (рытвине, промоине и т.д.) или может образоваться в результате первичного склонового селя, если потенциальный селевой массив находится в состоянии предельного равновесия (потенциальный селевой очаг) [6]. В данном случае на склоне и поверхности морской террасы присутствуют следы активизации склоновых геодинамических процессов в виде первичных трещин растяжения («заколов»), небольших оплывин и т.д. В пределах одного бассейна может располагаться сразу несколько мелких эрозионных форм рельефа, однако они не являются руслом, поскольку не обеспечивают движения селя по определенной траектории. Максимальные объемы формирующихся селей, как правило, невелики: до 300 м<sup>3</sup> у грязекаменных и до 500 м<sup>3</sup> у грязевых селей. Длина пути таких селей – несколько десятков метров. Селевые потоки обладают высокой плотностью (1900–2300 кг/м<sup>3</sup>), аккумулируются преимущественно у подножия и на поверхности склона, зачастую имеют конусообразную форму, нередко перекрываются коллювиальными отложениями. Растительность в селевом бассейне на данной стадии отсутствует. В связи с активным протеканием склоновых экзогенных процессов почвенный слой не успевает накапливаться. Процесс возникновения и развития элементарных склоновых селевых бассейнов нередко принимает бурный

характер: за один селеопасный период в пределах селевого бассейна может регистрироваться сразу несколько случаев селеформирования. Первая стадия протекает в течение 2–5 лет.

**II стадия** – склоновые селевые бассейны с четко выраженным руслом (склоновые селевые бассейны). Представлены эрозионными врезами, денудационными воронками и небольшими оврагами, расположенными на склоне, имеют углы продольного уклона зоны транзита, равные или превышающие угол внутреннего трения грунтов потенциального селевого массива и четко выраженное русло (рис. 2б).

На II стадии у бассейнов появляется собственный выработанный продольный профиль, отличный от профиля склона. В процессе активного врезания русло стремится к местному базису эрозии [7]. В данных бассейнах четко выделяются три морфодинамические зоны: зарождения, транзита и аккумуляции (рис. 3).

Селевой очаг приурочен к бровке и склону морской террасы. Селевые бассейны обладают собственным водосбором, в них могут формироваться временные водотоки. На II стадии эволюции при оползневых процессах русло селевого бассейна может быть полностью завалено или переформировано. Максимальные объемы селевых отложений достигают  $1000 \text{ м}^3$  у грязевых и  $5000 \text{ м}^3$  у грязекаменных селей. Длина пути составляет несколько десятков или сотен метров. Селевые отложения аккумулируются у подножия склона и имеют веерообразную форму, плотность селевых потоков составляет  $1800\text{--}2300 \text{ кг/м}^3$ . Конус выноса состоит из пролювиальных и делювиальных отложений. Растительность в селевом бассейне имеет очаговый характер. В случае активного селепрохождения почвенный покров и растительность в бассейне отсутствуют. Селевые

