



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**  
Кафедра геологии, геофизики и геоэкологии

**ТИХАЯ МАРГАРИТА АНДРЕЕВНА**

Опасные экзогенные геологические процессы на территории  
Невельского района (о. Сахалин)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

по образовательной программе подготовки бакалавров по  
направлению 05.03.01 «Геология»

Владивосток, 2018 г.

Автор работы: М.А. Тихая

подпись Тихая

« 27 » июль 2018 г.

Консультант по геологической части

В.В. Озерова

(подпись) (ФИО)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель ВКР ст. преподаватель

(должность, ученое звание)

В.В. Залищак (Залищак В.В.)

(подпись) (ФИО)

« \_\_\_\_\_ » июль 2018 г.

Нормоконтроль АВ

(подпись) (ФИО)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Защищена в ГАК с оценкой \_\_\_\_\_

Секретарь А.И. Кашорнова

(подпись) (ФИО)

« 28 » июль 2018 г.

«Допустить к защите»

Зав. кафедрой геологии, геофизики и геозкологии, профессор, к.г.-м.н

А.В. Зиньков

(подпись) (ФИО)

« 28 » юль 2018 г.

Сведения содержащихся в работе нет  
Эксперт по направлению геологии  
А.В. Зиньков

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Инженерной школы

А.В. Зиньков | \_\_\_\_\_ |  
Подпись | Ф.И.О. |  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.

В материалах данной выпускной квалификационной работы не содержатся сведения, составляющие государственную тайну, и сведения, подлежащие экспортному контролю.

Уполномоченный по экспортному контролю

Зиньков А.В. | АВ | « 28 » юль 201 8 г.  
Ф.И.О. | Подпись



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

Кафедра геологии, геофизики и геоэкологии

**ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВКР**

на выпускную квалификационную работу (ВКР) бакалавра студентки группы Б3401 Инженерной школы ДВФУ **Тихой Маргариты Андреевны** на тему: «Опасные экзогенные геологические процессы на территории Невельского района (о. Сахалин)», подготовленную по направлению 05.03.01 – «Геология», профилю «Геология».

Руководитель ВКР: ст. преподаватель В.Б. Залищак.

Дата защиты ВКР: 28 июня 2018 г.

ВКР состоит из пояснительной записки на 64-х страницах и 3-х графических приложений.

Тема работы отличается большой актуальностью. Опасные экзогенные геологические процессы – прежде всего лавины и сели – наносят большой вред народному хозяйству не только о. Сахалина, но и другим регионам нашей страны. В данной работе особое внимание уделено исследованию селевой опасности в одном из районов Сахалинской области, чему и посвящена специальная часть ВКР. В геологической части работы автор рассматривает породы коренной основы, которые представлены отложениями раннего палеозоя и палеозоя-мезозоя, а также породами терригенной формации позднего мела-палеогена. Далее достаточно подробно описываются четвертичные отложения. Логика изложения материала в данной части возражений не вызывает, так как геомеханика селеобразования такова, что скольжение селя, сформировавшегося из рыхлых четвертичных отложений, происходит по коренным, достаточно литифицированным, горным породам. Далее автор последовательно рассматривает и анализирует геологические и гидрогеологические факторы формирования опасных геологических процессов, уделяя особое внимание факторам селеобразования.

Специальная часть ВКР посвящена селевым процессам на территории непосредственно Невельского района. В результате проведенных исследований даются рекомендации по селезащитным мероприятиям,

применение которых позволит свести ущерб от периодически возникающих селей до минимума.

Графические приложения и пояснительная записка оформлены в соответствии с требованиями.

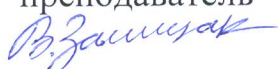
При подготовке ВКР были использованы сведения, опубликованные в открытой печати.

Проверка на плагиат в системе «Антиплагиат» показала 86 % оригинальности текста, что соответствует требованиям.

В процессе подготовки ВКР студентка М.А. Тихая показала хорошие знания в области геологии, высокую дисциплинированность, творческий подход к работе.

В целом работа заслуживает оценки «ОТЛИЧНО», а Тихая М.А. - присвоения квалификации «бакалавр».

27 июня 2018 г.

Руководитель ВКР: старший преподаватель кафедры геологии,  
геофизики и геоэкологии ИШ ДВФУ  Зализчак В. Б.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа посвящена опасным экзогенным геологическим процессам, таким как сели и лавины, а также подробному изучению селевых процессов на территории Невельского района острова Сахалин.

Селевые и лавинные процессы являются одними из самых непредсказуемых, и опасных проявлений, которые оставляют после себя человеческие жертвы, а также причиняют немалый ущерб.

Что бы предотвратить или ослабить действие, в первую очередь нужно изучить тот или иной процесс, что он представляет, что именно влияет на создание и движение процесса.

Опасные экзогенные геологические процессы обладают определенными факторами, обуславливающими активизацию опасных экзогенных геологических процессов, а именно геологические, гидрометеорологические и геоморфологические.

Данные процессы вызывают не только природные факторы, но и антропогенные. Зачастую человек сам пробуждает действие опасных экзогенных геологических процессов.

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 60 листах, 15 рисунков, 3 приложения. Список литературы состоит из 26 наименования.

## Оглавление

Введение.....	4
1. Общая часть.....	5
1.1. Физико-географический очерк.....	6
1.2. Изученность режима селевых процессов.....	10
2. Геологическая часть.....	12
2.1. Формации пород коренной основы.....	13
2.1.1. Магматизм.....	16
2.1.2. Тектоника.....	17
2.2. Формации четвертичных отложений.....	19
2.2.1. Стратиграфо-генетические комплексы рыхлых грунтов.....	19
2.3. Факторы активизации лавинообразования.....	22
2.3.1 Геологические факторы лавинообразования.....	22
2.3.2 Гидрометеорологические и геоморфологические факторы лавинообразования.....	25
2.4 Факторы активизации селеобразования.....	34
2.4.1 Геологические факторы селеобразования.....	34
2.4.2 Гидрометеорологические факторы селеобразования.....	39
2.4.2.1. Геоморфологические факторы селеобразования.....	42
3. Специальная часть.....	44
Селевые процессы на территории Невельского района Сахалинской области.....	45
3.1. Особенности геологических факторов селеобразования на территории Невельского района	46
3.2. Особенности гидрометеорологических и геоморфологических факторов селеобразования на территории Невельского района.....	47
3.2.1. Характеристика селевых потоков в Невельском районе.....	51
3.2.2. Характеристика селевых отложений в Невельском районе.....	52
3.2.3. Селевой режим в Невельском районе.....	53
3.2.4. Ущерб от селевых потоков в Невельском районе.....	53
3.3. Сооружения по противоселевой защите.....	55
Заключение.....	60
Список литературы.....	61

### Приложения:

- Геологическая карта Невельского района (остров Сахалин) масштаб 1:50 000;

- Карта четвертичных отложений Невельского района (остров Сахалин)  
масштаб 1:50 000;
- Селевые процессы на территории Невельского района (остров Сахалин).

## Введение

Особенности геологического строения, климата и рельефа о. Сахалин способствуют широкому развитию опасных экзогенных геологических процессов.

Самыми распространенными опасными экзогенными геологическими процессами являются селевые потоки и снежные лавины. Они представляют опасность для населенных пунктов, транспортных магистралей, ЛЭП.

Сход селя является одним из самых непредсказуемых природных катаклизмов на территории острова Сахалин, особенно ему подвержена территория города Невельска, и Невельский район в целом.

С точки зрения лавинной угрозы для населения и народного хозяйства о. Сахалин относится к наиболее опасным территориям России. На о. Сахалин лавины пересекают всю застроенную территорию. Лавиноопасные территории охватывают до 70% площади острова. Невельск является ведущим городом по лавинной опасности, только 45%, почти половина лавинных процессов происходит там. А также лавиноопасными городами на Сахалине являются Холмск (28%), Шахтерск и Углегорск (13%), Макаров и Томари (12 %), а также Корсаков (4%), Александровск-Сахалинский (2%) и Южно-Сахалинск (менее 1 %).

Однако, дело для активизации опасных экзогенных геологических процессов не только в природных факторах, но и антропогенных. Зачастую люди сами способствуют образованию таких процессов, например как вырубка лесов, разработка карьеров, активное и бесконтрольное строительство.

Взаимосвязь природных и антропогенных факторов создает общую картину образования экзогенных геологических процессов на территории острова Сахалин, поэтому выделять какой-то один фактор отдельно от других не имеет смысла, так как они взаимосвязаны.



## **1. Общая часть**

## 1.1. Физико-географический очерк

Площадь работ расположена на территории Невельского района Сахалинской области, в пределах листа на стыке L-54-XVIXXII и L-54-XXII. Общая площадь работ – 9 км<sup>2</sup>.



Рис 1.1 Обзорная карта о. Сахалин.

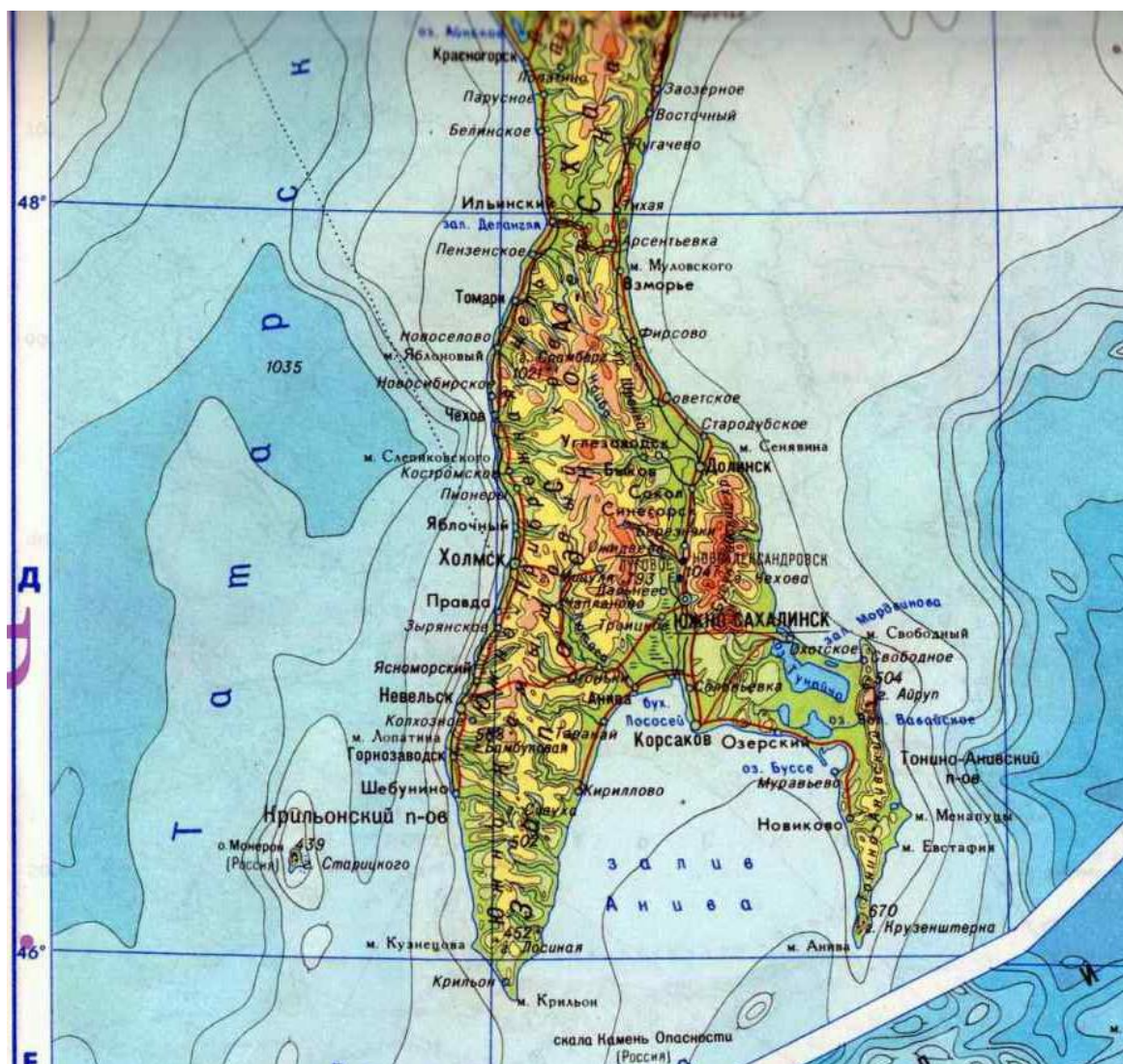


Рис. 1.2 Обзорная карта Южного Сахалина

**Рельеф.** На о. Сахалин, вдоль побережья Татарского пролива, протягиваются Западно-Сахалинские горы, вдоль побережья Охотского моря – Восточно-Сахалинские горы; их разделяет Тымь-Поронайская низменность. В северной части простирается Северо-Сахалинская равнина. В целом для гор Сахалина характерна высокая активность экзогенных процессов – селевых, обвально-осыпных и лавинных.