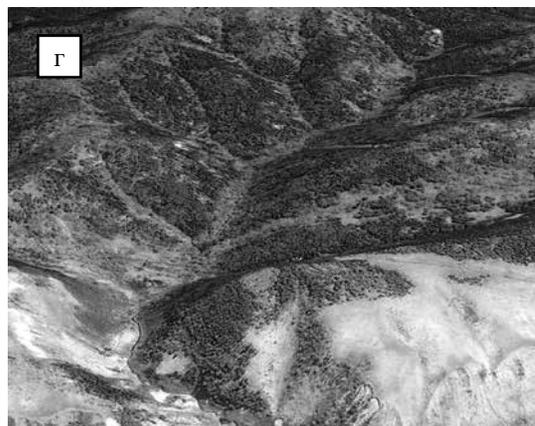
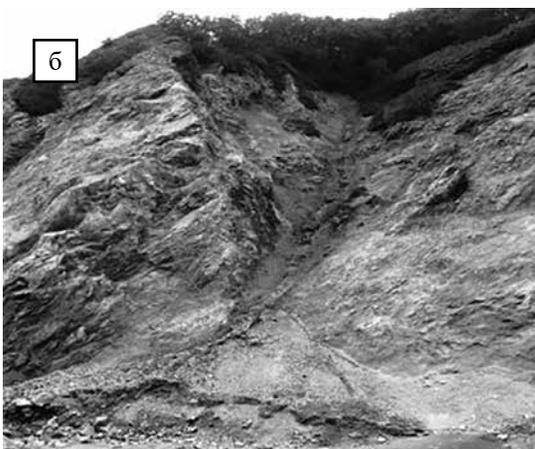
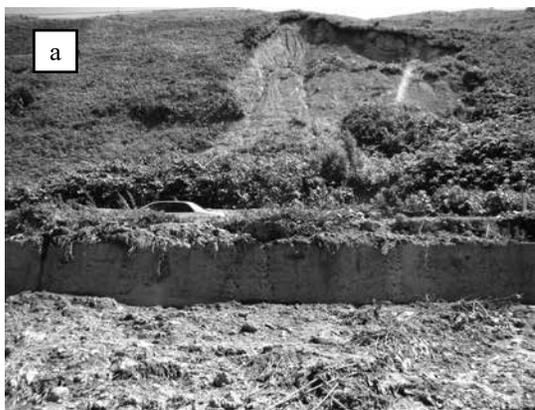


Рис. 2. Стадии эволюции склоновых селевых бассейнов: а – I стадия, б – II стадия, в – III стадия, г – IV стадия

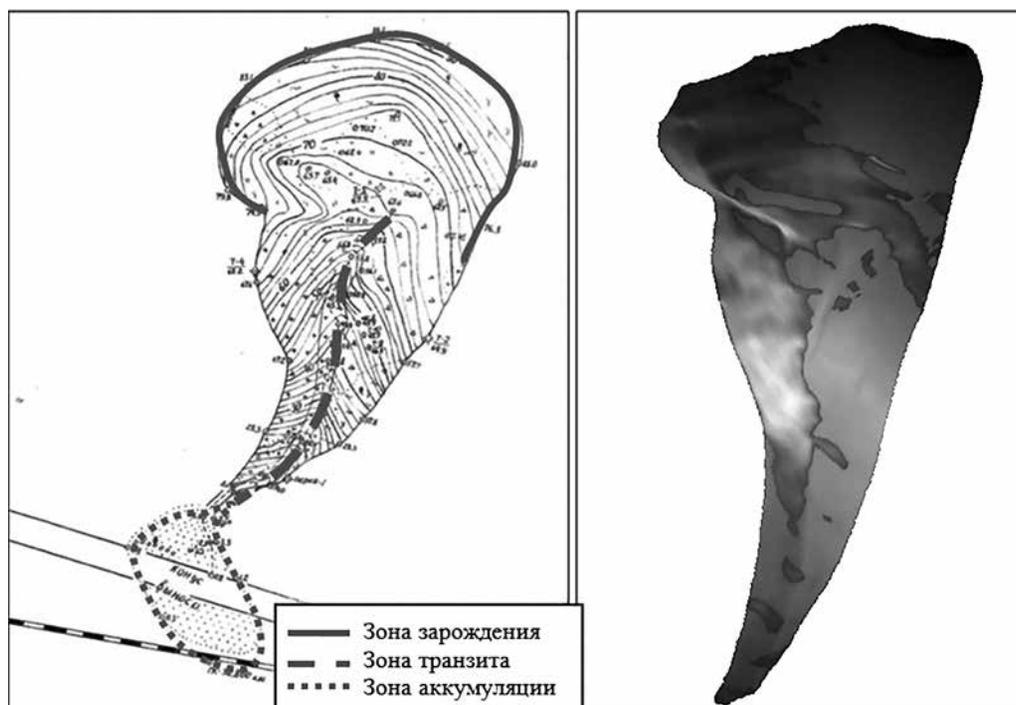


Рис. 3. Склоновый селевой бассейн II стадии эволюции с четко выделяемыми морфодинамическими зонами. Морская терраса, юго-западное побережье о-ва Сахалин

потоки на данной стадии могут формироваться с периодичностью 1 раз в 3–4 года, что обусловлено необходимостью накопления продуктов выветривания и образования потенциального селевого массива в селевых очагах.

**III стадия** – селевые бассейны с невыработанным продольным профилем русла, замыкающий створ которого достиг местного базиса эрозии (террасовые селевые бассейны). Селевые бассейны на этой стадии представлены небольшими ущельями, каньонами, балками с вторичными селевыми бассейнами в бортах (рис. 2в).

Замыкающий створ таких селевых бассейнов достиг местного базиса эрозии, что приводит к затуханию глубинной эрозии и снижению роста их вершин [7]. Под воздействием боковой эрозии и процессов денудации их борта выполаживаются и становятся более стабильными. По мере уменьшения уклона русла энергия и скорость движения рыхло-обломочного материала в тальвеге бассейна снижаются. В руслах таких бассейнов присутствует временный или постоянный водоток. Зона транзита имеет значительную протяженность относительно селевого бассейна. Селевые бассейны III стадии обладают четко выраженным водосбором, границы которого выходят за границы террасы (водосбор, как правило, унаследован от предшествующей формы рельефа – ложбины, лощины и т.д.). В процессе развития и активного роста такие бассейны способны перехватывать водосборы соседних форм рельефа.

В селевых бассейнах III стадии преобладает эрозионно-транспортный селевой процесс, формируются грязевые, грязекаменные и наносоводные селевые потоки преимущественно дождевого генезиса. Максимальные объемы селей могут достигать 20 тыс. м<sup>3</sup>. Длина транзитного пути составляет от нескольких сотен метров до первых километров. Плотность селевых потоков 1500–2300 кг/м<sup>3</sup>. Селевые отложения выносятся далеко за пределы селевого бассейна. Возможно наличие пролювиальных отложений в русле бассейна в виде селевых гряд. Селевые бассейны могут иметь сильную залесенность и хорошо задерживающий конус выноса. Частота селеформирования в данных селевых бассейнах

значительно ниже, чем на I и II стадиях эволюции, согласно полевым наблюдениям, результатам дендрохронологического обследования и фондовым данным в редких случаях отмечается более одного селепроявления раз в 10 лет.

Стоит отметить, что селевые бассейны III стадии помимо бассейнов, эволюционировавших из бассейнов низших стадий, могут быть представлены долинными селевыми бассейнами, которые согласно С.М. Флейшману «занимают наперед заданные элементы рельефа». Таким образом, возникновение селевых бассейнов III стадии возможно двумя путями: при эволюции селевого бассейна низшей стадии под действием экзогенных процессов или при проявлении эндогенных процессов (например, в результате образования тектонического разлома).

**IV стадия** – долинные бассейны с разветвленной сетью селевых бассейнов разных стадий, объединенных общим руслом (долинными селевыми бассейнами). На этой стадии селевые бассейны представлены протяженными V- и U-образными долинами с пологим профилем и разветвленной сетью постоянных и временных водотоков. Их объединяют главное селевое русло и общий конус выноса. В бортах таких бассейнов активно формируются вторичные селевые бассейны (рис. 2г).

На IV стадии эволюции в селевом бассейне активизируется боковая эрозия, что приводит к развитию меандрирования и переформированию русла, происходит многократное перемещение и переотложение твердого материала. Максимальные объемы селей достигают нескольких десятков тысяч кубических метров. Длина транзитного пути составляет несколько километров. Селевые потоки имеют плотность 1100–1800 кг/м<sup>3</sup>. Конус выноса сложен аллювиально-пролювиальными отложениями. В русле бассейна присутствуют пролювиальные отложения в виде полей аккумуляции, селевых гряд или террас. Из-за наличия вторичных селевых бассейнов увеличивается частота селеформирования, возможен массовый сход селей в пределах одного бассейна. Могут формироваться селевые паводки малой плотности при срыве отстойки русла, вызванном резким увеличением расходов воды, а также при запруживании постоянных водотоков.

В обобщенном виде стадии эволюции селевых бассейнов на склонах морских террас о-ва Сахалин показаны на рис. 4.