Невельский район – самый южный (наравне с Анивским) район Сахалина. Вытянут на 104 километра с севера на юг вдоль побережья Татарского пролива. Южной окраиной района является мыс Крильон – наряду с этим и самая южная точка острова. Территория района обладает горным, преимущественно низкогорным, интенсивно расчлененным

рельефом и располагается в пределах Западно-Сахалинской горной системы, вытянутой в меридиональном направлении. Абсолютные отметки поверхности повышаются с запада на восток и с юга на север от 100-200 м и в пределах Южно-Камышового хребта достигают 400-500 м и более. Максимальные высоты имеют г. Яблоновая – 522,8 м (на границе с Холмским городским округом) и г. Бамбуковая – 588,0 м.

**Климат.** На о. Сахалин климат умеренный муссонный. Средние температуры января на Сахалине от  $-24^{\circ}\text{C}$  на севере до  $-6^{\circ}\text{C}$  на юге. На всей территории Сахалина для зимнего периода характерны сильные и продолжительные метели. Продолжительность безморозного периода на Сахалине 161 день. Лето короткое, влажное и прохладное. Самый тёплый месяц – август. Часто (кроме августа) случаются заморозки. Средние температуры августа на Сахалине от  $10^{\circ}\text{C}$  на севере до  $19^{\circ}\text{C}$  на юге, где сказывается влияние тёплого Цусимского течения. Летом и в переходные сезоны наблюдаются затяжные туманы. Осенью нередки тайфуны с ураганскими ветрами и обильными дождями. Ежегодное количество осадков на Сахалине от 600 мм на равнинах до 1200 мм в горах.

**Внутренние воды.** Реки относятся к бассейнам Охотского моря, Тихого океана и частично Японского моря. Насчитывается на Сахалине – 61178 рек. На Сахалине наиболее крупные реки – Поронай, Тымь, Лютога. 98% общего количества рек – малые реки, преимущественно горного типа. Всего 16120 озёр на Сахалине. Самые крупные озёра Сахалина – лагунные, протягивающиеся вдоль побережий (Невское, Тунайча, Айнское и др.); на севере многочисленны термокарстовые озёра (Светлое, Миллеровское и др.); на поймах крупных рек – озёра-старицы. Значительные площади занимают болота, особенно на севере Сахалина, и частично на юге.

*Гидрография* Невельского района характеризуется прибрежной полосой изрезанной широкими распадками с густой зеленью трав и небольшими речушками горного типа, впадающими в Татарский пролив.

Наиболее крупные из них Ловецкая, Невельская, Казачка. Встречаются небольшие горные озера, водопады, минеральные источники.

### **Почвы, растительный и животный мир**

Растительный покров отличается большим своеобразием. Флора Сахалина тесно связана с Евразией. В составе флоры Сахалина 1100 видов растений, из них более 30 – эндемики. На севере распространены редкостойные лиственничные леса с багульником в сочетании с верховыми сфагновыми болотами на торфяно-глеевых почвах. Южнее – елово-пихтовые леса на буротаёжных почвах. На юго-западе – смешанные леса с примесью широколиственных (дуб монгольский, ясень маньчжурский, бархат амурский) и темнохвойных (тисс остроконечный и др.). Обильны лианы – актинидия, лимонник, виноград. Почвы бурые лесные.

В горных районах хорошо выражена высотная поясность ландшафтов. Наибольшее разнообразие высотных поясов представлено на юго-западе Сахалина, где нижний пояс представлен хвойно-широколиственными лесами в сочетании с высокотравными лугами, сменяющимися елово-пихтовыми лесами, выше которых расположен пояс каменных березняков с зарослями бамбука, переходящий в пояс кедрового стланика, а на больших высотах – в пояс тундровых комплексов с горно-тундровыми сухоторфянистыми почвами.

Фауна обеднена. Всего встречается 335 видов птиц, 88 млекопитающих, 7 пресмыкающихся, 5 земноводных. В лесах обычны соболь, лисица, заяц-беляк, медведь, белка, рысь и др., редко встречаются сахалинская кабарга (эндемик), японский полоз. В прибрежных водах и на пляжах – нерпа, сивуч, морская выдра и др. 80% рек Сахалина – нерестилища горбуши и 42% – кеты. 90% улова в С. о. составляют лосось, сельдь, треска, камбала, минтай, палтус, скумбрия. На шельфе – промысел краба, креветок, гребешка, мидии. Огромны запасы водорослей ламинарии и анфельции.

## 1.2. Изученность режима селевых процессов

Регулярное изучение селевых процессов на о. Сахалин началось не так давно в 70-х годах XX в. В 1945-75 г.г. данные о селевых процессах на Сахалине обладали эпизодическим характером, и отмечались отдельными исследователями.

В работе Флейшмана С.М. и др., представлены сведения о селевых процессах на о. Сахалин и приведена карта селеопасных районов острова, в масштабе 1:7 500 000.

В 1978-1981 г.г. была проведена работа по составлению «Кадастра селей СССР». В 1980 г. Составлена карта селевого районирования острова в масштабе 1:3 000 000 и карты схемы селевых бассейнов в масштабах 1: 100 000 и 1: 25 000 для Южного Сахалина. Карты создавались по методикам, разработанными в КазНИГМИ.

Результаты исследований селевых потоков опубликованы в работах, в которых впервые дана характеристика селевого режима острова, основанная на обширном материале полевых наблюдений.

В 1978-1985 г.г. Сахалинским УГМС проводились режимные наблюдения за селевыми процессами на двух полигонах: на юго-западном (п. Светляки) и охотоморском (с. Гребенская) побережьях.

Обширный полевой материал о массовом формировании селевых потоков дождевого генезиса собран СахУГМС в южной части острова после прохождений тайфуна «Филис».

Большой полевой материал собран в южной и центральной части острова экспедицией проблемной лаборатории лавин и селей Московского государственного университета и Сахалинского УГМС.

В 1983 г. подготовлена «Карта литологических комплексов и проявлений экзогенных процессов» в масштабе 1: 500 000 на которой показаны районы развития селевых процессов.

Характеристика селевого режима и селевых потоков острова (в основном, Южного Сахалина) проводится в работах.

В 1995 г. Сахалинским РПЛЦ подготовлена карта селевой опасности о. Сахалин в масштабе 1: 500 000.

В 1997-1999 г.г. исследования селевых процессов проводились лабораторией экзогенных процессов СО МАНПО.

Исследования селевых процессов проводилось также в ПГО «Сахалингеология», ГП «Востокгеология» Сахалинской гидрогеологической экспедицией, где собран большой фактический материал и выполнено большое количество производственных отчетов. Основными исполнителями которых являлись: Муратов А.Н., Нильга В.М., Тарануха В.И., Герасимова Т.Я., Назиров К.Р., Жируев С.П., Окопный В.И.

По данным этих фондовых отчетов в 1996 г. ВСЕГИНГЕО разработана карта интенсивности проявления и прогноза экзогенных процессов на о. Сахалин в масштабе 1: 500 000, на которой показаны районы развития селевых процессов и приведены некоторые характеристики селевых процессов.

Материалы перечисленных работ позволили дать оценку интенсивности проявления селевых процессов на всей территории острова. Такая оценка была выполнена в работе Н.А. Казакова. В ней была отражена наиболее полная характеристика селевого режима, распространения и особенностей селевых процессов на острове.

Логическим продолжением приведенных выше работ стала работа лаборатории лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН по разработке карт районирования территорий муниципальных образований по степени интенсивности проявления селевых процессов в масштабе 1: 100 000.

В результате разработаны схемы планировочных ограничений к генеральным планам населенных пунктов в масштабе 1: 5 000 – 1: 25 000 для всей территории Сахалинской области.

## **2. Геологическая часть**



## 2.1. Формации пород коренной основы

Геологический разрез о. Сахалин представлен осадочными, вулканогенными, метаморфическими и интрузивными породами палеозоя, мезозоя и кайнозоя.

На о. Сахалин выделяется 9 формаций пород коренной основы.

Породы *вулканогенно-карбонатно-терригенной формации раннего палеозоя (PZ<sub>1-2</sub>)* выходят на поверхность в пределах западной части Восточно-Сахалинских гор и в Сусунайском хребте. Толща представлена сланцами, филлитами, кварцитами, кристаллическими известняками, мраморами. Мощность толщи 2000-2600 м. Породы интенсивно дислоцированы, смяты в изоклиналильные, запрокинутые и лежащие складки. Разбиты массой разрывных нарушений от мелких с амплитудой до нескольких метров до разломов глубокого заложения. Вблизи поверхности в зоне выветривания, породы интенсивно трещиноваты.

Породы *вулканогенно-кремнисто-терригенной формации позднего палеозоя-мезозоя (PZ<sub>3</sub>-MZ)* сильно литифицированные слагают большую часть Восточно-Сахалинских гор, Корсаковского плато, Тонино-Анивского и Таулан-Армуданского хребтов.

По петрографическому составу породы разнообразны. Наряду с кремнистыми сланцами, яшмами, известняками, радиоляритами широко распространены песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, аргиллиты, туффиты, туфы. Мощность отложений колеблется в пределах 6500-7500 м. Все породы кроме глинистых сланцев, исключительно плотные, массивные, устойчивые к выветриванию.

Породы *терригенной формации позднего мела-палеогена (K<sub>2</sub>P)* несогласно залегают на различных горизонтах палеозойских и мезозойских пород.

Породы этого возраста наибольшее распространение имеют в Западно-Сахалинских горах. Меньше они распространены в Восточно-Сахалинских горах и на севере острова, на полуострове Шмидта. По внешнему облику и

характеру дислоцированности меловые породы Восточно-Сахалинских гор и п-ова Шмидта ближе к древним мезозойским толщам, которые представлены туффогенными песчаниками с переслоями алевролитов и аргиллитов, туфов. Распространенные в Западно-Сахалинских горах песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями каменных углей, туфов и туффитов по своим свойствам ближе к палеогеновым отложениям. Общая мощность отложений верхнего мела достигает 5000-6000 м.

Развитые в Западно-Сахалинских горах отложения палеогена, залегают на меловых отложениях с размывом, но без углового несогласия. Образования палеоцен-эоцена представлены конгломератами, алевролитами, песчаниками, аргиллитами с прослоями углей. Породы олигоцена образуют толщу переслаивающихся песчаников, аргиллитов и алевролитов. Их образование шло в результате чередования морских, прибрежно-морских и континентальных условий осадконакопления. Общая мощность отложений палеогена составляет 2500-3000 м.

Отложения неогена слагают до 70 % территории острова и достигают значительной мощности.

Разрез миоцена начинается континентальными отложениями, которые залегают на толщах палеогенового возраста с размывом и угловым несогласием на более древних породах.

Породы *туффито-андезитовой формации раннего-среднего миоцена* ( $N_1$ ) слагают отроги Западно-Сахалинских гор, межгорные впадины на юго-востоке о. Сахалин. Меньше они распространены на п-ове Шмидта, Центрально-Сахалинской равнине и в Восточно-Сахалинских горах.

В литологическом отношении их состав довольно разнообразен. Тут представлены туфогенные песчаники, алевролиты, туфы, туфобрекчии, угли, аргиллиты с прослоями песчаников и диатомитов невеличской, холмской, чеховской, верхнедуйской свит. Мощность отложений составляет 1000-2500м.