Каждому этапу эволюции селевого бассейна соответствуют своя форма бассейна и стадия развития русла. Можно выделить ряд признаков, качественных характеристик селевых бассейнов, позволяющих точно идентифицировать ту или иную стадию их эволюции (табл. 1).

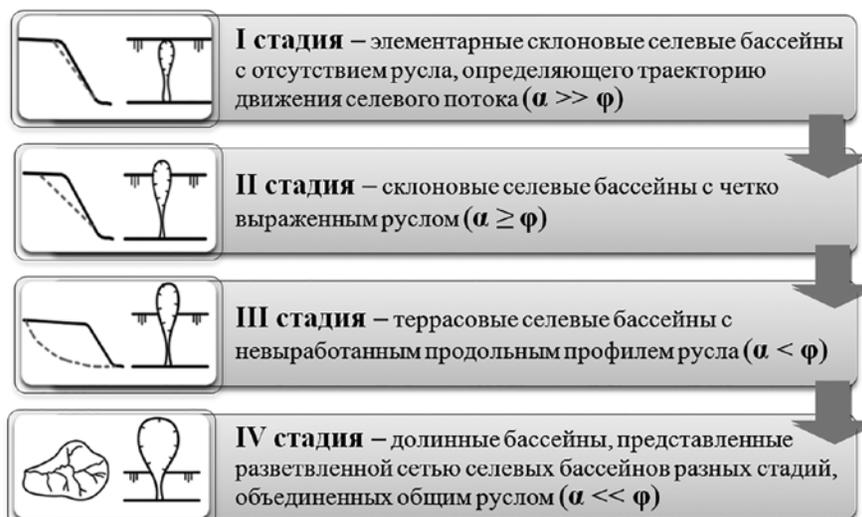


Рис. 4. Стадии эволюции селевых бассейнов на склонах морских террас о-ва Сахалин ( $\alpha$  – угол продольного уклона зоны транзита,  $\varphi$  – угол внутреннего трения пород ПСМ)

**Морфометрические признаки селевых бассейнов на разных стадиях эволюции**

Стадия эволюции	Соотношение угла продольного уклона зоны транзита ( $\alpha$ ) и угла внутреннего трения пород ( $\varphi$ )	Тип селевого процесса*	Кол-во селевых очагов	Соотношение длины водосбора селевого бассейна ( $L$ ) и длины селевого очага ( $l$ )	Генетический тип отложений конуса выноса**
I	$\alpha \gg \varphi$	С, Э-С	1	$L \approx l$	сQ, pQ
II	$\alpha \geq \varphi$	С, Э-С	1	$L \geq l$	pQ, dQ
III	$\alpha < \varphi$	Э-Т	$>1$	$L > l$	pQ
IV	$\alpha \ll \varphi$	Э-Т	$\gg 1$	$L \gg l$	aQ, pQ

\*Тип селевого процесса: С – сдвиговый, Э-С – эрозионно-сдвиговый, Э-Т – эрозионно-транспортный.

\*\*Генетический тип отложений конуса выноса: сQ – коллювий, pQ – пролювий, dQ – делювий, aQ – аллювий.

Основные факторы, определяющие переход селевых бассейнов на склонах морских террас Сахалина от стадии к стадии, – геологические и геоморфологические; гидрометеорологические условия играют второстепенную роль [3].

Стоит отметить, что на начальных стадиях эволюции основным механизмом развития селевых бассейнов является активное селеформирование, которое, в отличие от овражной эрозии, оказывает значительно большее влияние на скорость роста селевых бассейнов.

#### **Схема эволюционного развития селевых бассейнов на склонах морских террас о-ва Сахалин**

Для осуществления комплексного подхода к вопросу прогнозирования возникновения и развития селевых бассейнов на морских террасах для отдельной местности авторами статьи предложен алгоритм создания схемы эволюционного развития селевых бассейнов (рис. 5). Исходными данными для создания схемы является реестр селевых бассейнов исследуемой территории, который содержит морфометрические характеристики (ширину, глубину, длину селевых бассейнов, информацию об уклонах зоны транзита, наличии селевых очагов), а также сведения о литологическом составе горных пород. На основе морфометрических характеристик выделяются наиболее характерные формы селевых бассейнов.