Породы *туффито-диатомитовой формации нижнего-среднего миоцена*( $N_1^{1-2}$ ) слагают краевые части межгорных депрессий Восточно-Сахалинских гор, юго-востока острова, выходящие на поверхность на ограниченных участках Северо-Сахалинской равнины.

В Западно-Сахалинских горах распространены верхнемиоценовые отложения курасийской, обыкайской, сертунайской и частично маруямской свит. В восточно-Сахалинских горах им соответствует борская, венгрийская свиты. Литологические породы представлены песчаниками, алевролитами, глинами и песками. Мощность отложений 1500-4000 м.

Осадочные породы плиоцена отличаются слабой степенью литификации. Представлена песками, глинами и алевролитами диановской свиты на п-ове Шмидта, уранайской и хузинской свитами в отрогах Восточно-Сахалинских гор. На территории Северо-Сахалинской равнины и средней части о. Сахалин к плиоцену относятся отложения нутовской свиты представленной гравелитами, песчаными и глинистыми породами.

Осадочные толщи маруямской свиты наиболее распространены на юге о. Сахалин. Отложения свиты, представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, песками, галечниками, конгломератами. На севере Томаринского и на юге Углегорского районов о. Сахалин отмечаются эффузивно-осадочные образования плиоцена. Они выделены в орловскую свиту. Представлены: туфами, туффитами, туфоконгломератами, андезитами, базальтами. Мощность плиоценовых отложений сильно изменяется в пределах о. Сахалин и колеблется в больших пределах от 300 до 3500 м.

### 2.1.1. Магматизм

На о. Сахалин среди эффузивных образований наиболее распространены основные разновидности.

В палеозойских толщах они сильно изменены и представлены зеленокаменными породами, а в мезозойских встречаются почти неизменные тела диабазов, спиллитов, порфириров. В породах палеогена эффузивы неизвестны. Излияния неогеновых лав происходили главным образом в нижнем-среднем плиоцене, представлены покровами андезитов и базальтов.

Интрузии на о. Сахалин имеют незначительные размеры и относятся к гипабиссальному типу. Доверхнемеловой интрузивный комплекс представлен дайками и силами серпентенитов, гипербазитов и малыми интрузиями диоритов, приуроченными преимущественно к Центральному глубинному разлому.

Вернемеловой интрузивный комплекс образован сложными интрузиями, пластовыми телами серпентенитов, перидотитов, габбро, штоками диоритов, дайками пироксенитов и гранитоидов, тяготеющих к Центральному глубинному разлому.

Миоценовый интрузивный комплекс представлен андезитами, долеритами, габбро-диоритами и кварцевыми диоритами. Встречаются в виде даек и пластовых залежей в пределах Тымь-Поронайского и Западно-Сахалинского глубинного разлома. Представлены щелочными габбро-диоритами, монцонитами, долеритами. С покровными базальтами орловской свиты генетически и пространственно связаны экструзии дацитов, субвулканические тела андезитов и базальтов. Мощность формации 250-300 м, а на восточном побережье возрастает до 1000 м.

## 2.1.2. Тектоника

В строении складчатой структуры Сахалина выделено четыре яруса. Нижний ярус образован породами палеозоя, смятым в крутые складки меридионального и северо-западного простирания. Выходы пород палеозоя в Восточно-Сахалинских горах и Сусунайском хребте приурочены к сводовой части антиклинория.

Второй структурный ярус сложен нижнее-среднемезозойскими породами, интенсивно дислоцированными и разбитыми многочисленными дизъюнктивными нарушениями. Преобладающее направление складок северо-западное. Наиболее широко мезозойские породы распространены в Восточно-Сахалинских горах.

Третий структурный ярус выполнен верхнемеловыми толщами. От нижних ярусов его отделяют глубокий размыв и структурное несогласие. Простирание основных меловых структур северо-западное и меридиональное. Складчатые формы хотя и сложные, но в подавляющем большинстве симметричные, с углами падения крыльев 30-40°.

Верхний структурный ярус сложен кайнозойскими породами. Породы данного яруса наименее дислоцированы. Формы складок разнообразные (линейные, куполовидные). Углы падения крыльев небольшие 10-20°, резкое увеличение падения до 80-90° только вблизи разломов. Четко прослеживается унаследованность структурных форм отложений кайнозоя от структур нижних ярусов.

В геоструктурном плане о. Сахалин рассмотрен как крупный мегаантиклинорий, состоящий из двух антиклинориев и разделяющего его синклинория. Выделяются также два срединных массива кайнозойской складчатости и одна наложенная впадина.

Восточно-Сахалинский антиклинорий прослеживается вдоль всей восточной половины о. Сахалин. Ядро антиклинория сложено породами палеозоя и мезозоя. Крылья - толщами верхнемеловых и неогеновых отложений. Центральная часть антиклинория с востока на запад ограничена

дизъюнктивными нарушениями. Самое крупное нарушение типа взбросо-надвига прослеживается по восточному крылу антиклинория. Более мелкие разломы обуславливают ряд приподнятых и опущенных блоков (Луньский, Набильский хребты). В северном направлении продолжение Восточно-Сахалинского антиклинория благодаря общему погружению палеозоя и мезозоя просматриваются с большим трудом. Несмотря на это, в восточной части Северного Сахалина имеется серия антиклинальных зон, сминающих неогеновые породы. Поднятие шарнира антиклинория на п-ове Шмидта предопределяет выход на дневную поверхность меловых образований. На юге о. Сахалин продолжением антиклинория является Сусунайский и Тонино-Анивский хребты. Тунайчинская депрессия является наложенной впадиной, а входы консолидированного палеозоя-срединными массивами.

Западно-Сахалинский антиклинорий вытянут через весь о. Сахалин от Сахалинского залива на севере до п-ова Крильон на юге. Сводовая часть антиклинория сложена меловыми породами, которые на широте г. Южно-Сахалинска на юге и севернее верховьев р. Виахту на севере, погружаются под кайнозойские отложения. Крылья антиклинория выполнены палеогеновыми и неогеновыми толщами. Особенностью антиклинория является наличие линейных кулисообразных складок. Севернее р. Виахту продолжение антиклинория прослеживается по отдельным антиклинальным поднятиям, деформирующим отложения неогена.

Дизъюнктивных нарушений в пределах Западно-Сахалинского антиклинория меньше, чем на востоке о. Сахалин. Тем не менее, ограничивающие структуру региональные разрывы (сброс по западному крылу и взбросо-надвиг - по восточному) выражены резко.

Между двумя вышеописанными антиклинориями расположен Центрально-Сахалинский синклиний, являющийся сложнопостроенным прогибом, выполненным кайнозойскими отложениями. Синклиний осложнен местами блоковыми поднятиями фундамента и локальными антиклинальными складками. Мощность кайнозойских отложений в

синклинории достигает 3500 м. Перемещение блоков фундамента не одинаковое, с этим связано резкое колебание мощностей. В пределах Тымь-Поронайского водораздела глыбовые поднятия выводят палеозойский фундамент на поверхность. Сочленение Центрально-Сахалинского синклинория с антиклинориями в большинстве случаев проходит по линиям дизъюнктивных нарушений.

## **2.2. Формации четвертичных отложений**

Четвертичные отложения различной мощности перекрывают практически всю территорию острова Сахалин. Наибольшее распространение имеют склоновые образования, морские, аллювиальные, аллювиально-морские, аллювиально-пролювиальные отложения. Отложения имеют небольшую мощность и редко превышают 15-20 м.

По стратиграфическому положению в разрезе четвертичной системы выделяются плиоцен-нижнечетвертичные, нижнечетвертичные, среднечетвертичные, верхнечетвертичные, современные и нерасчлененные отложения.

### **2.2.1. Стратиграфо-генетические комплексы рыхлых грунтов**

На основе общности инженерно-геологических свойств горных пород, с учетом их возраста, генезиса и литологического состава в Невельском районе выделено 6 стратиграфических комплексов пород.

1. Стратиграфо-генетический комплекс аллювиальных отложений верхнечетвертичного-современного звеньев.

Широко развит по долинам всех водотоков района и представлен рыхлыми образованиями поймы и аккумулятивных чехлов террас высотой 1-4, 7-9, и 12-15м.

Литологический состав разнообразен: от крупнообломочных (гравийно-галечных) грунтов до заторфованных суглинков и глин. Мощность образований в основном от 1-2 м до 5-6 м.

2. Стратиграфо-генетический комплекс делювиально-пролювиальных отложений современного звена.

Повсеместно развит на склонах и представлен чехлом склоновых отложений, мощность которых изменяется от 1 м в верхних частях склонов до 8 м у подножья.

Литологический состав комплекса представлен в основном суглинками (от тугопластичных до мягкопластичных), супесями с примесью органических остатков и щебнисто-дресвяными грунтами с суглинистым и песчаным заполнителем.

3. Стратиграфо-генетический комплекс техногенно-морских отложений современного звена.

К этому комплексу относятся образования пляжа и низких (4-6 и 7-12м) морских террас. Прослеживаются вдоль всего побережья в виде узкой террасированной поверхности, сильно нарушенной инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Отложения комплекса представлены гравийно-галечниками, разнозернистыми песками, твердыми супесями, среднепластичными суглинками, с примесью органических остатков от 1,5% в гравийно-галечниках до 7% в суглинках.

4. Стратиграфо-генетический комплекс морских отложений нижнечетвертичного-верхнечетвертичного звеньев.

К этому комплексу относятся образования аккумулятивного чехла высоких (80-120 и 150-200 м) морских террас, выделяющихся в виде



отдельных фрагментов пологонаклонной террасированной поверхности, обрывающейся в сторону моря высоким абразионным уступом.

Литологический состав комплекса представлен в основном супесями (от пластичных до твердых), суглинками (от твердых до текучепластичных), реже песками и гравийно-галечниками. Максимальная вскрытая мощность 5-7 м.

5. Стратиграфо-генетический комплекс преимущественно песчаных пород неогена.

Распространен в районе мыса Лопатина (между Невельском и Горнозаводском). Представлен слабопрочными мелкозернистыми песчаниками и алевролитами с прослоями и линзами крепких мелкозернистых песчаников, мелкогалечных конгломератов и лигнитов.

6. Стратиграфо-генетический комплекс олигоцен-миоценовых отложений холмской, невельской, верхнедуйской и курасийской свит.

Отложения имеют большое распространение в пределах исследуемой территории и занимают до 70% всей ее площади. В состав комплекса входят туфоалевролиты средней прочности, алевролиты, прослои туфопесчаников, малопрочные туфоаргиллиты и аргиллиты средней прочности, гравелиты, конгломераты. Мощность отложений - более 2000 м.

По степени выветрелости породы комплекса в верхней части относятся к выветрелым. В результате выветривания на породах комплекса формируются крупнообломочные (щебнисто-дресвяные) грунты с супесчаным и суглинистым заполнителем, супеси, суглинки, реже пески с дресвой и щебнем подстилающих пород. Мощность коры выветривания изменяется от 0,5 до 3,0 м.

## 2.3. Факторы активизации лавинообразования

### 2.3.1 Геологические факторы лавинообразования

Лавина – это масса снега, сошедшая или соскальзывающая с крутых склонов гор, обладающая мощной разрушительной силой.

Участок склона и долины, т.е. где зарождается, движется и останавливается лавина, называют лавиносбором (рис.2.1). В лавиносборах обычно можно выделить три зоны, это:

- зона зарождения;
- зона транзита (путь движения);
- зона отложения (выброса) лавинного потока.

Границы между этими зонами условные. Так, зона отложения конкретной лавины может стать зоной транзита для более мощной лавины.



Рис. 2.1 Схема лавиносбора

Зона зарождения лавин (лавинный очаг) расположена в верхней части лавиносбора и представляет собой участок горного склона, где накапливается масса снега, которая может потерять устойчивость и образовать лавину.

Зачастую, это чашеобразное углубление в привершинной части гор, типа денудационной воронки или расширенной части эрозионного вреза. Однако лавины могут образовываться и на ровных склонах.

Зоны зарождения лавин обычно приурочены к выглаженным склонам крутизной более  $30^\circ$ , но также могут зарождаться и на более пологих склонах. Лавины могут возникать и на поросших лесом склонах. На процесс лавинообразования помимо крутизны и характера поверхности склона определяющее влияние оказывает количество и состояние снега.