Существует прямая зависимость между формой селевого бассейна и литологическим составом горных пород, вмещающих селевой бассейн. Каждой форме селевых бассейнов соответствует определенный литологический комплекс (по Г.В. Полунину) либо группа литологических комплексов по степени литификации (рыхлые, слабо или сильно литифицированные).

На основе морфометрических признаков селевых бассейнов определяется, к какой стадии эволюции относятся те или иные формы селевых бассейнов. Преобладающий тип селевого процесса (сдвиговый, эрозионно-сдвиговый или эрозионно-транспортный) устанавливается по литологическому составу горных пород, вмещающих селевой бассейн, и стадии его развития.

Зная тип селевого процесса, форму селевого бассейна, учитывая данные полевых наблюдений, можно говорить о возможных путях возникновения и развития селевых бассейнов.

Схема эволюции селевых бассейнов на морских террасах Сахалина, составленная на основе морфометрических и геологических данных, а также полевых и стационарных наблюдений, показана на рис. 6. Подобные схемы особенно актуальны, поскольку помогают определить комплекс мер по инженерной защите территорий на различных стадиях развития селевого бассейна (табл. 2).



Рис. 5. Алгоритм создания схемы эволюционного развития селевых бассейнов для отдельной местности

Таблица 2

**Мероприятия по снижению негативного воздействия селевых процессов на разных стадиях эволюции склоновых селевых бассейнов**

Стадия эволюции	Тип инженерных мероприятий	Мероприятия по инженерной защите
I	Противоэрозионные, противооползневые	Организация отвода дождевых и талых вод с поверхности морской террасы; укрепление склона морской террасы
II	Противоэрозионные, противоселевые	Организация отвода дождевых и талых вод с поверхности морской террасы; организация пропуска временных и постоянных водотоков; укрепление бортов селевого бассейна
III	Противоэрозионные, противоселевые	Организация отвода дождевых и талых вод с поверхности морской террасы; укрепление бортов селевого бассейна; строительство селепропускных и руслоукрепительных сооружений
IV	Противоселевые	Создание селезадерживающих, селепропускных, селеотводящих, руслоукрепительных и селезащитных сооружений

На I стадии эволюции основным фактором негативного воздействия селевых бассейнов на ландшафт является их активный рост и вызванные этим локальная эрозия и денудация, которые могут представлять угрозу отдельным элементам зданий и сооружений, а также линейным объектам (опорам ЛЭП, фундаментам, обочинам, искусственным сооружениям дорог и др.). Основные мероприятия на этом этапе должны быть направлены на предотвращение переувлажнения или размыва потенциальных селевых массивов и, как следствие, вовлечения их в оползневой или селевой процессы (преимущественно сдвиговой). Противоэрозионные мероприятия ограничиваются организацией отвода дождевых и талых вод с поверхности морской террасы путем устройства нагорных канав, кюветов, вертикальной планировки, оборудования водопропускных сооружений и т.д. Противооползневые мероприятия предусматривают закрепление склонов и повышение их устойчивости путем профилирования, террасирования, посева трав, устройства георешеток и т.д.