Путь движения лавины может быть канализованным в четко выраженном ложе или русле (лавинном лотке), но может располагаться и на относительно ровном склоне между зонами зарождения и отложения лавины. Длина зон транзита у канализованных лавин больше, чем у неканализованных.

Лавинный путь может иметь несколько ветвей, когда в главный канал впадают боковые каналы, каждый из которых начинается в отдельной зоне зарождения лавин. При прохождении слабоканализованных лавин через заросший лесом склон в направлении их движения возникают полосы, лишенные древесной растительности — лавинные прочесы.

Зона отложения канализованных лавин часто имеет конусообразный вид (конус выноса лавины). В месте, где лавинный поток выходит на выполаживающийся склон, скорость движения потока вследствие увеличения сил сопротивления замедляется, поток расширяется и происходит частичное отложение снега.

У неканализованных лавин зона отложения находится у подножия или на пологом склоне в нижней части лавиносбора.

Причинами схода снежных лавин являются:

- длительный снегопад;
- интенсивное таяние снега;

- землетрясения;
- взрывы;
- другие колебания воздушной среды (сильный шум).

К геологическим факторам лавинообразования следует отнести - устойчивость горных пород к агентам выветривания в сочетании с характеристикой генезиса и возраста пород.

Это позволяет оценить: степень расчлененности склонов, а также рассчитать такие характеристики лавиносборов, как:

- преобладающий морфологический тип;
- средняя площадь лавиносбора;
- густота сети лавиносборов.

Такие характеристики горных пород, как балл устойчивости, коэффициент крепости пород и сопротивление раздавливаемости, позволяют оценить скорость их выветривания, что, в свою очередь, помогает оценить скорость и характер процессов эрозии и денудации.

Например, на побережье Татарского пролива между г. Горнозаводск и г. Невельск крутые (40-45°) склоны, сложенные песчаниками и алевролитами Невельской свиты (балл устойчивости - III, коэффициент крепости пород – 2-3, сопротивление раздавливаемости – 200-500 кг/см<sup>2</sup>) расчленены густой сетью, заложенных по эрозионным врезам площадью 0,1 – 0,3 га, в которых формируются лавины сравнительно небольшого объема (0,1 – 1,0 тыс. м<sup>3</sup>). Большая крутизна склонов в зонах отрыва лавин не позволяет накапливаться снежному покрову достаточной толщины, благодаря чему объемы лавин здесь ограничены.

В г. Невельск с аналогичными геоморфологическими характеристиками средняя площадь лавиносборов составляет 0,5-1,0 га. Преобладающий морфологический тип лавиносбора – лоток. Лавиносборы заложены по оползневым циркам. Склоны в зонах отрыва лавин менее крутые, чем на предыдущем участке (30-35°), благодаря чему в снежные зимы толщина снежного покрова достаточно велика, а значение

коэффициента перекристаллизации снежной толщи может достигать 0,9. По этим причинам средние объемы лавин здесь составляют около 1,0 тысячи м<sup>3</sup>, максимальные - достигают 3,0 тыс. м<sup>3</sup>.

Причина такого различия заключается в том, что в районе г. Невельска лавиносборы формируются на склонах, сложенных породами, менее устойчивыми к процессам выветривания - алевролитами и аргиллитами (балл устойчивости - III, коэффициент крепости пород - 2-3, сопротивление раздавливаемости - 100-200 кг/см<sup>2</sup>), более подверженными воздействию эрозионных процессов.

### **2.3.2 Гидрометеорологические и геоморфологические факторы лавинообразования**

Гидрометеорологические факторы лавинообразования являются вторичными, включающими триггерный механизм лавинного процесса. К ним относятся:

1. тип и сумма осадков;
2. скорость и направление ветра;
3. температура воздуха;
4. продолжительность солнечного сияния.

1. Тип осадков влияет на увеличение нагрузки на снежную толщу, что способствует сходу лавин. Различие между снегопадом и дождем заключается в том, что свежий снег может усилить прочность снежной массы «связывая» ее, однако ливень увеличивает вес, не добавляя прочности слоев. Что касается именно количества осадков достаточного для возникновения неустойчивости и последующего схода лавин, то однозначного ответа нет.

2. Скорость ветра, необходимая для переноса снега, зависит частично от типа снежной поверхности. Например, 20 см рыхлого и сухого свежевывавшего снега под влиянием ветра скоростью 10-15 м/с могут сформировать неустойчивый снежный покров за пару часов. Старая снежная доска из уплотненного ветром снега относительно устойчива и сходит редко, за исключением случаев воздействия на неё внешних факторов. Что свойственно направлению ветра, оно имеет большое значение, так как определяет, на каких склонах накапливается снег. Например, сильные юго-восточные ветры будут загружать северный и западный склоны. Ветровой перенос осуществляется обычно двумя способами. Загрузка верхней части склонов происходит тогда, когда ветер задувает через вершину гребня и снег оседает сразу за гребнем. Обычно чем сильнее ветер, тем ниже по склону накапливается снег. Накопление снега на боковых склонах происходит когда ветер дует поперек склона, перенося снег слева направо (или наоборот) на подветренный склон хребтов или гребней, разделяющих склоны.

3. Изменение температуры снега может значительно влиять на его устойчивость. Эти изменения, в свою очередь, связаны в основном с изменением температуры воздуха, солнечной радиации (непосредственно полученной от солнца) и отраженной радиации (от земной поверхности в атмосферу). Температура воздуха передаётся снежной толще путем проводимости (от зерна к зерну) и путем конвекции (от свободного потока воздуха). Посредством такого энергообмена поверхность снега может быть значительно согрета или охлаждена, в зависимости от того, какой процесс преобладает. От термического режима зависит сцепление слоев.

4. Интенсивность солнечной радиации, падающей на земную поверхность, зависит от широты, времени дня и сезона, экспозиции склона и облачности. Хотя лишь небольшое количество тепловой энергии поглощается снежной поверхностью, возможно значительное ее нагревание.

Важнейшим фактором лавинообразования на Сахалине являются метели.

В зимний период над Сахалинской областью и акваториями Охотского и Японского моря создаются благоприятные условия для развития циклонической деятельности, что обеспечивает обилие длительных снегопадов и метелей (рис. 2.2).

Благодаря интенсивной циклонической деятельности Сахалин характеризуется большим количеством осадков. Годовая сумма осадков увеличивается с севера на юг. На холодный период года приходится 20-35% осадков; на юге острова за зиму в среднем выпадает 200-400 мм, на севере - 170-200 мм осадков. В зимнее время осадки имеют обычно небольшую интенсивность.

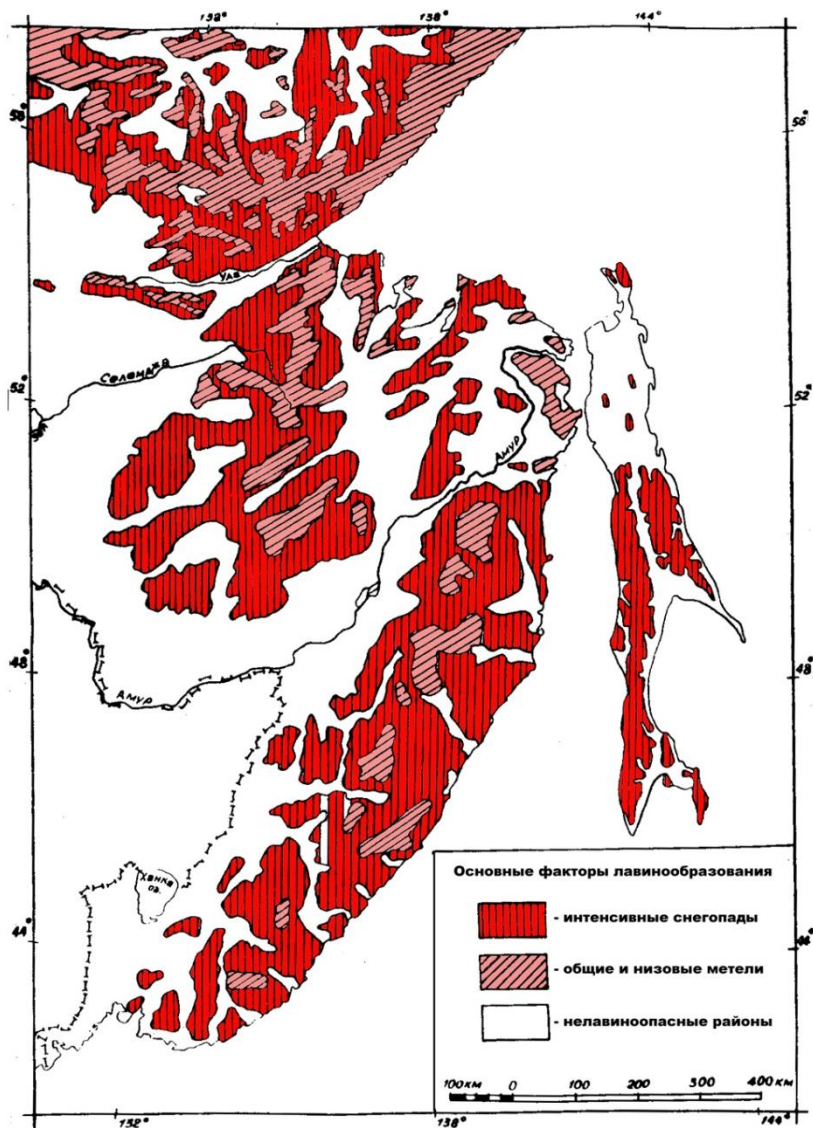


Рис. 2.2 Интенсивность снегопадов

На рис.2.2 показано, что интенсивность снегопадов на острове Сахалин распределилась в основном в юго-западной, западной и отчасти в восточной части острова. Однако, северная часть Сахалина нелавиноопасна.

Лавины свежевыпавшего снега на Сахалине – очень редкое явление. Наиболее метелевый период длится с ноября по апрель, при средней продолжительности метели более 10 ч, а иногда и несколько суток. За счет метелевого перераспределения снега при преобладании северных ветров условия повышенной лавинной опасности создаются на склонах южной экспозиции.



Снежный покров имеет длительный период залегания и составляет от 5-5,5 месяцев на юге и до 6,5-7 месяцев на севере острова. В среднем устойчивый снежный покров образуется в первой декаде ноября в северной и центральной частях Сахалина, во второй декаде ноября на побережьях центральной части и на большей территории юга, в последней пятидневке ноября на крайнем юге. Наиболее быстрый рост высоты снежного покрова происходит с ноября по январь. Уже в первой половине декабря в горах высота снежного покрова повсеместно достигает или превышает 70 см, т. е. устанавливается период лавинной опасности. Максимальных значений (в среднем 100-150 см) высота снежного покрова достигает во второй-третьей декадах марта.

Характер метаморфизма снежного покрова на морских берегах о. Сахалин обусловлен сочетанием относительно небольшой высоты снежного покрова, повышенной влажности воздуха и более высокими температурами, чем во внутренней части острова. Сочетание этих факторов приводит к увеличению скорости сублимационной перекристаллизации снега.

В результате перекристаллизации снежная толща к началу января становится неустойчивой, что обусловлено формированием в ней лавиноопасных слоев, в связи, с чем к сходу лавин больших объемов может привести даже незначительное воздействие на склон, например, снегопад, метель, движение человека по склону или техники по автодороге у подножия склона.

В начале марта, в результате деструктивного метаморфизма снежный покров становится более устойчив, и вероятность схода лавин максимальных объемов уменьшается.

Для Сахалина характерно проявление лавинной деятельности на склонах морских террас, которые здесь распространены повсеместно, за исключением северной части острова.

Ровные поверхности морских террас, лишенные древесной и кустарниковой растительности, способствуют активному метелевому снегопереносу и образованию в верхней части подветренных склонов снежных карнизов, толщина которых достигает 7-9 м.

Лавиноопасные морские террасы широко распространены на о. Сахалин и занимают более 45% протяженности берегов.

Выделяется три района относящиеся к зоне высокой лавинной опасности.

Первый район характеризует Восточно-Сахалинские горы. Водораздельные отметки достигают 1300-1500 м. Глубина расчленения составляет 500-800 м. Характерным является преобладание крутых ( $30-50^\circ$ ) склонов с эрозионной и денудационной обработкой. Лавиносборы представлены преимущественно денудационными воронками и небольшими эрозионными врезами. Осовы (менее 5%) сходят с невысоких (до 50-100 м) ровных склонов. Пути лавин из разных зон зарождения часто сливаются. Длина общей зоны отложения таких систем достигает 1,5-2,5 км.

Особенностью склонов, вдоль которых идет дорога, является высокая залесенность (85-95%). Однако выше 600-700 м, т. е. в зонах зарождения лавин, склоны покрыты березовым лесом с подлеском из кедрового стланика. Эта растительность в летнее время почти полностью маскирует лавиносборы. Зимой 3-5-метровые кусты кедрового стланика укладываются вниз по склону под тяжестью снега, березы же не могут закрепить снег, поскольку расстояние между деревьями составляет 5-10 м.

Ежегодно вдоль этого участка автодороги отмечается от 174 до 352 лавин, или 0,6-1,3 в среднем на один очаг. Один раз за 2-3 сезона лавины отмечаются почти во всех лавиносборах сразу. Преобладающим генетическим типом (около 3/4) являются метелевые лавины. Они формируются в декабре-марте во время снегопадов, сопровождающихся сильным ветром. Такие лавины достигают наибольших размеров - 300 тыс. м<sup>3</sup>

и перекрывают дорогу многочисленными снежными завалами толщиной до 10-12 м. В многоснежные зимы вероятен сход лавин объемом до 1 млн. м<sup>3</sup>.

В малоснежные зимы при антициклональном типе погоды изредка возможны лавины вследствие перекристаллизации снега. Лавины мокрого снега формируются преимущественно в солнечные дни в апреле – мае. Объемы их редко превышают 10 тыс. м<sup>3</sup>.

Более подробно изучен лавинный режим второго района на примере Мицульского хребта, расположенного в крайней юго-восточной части Западно-Сахалинских гор. Здесь в зоне исследований снеголавинных станций Сахалин и Перевал находятся, в частности, железнодорожная магистраль Южно-Сахалинск-Ожидаево и территория санатория "Сахалин". Главный водораздел Мицульского хребта на участке пересечения железной дороги ориентирован на северо-северо-запад, а отроги, прорезаемые многочисленными водотоками, большей частью вытянуты в широтном направлении. Поэтому 84% лавиносборов относятся к склонам южной четверти горизонта. Высота водораздела около 650- 680 м над уровнем моря.

Гребни хребтов узкие, склоны крутые 30-45°. Относительная высота падения лавин небольшая в среднем 50-200 и не более 500 м. Залесенность территории сравнительно невелика, менее 25%. Причем повсеместно лес отсутствует на склонах южных экспозиций, где направления ветров во время зимних метелей и солнечная радиация весной наиболее благоприятны для лавинообразования.

Постепенная активизация лавин началась с вырубкой леса и лесных пожаров, продолжающаяся и в настоящее время. В зонах отрыва лавины не только уничтожают подросток исключая естественное восстановление леса, но и постепенно расширяют безлесное пространство. Крупные лавиносборы площадью от 1 до 10-30 га относятся к типу денудационных воронок. Мелкие лавиносборы относятся к типам эрозионных врезов и ровных склонов, на которых наблюдаются осовы. Большинство склонов здесь хорошо задернованы, покрыты плотным разнотравьем и курильским бамбуком.

Поэтому в отличие от Восточно-Сахалинских гор, где для схода первых лавин необходима высота слоя снега до 1,0- 1,5 м, в лавиноборках Мицульского хребта первые лавины отмечаются уже при высоте снега 50-70 см.

Сход лавин в основном приурочен к снегопадам и метелям. Доля метелевых лавин составляет 61% общего числа.

В целом же на Мицульском хребте лавинная активность наиболее высока с января по март; за этот период сходит до 75% лавин. Отдельные лавины отмечаются также в ноябре и мае. Максимальный объем лавин достигает 100-150 тыс. м<sup>3</sup>. Особо крупные лавины наблюдаются примерно один раз в 10 лет. До 70% лавин имеют объем менее 1 тыс. м<sup>3</sup> и лишь 10% - более 10 тыс. м<sup>3</sup>.

Для Сахалина характерна высокая лавинная опасность крутых склонов морских террас. На юго-западном побережье острова объем лавин не превышает 10 тыс. м<sup>3</sup>, однако в зоне их действия расположены транспортные магистрали, проходят линии электропередач и связи, проживает большинство населения. Лавинная угроза здесь явление постоянное: лавина объемом 10-20 м<sup>3</sup> опасна для человека, объемом 300-500 м<sup>3</sup> опрокидывает грузовые автомашины, а снежная масса объемом 1 тыс. м<sup>3</sup>, обрушившаяся со склона высотой лишь 40 м, сдвигает с рельсов 40-тонный тепловоз.

Лавиноопасная территория простирается на 60 км; лавиноопасная полоса здесь разрывается только устьевыми участками рек. Склоны морской террасы крутые (40-50°). Древесная и кустарниковая растительность, способная закрепить снежные массы, на поверхности террасы почти полностью отсутствует. Сеть лавиноборков на склоне террасы исключительно велика. Местами насчитывается до 25-28 лавиноборков на 1 км побережья. Они относятся к типам мелких эрозионных врезок, плоских склонов и реже денудационных воронок с площадью снегосборов менее 0,1-0,2 га. Поверхность лавиноборков покрыта разнотравьем и бамбуком. Часто встречаются мелкообломочные осыпи.

По сравнению с остальной территорией Сахалина юго-западное побережье острова обладает наиболее мягким климатом. Поэтому лавинный сезон непродолжителен. Повторяемость лавин из сухого и мокрого снега примерно одинакова. Лавины из перекристаллизованного снега составляют менее 2%. Массовый сход лавин, который отмечается один раз в 3-5 лет, связан преимущественно с сильными метелями.

Всего в опасных районах проживает около 35 % населения острова. Однако в городах максимальная дальность выброса лавин обычно не превышает 250 м, а объемы не превосходят 3,0 тыс/м<sup>3</sup>. Но расположение зданий, транспортных магистралей и объектов инфраструктуры непосредственно под уступами рельефа делает даже малые лавины разрушительными явлениями.

## 2.4 Факторы активизации селеобразования

### 2.4.1 Геологические факторы селеобразования

Селевой поток, сель – это стремительный русловой поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород. Селевой поток характеризуется резким подъемом уровня воды, пульсационным (волновым) движением, кратковременностью действия (как правило, 1–3 часа), значительным эрозионно–аккумулятивным эффектом. Скорость селевого потока составляет в большинстве случаев 2–10 м/с. Селевые потоки – сложные явления, возникновение и формирование которых определяется суммой факторов как природного, так и антропогенного характера. Факторами природного характера являются геологические, гидрометеорологические и геоморфологические.

Условие геологического фактора образования селя это наличие большого количества рыхлообломочного материала. Самыми благоприятными породами для образования селевого потока являются алевролиты и песчаники, это неустойчивые породы и они хорошо поддаются разрушению.

Причина разрушения горных пород заключается в резких внутрисуточных колебаниях температуры воздуха. Это приводит к возникновению многочисленных трещин в породе и впоследствии к ее дроблению. Усугубляет процесс попеременное замерзание-оттаивание воды, попавшей в трещины, то есть замерзшая вода, расширяясь в объеме, создает большое давление на стенки разлома.

Кроме того, горные породы разрушаются за счет химического выветривания (растворение и окисление минеральных частиц внутрипочвенными и грунтовыми водами), а также за счет органического выветривания под воздействием микро - и макроорганизмов.

Геологический фактор определяет вещественный состав и реологический тип селей.

Что касается состава горных пород, то при анализе связи «горные породы – селевые процессы» целесообразно использовать подразделение пород на группы, принятое в инженерной геологии, поскольку главным критерием здесь служат свойства пород по отношению к атмосферным воздействиям.

В целом магматические горные породы наименее благоприятны для формирования твердой составляющей селей, осадочные сцементированные – более благоприятны и осадочные несцементированные (рыхлые) – самые благоприятные.

Ускоренным выветриванием отличаются флиши – породы, сложенные тонкими слоями песчаника, алевролита, аргиллита. Глинистые сланцы дают при выветривании высокий процент глинистых фракций, что обеспечивает образование грязекаменных потоков связного типа.

Огромная роль в формировании селей принадлежит рыхлым четвертичным отложениям разного генезиса. В большинстве случаев именно эти породы обеспечивают твердую составляющую селей современного периода. В легко выветривающихся или размываемых горных породах селевые потоки формируются чаще. Вещественный состав селевых потоков полностью определяется составом горных пород в очагах зарождения и твердого питания селей

Структурно-реологическая модель движения селя делится на два типа:

- Несвязный – это когда вода находится в свободном состоянии и является трансформирующей средой для твердой составляющей селя, в последней преобладает грубообломочный материал, а участие пылевато-глинистых фракций незначительно.
- Связный - в твердой составляющей значительную долю (более 12 %) занимают пылевато-глинистые фракции.

По гранулометрическому составу твердой составляющей селя существует три разновидности:

- водокаменные (смесь воды с преимущественно крупными камнями);
- грязевые (смесь воды с мелкоземом при небольшой концентрации камней);
- грязекаменные (смесь воды, гальки, гравия, небольших камней).

Вся площадь зарождения и воздействия селя называется селевым бассейном (рис.2.3). Поток имеет зону формирования, транспортировки и зону аккумуляции вещества, каждая из которых обладает определенными свойствами.

1. зона формирования (питание селей водной и твердой составляющей);
2. зона транспортировки (движение селевого потока);
3. зона аккумуляции вещества (массовое отложение селевых выносов).



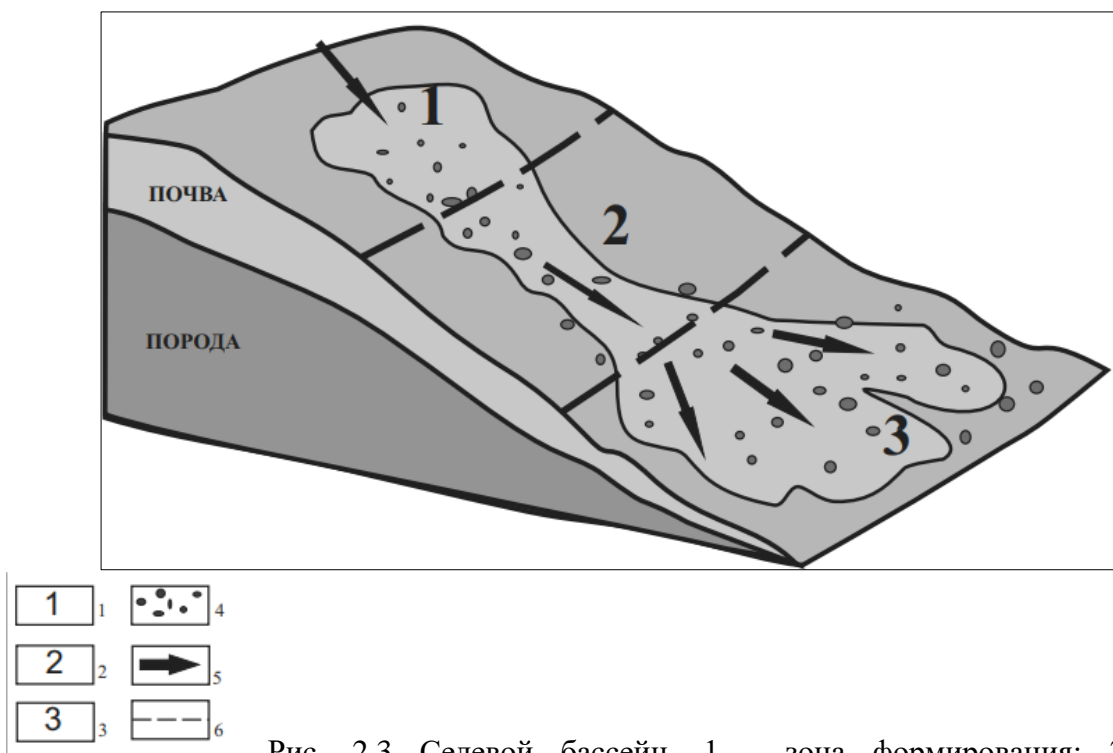


Рис. 2.3 Селевой бассейн. 1 - зона формирования; 2 - зона транспортировки; 3 - зона аккумуляции вещества; 4 - обломочный материал; 5 - направление движения селя; 6 - границы зон

Помимо природных факторов, к возникновению селевых потоков часто приводят и антропогенные, например, такие как:

- вырубка лесов, проводимая на склонах;
- взрывные работы;
- разработка карьеров;
- массовое строительство.