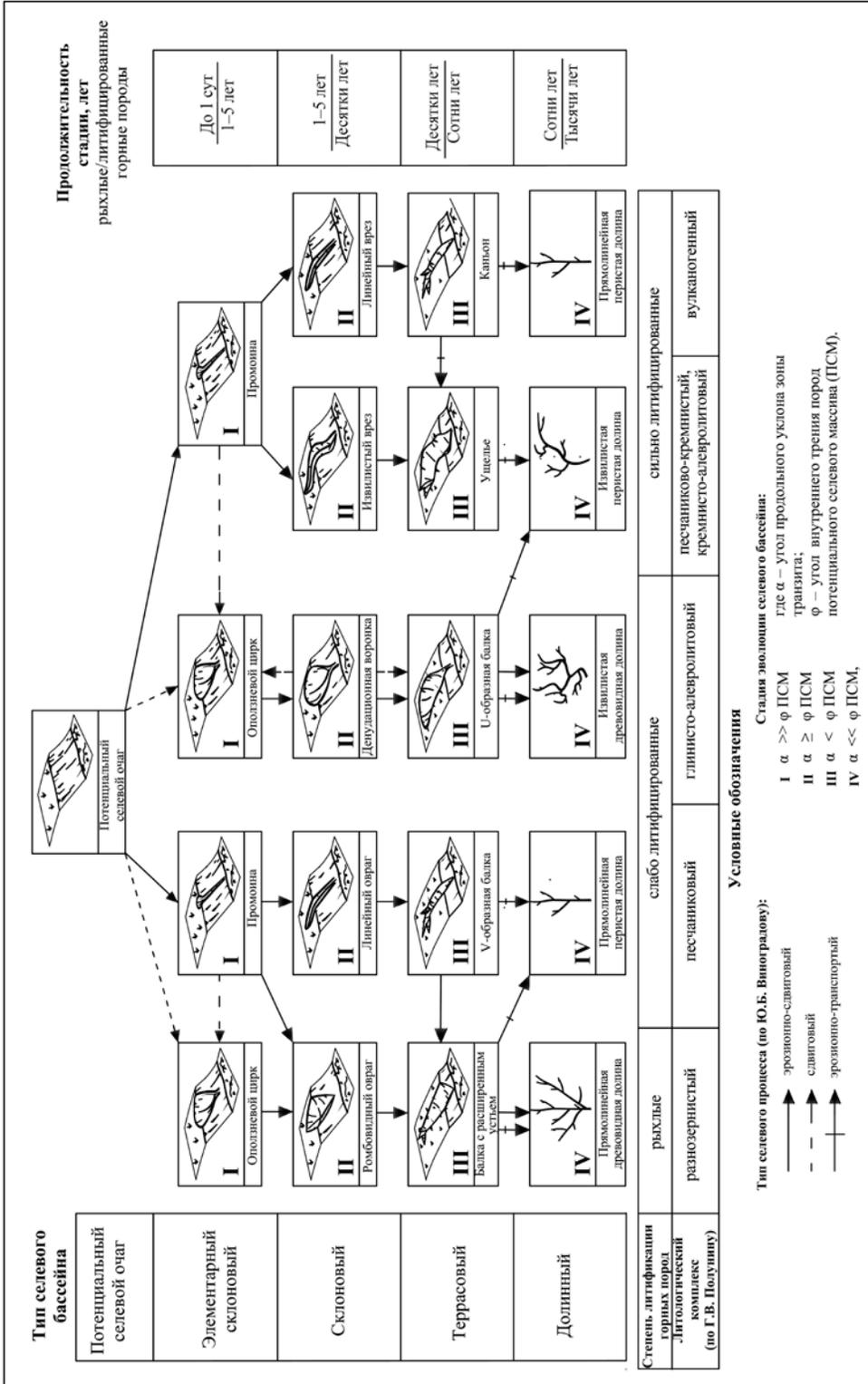


Рис. 6. Схема эволюции селевых бассейнов на морских террасах о-ва Сахалин

На II стадии эволюции происходит активное врезание селевого бассейна, дальнейшее развитие эрозии и денудации. Селевые потоки достигают значительных объемов и могут привести к разрушению отдельных зданий и сооружений, повреждению участков линейных объектов. Для предотвращения негативного воздействия указанных процессов нужно ограничить размыв и обводнение селевого бассейна путем организации постоянных и временных водотоков в пределах самого селевого бассейна. На II стадии эволюции селевые бассейны обладают собственным четко выраженным водосбором, поэтому противоселевые и противоэрозионные мероприятия направлены прежде всего на уменьшение объемов стока селевых бассейнов, предотвращение сброса воды или перехват соседних водотоков.