Среди крупных населенных пунктов Сахалина этим проявлениям в наибольшей степени подвержены Невельск (90 % площади городской застройки), Макаров (88 % площади), Холмск (61 % площади).

Более 300 тыс. человек живут на Сахалине в селеопасных областях. На территории городов, как правило, формируются склоновые грязевые и грязекаменные сели небольших объемов. За пределами населенных пунктов сели образуются в долинах водотоков.

Также характерной особенностью Сахалина является наложение зон воздействия склоновых процессов друг на друга: нередко лавины и сели

характерны для одних и тех же нестабильных участков, а в движение неустойчивые массы приводит комбинация из геологических и гидрометеорологических факторов. Режим осадков и температур определяет как условия вовлечения горных пород в процесс, так и скорость их выветривания.

## 2.4.2 Гидрометеорологические факторы селеобразования

Гидрометеорологический фактор является одним из ведущих факторов, которые обуславливают активизацию опасных экзогенных геологических процессов.

Особенность этого фактора заключается в зональности селевых явлений, режим селей (продолжительность селеопасного периода).

То есть фактор напрямую связан с ливневыми дождями, снежным покровом, современное горное оледенение, многолетняя мерзлота грунта.

подавляющая часть селей, в том числе и на Сахалине образуется вследствие ливней или после продолжительных дождей.

Ливень - это сильный дождь выше определенного предела, с учетом его продолжительности.

Жидкие осадки как решающий фактор формирования паводков и дождевых селей подразделяются на три типа, в которых учитываются различия в интенсивности, продолжительности и площади орошения: ливни, ливневые дожди, обложные дожди.

Ливни – короткие и интенсивные дожди продолжительностью не более 2–4 часов со средней интенсивностью не менее 10–20 мм/ч; орошают одновременно небольшие территории площадью до десятков-сотен квадратных километров; за 2–4 часа выпадает до 100–150 мм осадков.

Ливневые дожди – длительные и интенсивные дожди продолжительностью от нескольких часов до нескольких суток и средней интенсивностью не менее 2–10 мм/ч; орошают одновременно обширные пространства – от десятков тысяч до сотен тысяч квадратных километров; дают за несколько суток до 150–300 мм осадков.

Обложные дожди – длительные и малоинтенсивные дожди продолжительностью от нескольких часов до нескольких суток с равномерной интенсивностью менее 2 мм/ч; орошают большие площади –

десятки и сотни тысяч квадратных километров. При выпадении дождей часть осадков задерживается кронами деревьев и кустарников, часть уходит на впитывание (инфильтрацию) в почву и грунт, а оставшаяся формирует поверхностный сток. Наиболее благоприятные условия для стока создаются на склонах, сложенных выходами скальных, глинистых и суглинистых пород. Быстрый сброс воды со склонов в русло обеспечивает возрастание расходов в десятки и сотни раз, что ведет к глубинному и боковому размыву русла и трансформации водного паводка в селевой поток.

Благоприятные условия для формирования дождевых селей создают осадки предшествующего периода, поскольку переувлажненные грунты увеличивают поверхностный, легче размываются и оползают.

Массовый сход селей часто также связан с длительным периодом предшествующего увлажнения, завершившимся небольшим ливнем.

Снежный покров. Таяние снежного покрова само по себе не порождает сколько-нибудь значительных грязекаменных селей, поскольку интенсивность снеготаяния недостаточна для того, чтобы в русле водотока сформировался селеформирующий расход. Интенсивность снеготаяния составляет несколько мм в час, тогда как интенсивность дождя – несколько мм в минуту; поэтому на малых водотоках дождевые паводки превосходят наивысший расход воды весеннего половодья.

Роль снежного покрова в селевом процессе проявляется в трех главных формах: а) участии талых вод в формировании массового схода селей при наложении значительных жидких осадков на период активного снеготаяния; б) формировании специфических снежниковых селей; в) формировании водоснежных потоков.

Водоснежные потоки – особый тип селеподобных потоков, состоящих из смеси комков и зерен снега с водой. Снежный покров обеспечивает и жидкую и твердую составляющие потока. Они формируются в период снеготаяния, при оттепелях с резким подъемом температуры воздуха.

Водоснежные потоки широко распространены в горных районах всей субарктической климатической зоны Земли.

Наиболее важными среди гидрометеорологических факторов селеобразования являются интенсивность, режим осадков и температуры, определяющие как условия вовлечения в селевой процесс горных пород, так и скорость выветривания, чем и определяется скорость формирования потенциальных селевых массивов накопления.

Количество и интенсивность выпадения атмосферных осадков – наиболее весомые метеорологические характеристики, оказывающие определяющее влияние на характер селевых процессов и интенсивность их проявления.

А также большое количество осадков при их высокой интенсивности обуславливает высокую степень активности экзогенных геологических процессов, как в теплый, так и в холодный период года.

Климат острова влажный, муссонный. Можно выделить две группы селеопасных районов острова – прибрежной зоны и собственно горных хребтов. Участки прибрежной зоны наиболее активны в селевом отношении и характеризуются средней степенью селевой опасности.

В пределах горных хребтов селевые явления редки; степень селевой опасности здесь слабая или потенциальная.

Селевые потоки прибрежной зоны формируются в коротких оврагообразных долинах, расчленяющих высокие морские террасы и реже – в более длинных (3–6 км), верховья которых лежат на склонах прибрежных хребтов. Генезис подавляющей части селей на территории всего острова – дождевой. Считается, что формированию селей в южной половине острова способствовало сведение лесов.

Величина селеформирующих осадков составляет около 60 мм в начале лета и около 80 мм – во второй половине лета. Обильные осадки связаны с прохождением глубоких циклонов. Селеопасный период продолжится с июня по октябрь, период наибольшей опасности приходится на август-сентябрь.

### **2.3.1. Геоморфологические факторы селеобразования**

Влияние особенностей рельефа на селевой процесс многосторонне. Можно выделить следующие характеристики рельефа, через которые это влияние реализуется: абсолютная высота, глубина и густота расчленения.

С ростом абсолютной высоты гор растет крутизна склонов и скорость денудации. На более крутых склонах возрастает движущая сила водных потоков и, соответственно, их размывающая способность. Рост скорости разрушения горных пород с высотой обеспечивает более высокий уровень подготовки твердой составляющей селей. С увеличением высоты гор увеличивается и средний уклон постоянных и временных водотоков, что создает более благоприятные условия для формирования селей.

Говоря о положительном воздействии абсолютной высоты гор на ход селевых процессов, следует помнить, что высоко поднятые, но слабо расчлененные блоки земной коры (Восточный Памир, Тибет и др.) подобного эффекта не дают.

Глубина и густота расчленения определяют энергию рельефа, т. е., потенциальную интенсивность рельефообразующих процессов, включая селевые.

Таким образом, чем выше значение глубины и густоты расчленения, тем благоприятнее условия для развития селей. С ростом густоты расчленения гор возрастает площадь склонов – потенциальных очагов твердого питания селей, и уменьшается средняя площадь речных водосборов. Последнее обстоятельство благоприятно для зарождения дождевых селей, т. к. сближает значения площадей водосборов с площадью одновременного орошения ливнем.

Геоморфологические факторы также определяют такие параметры, как скорость, расход селевого потока, гидростатическое и гидродинамическое давление селевого потока на препятствие. Среди этих факторов важное значение имеют расчлененность рельефа, крутизна склонов водосборов селевых бассейнов и селевых русел.

Например на Сахалине, в Невельском районе абсолютные высоты морских террас – 0–200 м, глубина расчленения рельефа – 20–200 м, что в сочетании с большими уклонами ( $35\text{--}45^\circ$ ), большим количеством осадков и особенностями геологического строения территории создает благоприятные условия для активного развития селевых процессов.

### **3. Специальная часть**



## **Селевые процессы на территории Невельского района Сахалинской области**

Целью проводимых исследований было изучение селевых процессов на территории Невельского района. Для достижения данной цели были установлены следующие задачи:

- 1) Определить факторы селеобразования в Невельском районе.
- 2) Изучить характеристику селевых потоков, отложений селевой режим Невельского района, а также ущерб, причиняемый селевыми потоками.
- 3) Рассмотреть сооружения для противоселевой защиты.

### **3.1. Особенности геологических факторов селеобразования на территории Невельского района**

Геологический фактор является одним из ведущих факторов активизации селевых процессов. При данном факторе обязательно наличие на склонах селевого бассейна достаточного количества легко перемещаемых продуктов разрушения горных пород таких как: песок, гравий, галька, небольшие камни.

Селеобразующие породы на территории г. Невельска представлены в основном стратиграфо-генетическим комплексом олигоцен-миоценовых отложений холмской, невельской, верхнедуйской и курасийской свит и состоят из туфоалевролитов средней прочности, алевролиты, прослоев туфопесчаников, малопрочных туфоаргиллитов и аргиллитов средней прочности, гравелитов, конгломератов.

По степени выветрелости породы комплекса в верхней части относятся к выветрелым. В результате выветривания на породах комплекса формируются крупнообломочные (щебнисто-дресвяные) грунты с супесчаным и суглинистым заполнителем: супеси, суглинки, реже пески с дресвой и щебнем подстилающих пород. Мощность коры выветривания составляет от 0,5 до 3 м.

Низкая проницаемость, небольшое удельное сцепление, хорошая размокаемость и размываемость пород способствует активному их вовлечению в селевые процессы и образованию связных селевых потоков.

### **3.2. Особенности гидрометеорологических и геоморфологических факторов селеобразования на территории Невельского района**

Гидрометеорологический фактор также является важным фактором, обуславливающим активизацию селевых процессов. Этот фактор характеризуется наличием значительного объема воды для смыва и перемещения по руслам и склонам рыхлообломочного материала.

Невельский район относится к юго-западному району Южно-Сахалинской климатической области, где по сравнению с другими областями острова зимой ослабевает влияние северо-западного муссона и усиливается циклоническая деятельность, а во вторую половину лета выпадает большое количество осадков. По сравнению с другими районами Сахалина побережье Невельского района испытывает наиболее сильное влияние ветви теплого Цусимского течения и поэтому здесь самая теплая в пределах острова зима и самое теплое лето.

Нужно заметить, что на территории Невельского района основное происхождение водной составляющей селей - дождевой. В селевых комплексах, сформировавшихся на склонах морских террас, формируются жидкие грязевые потоки, происхождение водной составляющей которых – смешанное или же снеготаяние.

В первую половину лета над Охотским морем и прилегающими районами преобладает антициклональный тип циркуляции воздушных масс, и поэтому начало лета в Невельском районе, как и на всей территории Сахалина, пасмурное, прохладное и дождливое, но интенсивность дождей слабая и количество осадков невелико.

В теплую вторую половину лета и в начале осени осадков выпадает больше, чем в холодную первую половину теплого периода.

Селеобразующая сумма осадков в Невельском районе составляет 50-70 мм (в зависимости от степени предшествующего увлажнения пород потенциальных селевых массивов) при интенсивности осадков 30-50 мм/сут.

Такое количество осадков при их высокой интенсивности обуславливает высокую степень активности селевых процессов.

Активное формирование склоновых селевых потоков (потенциальный селевой массив обводнения) имеет два пика: конец мая – начале июня (при выпадении менее 20 мм жидких осадков за сутки) и август - сентябрь (селеобразующая сумма осадков более 50 мм/сут).

Температурный режим. Зимние атмосферные процессы относятся к периоду с ноября по март. В начале третьей декады ноября происходит переход среднесуточной температуры через 0°С в сторону ее отрицательных значений. Самым холодным месяцем является январь, когда среднемесячная температура воздуха опускается в Невельске до -8,6°С. На фоне устойчивых отрицательных температур ежегодно наблюдаются оттепели, с температурой повышения до 6-8 °С тепла.

В начале апреля происходит переход среднесуточной температуры воздуха через 0°С в сторону ее положительных значений, но дальнейшее повышение температуры воздуха идет очень медленно, наблюдаются частые возвраты холодов.

Самым теплым месяцем является август, когда среднемесячная температура воздуха составляет 20,9°С, а максимальная достигает 30°С.

В связи с тем, что в зимний период температурный режим не стабилен, происходит разрушение горных пород, то есть образуются многочисленные трещины, приводящие впоследствии к дроблению, что в свою очередь приводит к интенсивному формированию рыхлообломочного материала.

Особенностью геоморфологического фактора является то, что решающим условием в процессе образования селя является именно крутизна склонов, а не высота гор. Считается, чем больше крутизна склона, тем чаще образуется селя. Крутизна склонов для территории Невельского района достигает 35-45° (рис.4).

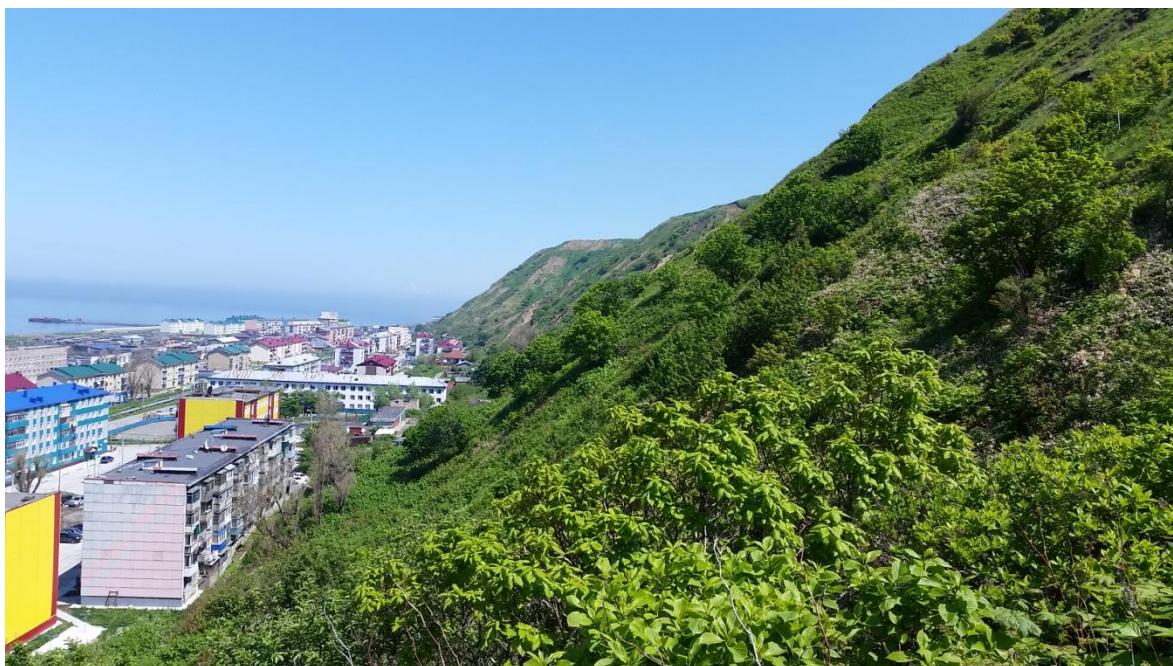


Рис 3.1 Крутизна склонов в г. Невельске

Территория Невельского района расположена на западных склонах Южно-Прибрежной цепи, которая является западными отрогами Южно-Камышевого хребта, входящего в систему Западно-Сахалинских гор. Морское побережье на всем протяжении террасировано. Горы и террасы расчленены корытообразными и V-образными долинами многочисленных рек и ручьев. И поэтому рельеф Невельского района низкогорный и холмистый с небольшими равнинными участками.

Низкогорный рельеф Южно-Прибрежной цепи с абсолютными отметками до 500 м представлен резкорасчлененными горами с гребневидными крутосклонными грядами и узкими, глубоковрезанными долинами. Глубина эрозионного расчленения (относительная высота) нередко превышает 200 м, а крутизна склонов достигает  $45^\circ$  (Рис. 1).

Холмистый рельеф приурочен к площади распространения морских террас среднего и высокого уровней с абсолютными отметками до 200 м. Поверхности террас под углом  $2-8^\circ$  наклонены в сторону моря. Заросшие травой и кустарников абразионные уступы крутые (от  $30^\circ$  до  $60^\circ$ ), часто

осложнены слабовыраженными эрозионными врезами. Крутизна склонов долин рек и ручьев, прорезающих морские террасы, как правило, 30-50°.

Борта речных долин и абразионные уступы морских террас нередко осложнены старыми блоковыми оползнями, что придает склонам ступенчатый характер.

Равнинный рельеф развит на низких морских террасах, а также на речных террасах и преобладает в днищах долин крупных рек. Он характеризуется минимальными уклонами поверхности (1-3°) и небольшой глубиной вреза (до 10 м). Абсолютные отметки до 35-40 м.

Абсолютные высоты морских террас, глубина расчленения рельефа, большие уклоны, что в сочетании с большим количеством осадков и особенностями геологического строения территории создают благоприятные условия для активного развития селевых процессов на данной территории.

### 3.2.1. Характеристика селевых потоков в Невельском районе

Преобладающий структурно-реологический тип селей – связные (грязекаменные и грязевые) (рис.3.2).



Рис. 3.2 Конус выноса грязекаменного селя

Фото Генсиоровского Ю.В.

Твердая составляющая их состоит преимущественно из дресвы, щебня (до 70-75%) и песчано-глинистого материала (до 15-20%). В малом количестве (до 5%) присутствуют небольшие валуны.

Область питания селей обычно совпадает с областью питания транзита и приурочена к нижним и средним течениям водотоков. В верхних течениях, в связи с меньшей интенсивностью проявления склоновых селей, объем накапливающегося материала незначителен.

Значения плотности связных селей (грязевых и грязекаменных) лежат в интервале 1400-1900 кг/м<sup>3</sup>, наносоводных – не более 1100 кг/м<sup>3</sup>.

### 3.2.2. Характеристика селевых отложений в Невельском районе

Разгрузка селевых потоков происходит при их выходе на поверхность низкой морской террасы и надпойменной р. Казачка, к которым приурочена основная площадь городской застройки.

Мощность селевых отложений при этом, как правило, превышает 1 м, а объем селевых отложений может превышать 10 000 м.

Отложения грязекаменных селевых потоков представлены дресвяно-щебнистым материалом с супесчано-суглинистым заполнителем. Максимальный размер обломков в селевых отложениях – 0,7 м. В селевых отложениях много растительных включений, в том числе и стволов деревьев (рис.3.3).



Рис. 3.3 Селевые отложения. Фото Генсиоровский Ю.В.



### **3.2.3. Селевой режим в Невельском районе**

Селеопасный период в Невельском районе длится с апреля по ноябрь.

Повторяемость селей – 1 раз в 2-3 года. 1 раз в 5-7 лет происходит массовое формирование селей.

В первую половину теплого периода, в связи с прохладной погодой и небольшим количеством осадков по причине преобладания Охотоморского циклона, активность селевых процессов на территории Невельского района, слабая. В период (май-июнь) формируются грязевые сели небольшого объема.

Активизация селевых процессов происходит в июле – сентябре происходит при прохождении тайфунов и глубоких циклонов.

В 2002 году происходило массовое формирование селевых потоков на территории г. Невельска, тогда грязекаменные сели небольшого объема прошли по руслам 11 водотоков.

Мощность селевых отложений составляла от 0,8 до 2,0 м, а максимальный объем селевых выносов не превышал 1500 м<sup>3</sup>. Кроме русловых селей в этот период на уступе высокой морской террасы отмечен сход склоновых грязекаменных и грязевых селей малого объема.

### **3.2.4. Ущерб от селевых потоков в Невельском районе**

Основной ущерб от селевых потоков заключается в разрушении автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач (рис. 3.4), а также повреждении жилых домов и разрушении хозяйственных построек (рис. 3.5).



Рис. 3.4 Селевые отложения после схода селевого потока на железнодорожное и автомобильное полотно. Фото Генсировского Ю.В.



Рис. 3.5 Повреждение жилого дома от селевого потока г. Невельск.  
Фото Генсировского Ю.В.

Невельский район относится к районам, где наиболее часто селевые потоки причиняют ущерб. Потому что территории жилых застроек и транспортные магистрали находятся в зонах аккумуляции террасовых селевых комплексов, для которых характерна высокая повторяемость селевых потоков приходится 1 раз в 2-3 года.

### **3.3. Сооружения по противоселевой защите**

В настоящее время существует множество сооружений по противоселевой защите. Защита городских территории и сооружений от селевых потоков является сложной задачей. Она может быть решена лишь при комплексном подходе, т.е. при сочетании как инженерных (активных), так и профилактических мер.

К профилактическим относят меры, предупреждающие формирование селей или ослабляющие их действие в самом начале развития. Перечень профилактических мер:

- прекращение вырубki леса,
- лесонасаждения и посадка кустарников;
- заблаговременные спуски существующих водоемов (моренных и ледниковых озер);
- террасирование горных склонов;
- и другие лесомелиоративные и агротехнические мероприятия.

Для инженерной защиты городских территорий, зданий и сооружений от селевых потоков применяют следующие сооружения:

1. селезадерживающие;
2. селепропускные;
3. селенаправляющие;
4. стабилизирующие.

1. Селезадерживающие сооружения – плотины, котлованы, плотины с отверстиями (служат для задержания массы (рыхлообломочного материала) селевых потоков и пропуска паводкового стока). Селезадерживающие сооружения подразделяются на две группы:

1.1 Глухие селезадерживающие сооружения полностью задерживают селевой поток и образуют селехранилища.

1.2 Сквозные - плотины с отверстиями задерживают крупные камни и пропускают остальную массу, превращая селевой поток в менее опасный водный. Возводят такие конструкции из железобетона. На рис. 3.6 показан пример селезадерживающего сооружения, такого как котлован-наносоуловитель.



Рис. 3.6 Селезадерживающее сооружение – котлован-наносоуловитель

## 2. Селепропускные сооружения

Основными видами селепропускных сооружений являются:

- каналы - для пропуска селевых потоков через населенные пункты, промышленные предприятия и другие объекты, позволяющие в одном уровне с ними пропустить селевой поток через объект или в обход его (рис. 3.7);

- селеспуски - для пропуска селевых потоков через линейные объекты, например, такие как автомобильные и железные дороги, каналы, газопроводы, нефтепроводы и др., над ними или под ними, в зависимости от топографических условий (рис. 3.8).