III стадия эволюции характеризуется распространением в бортах селевого бассейна вторичных бассейнов, а также существенной овражной эрозии, что приводит к значительным нарушениям ландшафта и деградации земель. Селевые бассейны этой стадии развития представляют угрозу отдельным территориям (кварталам, микрорайонам и т.д.), а также линейным объектам (дорогам, газо- и нефтепроводам и др.). Формирующиеся селевые потоки могут иметь разрушительный характер для отдельных объектов и представляют серьезную опасность для населения. Помимо регулирования гидрологического режима селевого бассейна противоселевые мероприятия включают организацию селепропуска. Для укрепления бортов селевого бассейна рекомендуется проводить противоэрозионные мероприятия: террасирование, залесение, монтаж анкерных устройств и шпунтовых диафрагм.

Селевые бассейны IV стадии эволюции, обладая значительными площадями и постоянными водотоками со своими особенностями гидрологического режима, активизирующими русловые процессы, оказывают влияние на относительно обширные территории. Селевые потоки могут иметь катастрофические масштабы и нести угрозу не только строительным и инфраструктурным объектам, но и населению. В качестве противоселевых мероприятий рекомендуется создавать руслоукрепительные, селезадерживающие, селепропускные, селеотводящие сооружения в виде дамб, барражей, сквозных селеуловителей и т.д.

## **Выводы**

Выделено четыре стадии эволюции селевых бассейнов на склонах морских террас о-ва Сахалин, каждой из которых соответствуют своя форма и стадия развития селевого русла.

I и II стадии представлены склоновыми селевыми бассейнами, в которых угол продольного уклона зоны транзита равен или превышает угол естественного откоса ( $\alpha \geq \varphi$ ) пород потенциального селевого массива (ПСМ). Преобладают сдвиговый и эрозионно-сдвиговый селевые процессы. Склоновые бассейны формируются под действием экзогенных факторов в результате эволюции бассейнов низших стадий или непосредственно под влиянием эндогенных процессов. III и IV стадии эволюции селевых бассейнов – селевые бассейны, угол продольного уклона зоны транзита которых меньше угла естественного откоса пород ПСМ ( $\alpha < \varphi$ ). В данных селевых бассейнах развит преимущественно эрозионно-транспортный селевой процесс. На III стадии уклон русла соответствует долинным селевым бассейнам, однако селевой бассейн все еще расположен на морской террасе, простираясь далеко по ее поверхности. Селевые бассейны IV стадии эволюции прорезают морскую террасу, перехватывают множество водосборов и пересекают различные формы рельефа. Такие бассейны не приурочены к отдельной форме микро- и мезорельефа. Долинные селевые бассейны имеют несколько селевых очагов. Длина их водосборов значительно превышает линейные размеры селевых очагов.

Данные о морфометрических характеристиках селевых бассейнов и геологическом строении территории позволяют построить схему эволюции склоновых селевых бассейнов для любой местности. Впервые для морских террас о-ва Сахалин разработана схема

эволюции селевых бассейнов, которая может стать основой для прогнозирования возможных путей преобразования и развития форм эрозионного и денудационного рельефов, а также для разработки комплекса мер по инженерной защите территорий на различных стадиях развития селевых бассейнов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР. Т. 33. Остров Сахалин / под ред. В.Н. Верещагина. М.: Недра, 1970. 403 с.
2. Инженерная геология СССР. Т. 4. Дальний Восток. М.: Изд-во МГУ, 1977. 502 с.
3. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин): дис. ... канд. геол.-минер. наук / ВЦНТИ. М., 2000. 216 с.
4. Перов В.Ф. Селеведение: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2012. 271 с.
5. Рыбальченко С.В. Селевые процессы на склонах морских террас южного Сахалина // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 6. С. 52–59.
6. Рыбальченко С.В., Верховов К.В. Склоновые селевые бассейны и их морфодинамические особенности // Геориск. 2017. № 4. С. 44–49.
7. Рыбальченко С.В., Верховов К.В. Эволюция селевых бассейнов на склонах морских террас Западного Охотоморья // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы IV Междунар. конф. Иркутск; пос. Аршан, 6–10 сент. 2016 г. Иркутск: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 215–220.
8. Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеониздат, 1985. 140 с.