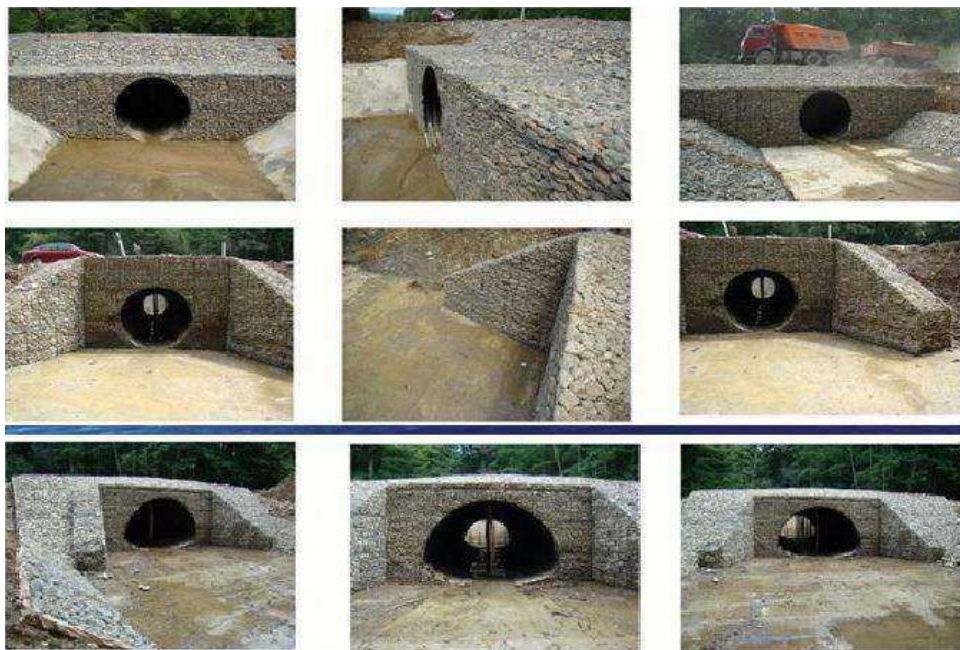


Рис. 3.7 Селепропускное сооружение – канал

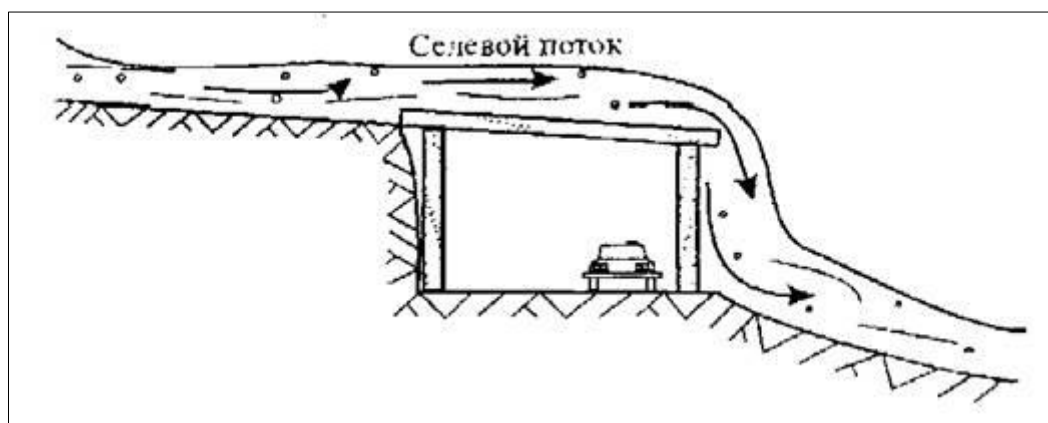


Рис. 3.8 Селепропускное сооружение – селеспуск

3. Селенаправляющие сооружения предусмотрены для направления потока в селепропускные сооружения, отвода селевого потока от защищаемого объекта или предотвращения подмыва защищаемой территории.

Имеется несколько видов селенаправляющих сооружений  
 - селерезы (рис. 3.9);

- канализированное русло селевого потока (рис. 3.10).

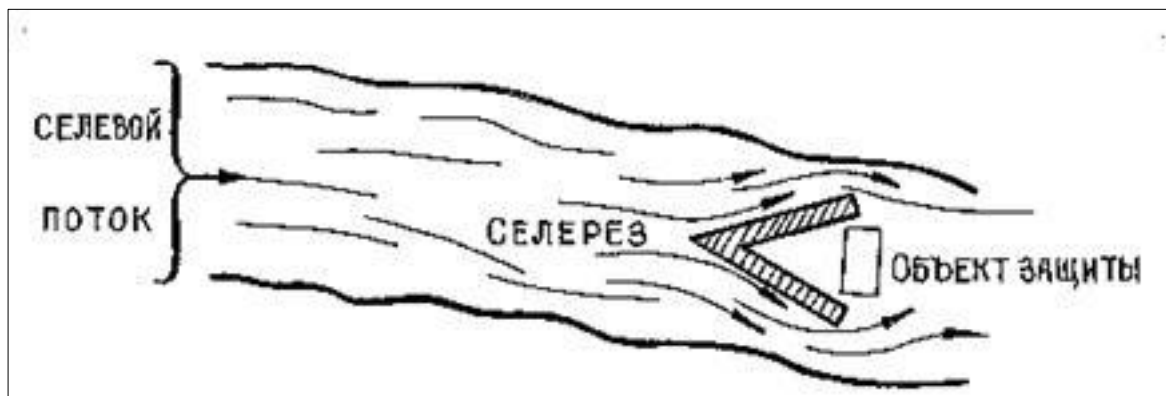


Рис. 3.9 Селенаправляющее сооружение – селерез

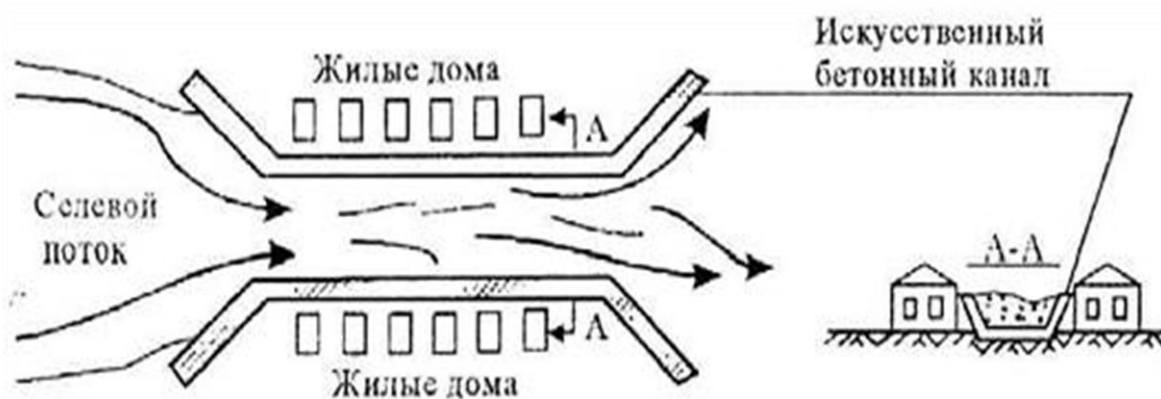


Рис. 3.10 Селенаправляющее сооружение - канализированное русло селевого потока

4. Стабилизирующие сооружения направлены на прекращение движения селевого потока или ослабление его динамических характеристик.

Стабилизирующими сооружениями являются:

- каскады запруд;
- подпорные стены;
- дренажные устройства;

В силу того, что населенные пункты на территории Невельского района расположены в прибрежной зоне на территории с однородными характеристиками геологических, геоморфологических и гидрометеорологических факторов селеобразования, характер проявления селевых процессов на территории населенных пунктов одинаков.

По этой причине, прогнозируемый ожидаемый ущерб от селевых потоков также одинаков, а именно повреждение зданий и сооружений, замывание территории и размыв автодорожного полотна.

Для того чтобы хоть как-то предотвратить или же ослабить действие селевого потока на существующие объекты и сооружения на территории Невельского района, расположенных в селеопасной зоне рекомендуется строительство селепропускных и селерегулирующих сооружений инженерной защиты.

Но также стоит заметить, что на территории о. Сахалин водопропускные пункты под транспортными магистралями часто строятся без учета селеопасности водотока и, следовательно, не могут выполнять роль селепропуска, в результате забивания водопропускных пунктов селевым материалом происходит повреждение и разрушение транспортных магистралей (рис. 3.11).



Рис. 3.11 Замытый селевыми отложениями водопропуск под полотном.

Фото Генсиоровского Ю.В.

## Заключение

Развития опасных экзогенных геологических процессов способствует геологическое строение острова (в основном породы неогенового возраста), которые нестойки к агентам выветривания и интенсивно разрушаются под их воздействием, а также особенности гидрометеорологических условий, режима и характера осадков.

По степени поражения экзогенным геологическим процессам и возможности массовой активизации процессов выделен город – Невельск, около 90 % площади городской застройки подвержены проявлениями экзогенных геологических процессов.

Обусловлено широкое развитие опасных экзогенных геологических процессов на городской территории – в узкой береговой полосе, на низкой морской террасе, прорезанной многочисленными реками и ручьями. Геологическое строение районов застройки и инженерно-геологические свойства пород способствуют развитию экзогенных геологических процессов.



## Список литературы

1. Перов В.Ф. Селевые явления Терминологический словарь
2. Болов В.Р. Формирование, прогноз и искусственное обрушение лавин, обусловленных снегопадами, метелями, сублимационной перекристаллизацией снега: Автореф. дисс.канд. географ, наук. Нальчик, 1981.
3. Боброва Д.А. Зависимость дальности выброса лавин от морфологии и морфометрии лавиносбора в условиях Сахалина//Геориск. М.: ПНИИС, 2009. -№4.-С. 14-17.
4. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. Л.: Гидрометеиздат, 1977.
5. Войтковский К.Ф. Лавиноведение. -М.: МГУ, 1989. 158 с.
6. Геологический словарь. Т.т. 1,2. -М.: Недра, 1978. - 970 с.
7. Геология СССР, том 33. Остров Сахалин. -М.: Недра, 1972.
8. Генсиоровский Ю.В.
9. Генсиоровский Ю.В. Генезис лавин весеннего снеготаяния (на примере Восточно-Сахалинских гор) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология-М.: «Наука», 2008. -№ 1. С. 67-71.
10. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22-24 июня 2009 года // Геориск. М.: ПНИИС, 2009а. - № 2. - С. 56-60.
11. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Рыбальченко С.В. Гидрометеорологические условия периодов массового селеобразования на о. Сахалин// Труды международной конференции «Селевые потоки: Катастрофы, Риск, Прогноз, Защита»- Пятигорск, 2008. С. 95-98.
12. Генсиоровский Ю.В., Кононова Д.А., Иванова О.В. Влияние снежных лавин на формирование стока рек Центрального Сахалина// Материалы гляциологических исследований. -М.: ИГ РАН, 2007. -Вып. 102. С. 177-179.

- 13.** Гляциологический словарь. (Под ред. Котлякова В.М.). JL, Гидрометеиздат, 1984.-527 с.
- 14.** Древилло М.С. Геоэкологические исследования снежного покрова на основе его ландшафтно-индикационных свойств (на примере о. Сахалин) Автореф. дисс.канд. географ, наук.-Барнаул, 2001. -27 с.
- 15.** Земцова, 1968; Монастырский, 1975; Справочник по климату СССР, 1971; Генесина, 1975.
- 16.** Казаков Н.А. Лавинный процесс как процесс самоорганизации упорядоченных структур//Материалы гляциологических исследований. М.: ИГ РАН, 1998. - Вып.84. - С. 155-158.
- 17.** Казаков Н.А. Сейсмогенные факторы селевого процесса в низкогорье (на примере о. Сахалин)//Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. -М.: «Наука», 2007. -№ 1. С. 75-81.
- 18.** Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Грязекаменные сели катастрофических объемов в низкогорье острова Сахалин//Труды международной конференции «Селевые потоки: Катастрофы, Риск, Прогноз, Защита». Пятигорск, 2008а. -С. 45-48.
- 19.** Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В., Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахалин как фактор риск для нефтегазопроводов
- 20.** Казаков Н.А., Окопный В.И., Жируев С.П., Генсиоровский Ю.В., Аникин В.А. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор//Материалы гляциологических исследований. М.: ИГ РАН, 1999. - Вып. 87. - С. 211-215.
- 21.** Казакова Е.Н. Повторяемость крупных грязекаменных селей в Сусунайском хребте по данным дендрохронологического анализа//Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. М.: «Наука», 2009. - № 3. - С. 258-263.
- 22.** Казакова Е.Н., Лобкина В.А. Лавинные катастрофы в Сахалинской области// Материалы гляциологических исследований. М.: ИГ РАН, 2008. - Вып. 103. -С. 184-188.

**23.** Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. -М.: МГУ, 1996 45 с.123 .Полунин Г.В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата. М.: Наука, 1983. - 247 с.

**24.** Полунин Г.В. Динамика и прогноз экзогенных процессов. М.: Наука, 1989. -73 с.

**25.** Рыбальченко С.В. Селевые процессы на склонах морских террас южного Сахалина// Вестник ДВО РАН, 2013 - № - 3. – 55 с.

**26.** Флейшман С.М. Сели. JL: Гидрометеиздат, 1978. - 312 с.